

El impacto de las mujeres colombianas en la Paleontología

The impact of Colombian women in Paleontology

La extraordinaria diversidad biológica de Colombia se ha moldeado a lo largo de millones de años mediante procesos evolutivos y transformaciones en el paisaje. El auge de la investigación paleontológica en el país es fundamental para la comprensión profunda de la dinámica de estos cambios al contribuir a la reconstrucción de la compleja historia geológica y biológica de nuestro territorio. En este contexto, el rol de las mujeres colombianas en la Paleontología tiene cada vez mayor relevancia y ha contribuido significativamente al avance científico del país. No obstante, persisten disparidades que merecen atención. En este artículo nos propusimos abordar las investigaciones llevadas a cabo por nuestro grupo de estudio, las cuales reflejan un continuo crecimiento de la participación femenina, y analizar el impacto de las mujeres colombianas en la Paleontología de nuestro país. Con esta reflexión se busca abordar la brecha de género para fomentar la equidad y la diversidad en la investigación paleontológica en Colombia.

Los mares del Cretácico de Colombia y sus faunas

La investigación del Cretácico de Colombia ilustra el notable crecimiento de la Paleontología en el país. En colaboración con mi grupo de estudio, nos hemos centrado en explorar los ecosistemas marinos del Mesozoico usando como modelo la secuencia marina de la Formación Paja (115-130 millones de años), la cual tiene una amplia exposición en Villa de Leyva (Boyacá). La riqueza paleontológica de esta región nos ha brindado la oportunidad de estudiar la complejidad de la estructura ecológica de uno de los ensamblajes marinos más ricos de Sudamérica, donde los depredadores marinos ocuparon niveles tróficos ausentes en los ecosistemas marinos modernos. El estudio de esta estructura ecológica proporciona una perspectiva única sobre la vida marina en el pasado (Cortés & Larsson, 2023).

La biodiversidad marina actual es el resultado de múltiples cambios ecológicos y evolutivos a lo largo de millones de años. Dicha biodiversidad se distribuye en diversos niveles ecológicos, desde las algas en la base de las cadenas alimentarias hasta los tiburones y ballenas depredadoras en su cúspide. En su conjunto, estas cadenas alimentarias abarcan hasta seis niveles tróficos, con las orcas y los grandes tiburones depredadores en el tope. Comprender las diferencias entre los antiguos ecosistemas marinos y los actuales, así como los cambios en sus estructuras ecológicas, es esencial para una mejor comprensión y conservación de la vida marina vulnerable de hoy. Una vía para explorar estas preguntas es la reconstrucción de redes alimentarias ecológicas cuantitativas de ecosistemas marinos antiguos. En nuestra investigación, reconstruimos por primera vez la red alimentaria ecológica de la Formación Paja de Colombia.

La red ecológica de la Formación Paja alberga desde amonitas de pocos centímetros hasta pliosaurios de 10 a 12 metros de longitud, organizados en un conjunto complejo y diverso. Aunque aún no comprendemos completamente cómo esta red ecológica se volvió tan compleja, sabemos que estuvo dominada por depredadores marinos de gran tamaño, seguidos de aquellos de tamaño mediano en los niveles subyacentes, luego de peces y tiburones, hasta llegar a amonitas en los niveles medios y otros linajes de invertebrados que ocuparon los niveles inferiores. La reconstrucción cuantitativa de esta red ecológica se comparó y recalibró con redes de ecosistemas del Caribe bien estudiadas. Este análisis reveló que el ecosistema de la Formación Paja desarrolló un nuevo nivel trófico hasta alcanzar siete niveles en una estructura sin paralelo en ningún ecosistema extinto o existente que se conozca. La red ecológica de la biota de Paja representa la primera reconstrucción de sitio

para todo el Mesozoico. Además, las redes ecológicas de Paja ofrecen una comprensión más profunda de la dinámica ecológica a gran escala y la estabilidad de los ecosistemas marinos durante la Revolución Marina Mesozoica (*Mesozoic marine revolution*, MMR) que transformó los océanos. La biota de Paja puede considerarse como un clímax en la revolución marina del Mesozoico (Cortés & Larsson, 2023). Aunque este avance en la reconstrucción de redes ecológicas del Cretácico temprano es significativo, aún hay mucho trabajo por hacer en taxonomía, sistemática, filogenética y paleoecología en secuencias marinas de este y otros períodos de la historia de los océanos, para así reconstruir el origen y la evolución de los ecosistemas marinos mesozoicos hasta llegar a los diversos océanos modernos.

Hemos identificado nuevos grupos hasta ahora desconocidos en estos mares, incluido un teleosauroideo, un tipo de crocodiliforme que alcanzó casi los 10 metros de longitud, siendo el primero en su tipo descubierto en Sudamérica (Cortés *et al.*, 2019). Este espécimen, preservado en rocas del Cretácico inferior de Colombia, representa una evidencia irrefutable de la supervivencia de este linaje de reptiles marinos a la extinción masiva del Jurásico-Cretácico, una cuestión que había sido objeto de debate durante mucho tiempo en relación con este grupo.

La diversidad de gremios ecológicos en este ecosistema es notable. Un ictiosaurio de la Formación Paja demostró una capacidad excepcional para alimentarse de presas considerablemente grandes (Figura 1) (Cortés, 2023). Este ictiosaurio, denominado *Kyhytysuka*, cuyo nombre en lengua muisca significa ‘aquél que corta con algo afilado’, hace referencia a sus dientes letales. *Kyhytysuka* desarrolló zonas especializadas en sus dientes para



Figura 1. Ilustración de *Kyhytysuka* que muestra su capacidad para cazar presas de gran tamaño. Extracto del libro *Hace tiempo* (Jaramillo & Oviedo, 2023; Cortés, 2023). Guillermo Torres. Banco de Imágenes Ambientales (BIA), Instituto Alexander von Humboldt

funciones específicas como perforar, cortar y triturar (Cortés *et al.*, 2021; Maxwell *et al.*, 2019; Páramo-Fonseca, 1997). Las características distintivas de los dientes de *Kyhytysuka*, combinadas con otros detalles anatómicos de su cráneo, lo posicionan como el primer ictiosaurio hipercarnívoro del Cretácico. La abundancia de ictiosaurios en Colombia es significativa; actualmente estamos investigando nuevas especies que ofrecerán perspectivas únicas sobre la paleoecología, filogenia, diversidad y evolución de los últimos sobrevivientes de los ictiosaurios (en preparación).

Además de los ictiosaurios, destacan los colosales plesiosaurios en este ecosistema. Se dividen en dos grupos, los elasmosaurios de cuello largo, y los pliosaurios de cuello corto (Cortés, 2023). Los fósiles de los plesiosaurios en Colombia se encuentran entre los más grandes y mejor preservados a nivel mundial. Estos depredadores marinos, los reyes de los océanos mesozoicos, habrían tenido la capacidad de cazar orcas y grandes tiburones blancos si vivieran en los océanos modernos. Actualmente estamos describiendo un nuevo pliosaurio de esta secuencia, lo que promete brindar nuevas perspectivas sobre la anatomía que los convirtió en depredadores letales durante su dominio en los océanos del mundo (en preparación).

En las áreas costeras de los mares cretácicos de Colombia habitaron dinosaurios. Mediante escaneo en 3D y una descripción detallada, identificamos huellas de terópodo que se formaron en una zona intermareal húmeda. Estas huellas sugieren que el dinosaurio era de tamaño mediano y caminaba de manera digitígrada, similar a las avestruces. Calculamos la velocidad promedio del dinosaurio utilizando la longitud de la zancada y la regla de similitud dinámica. Estimamos una altura de la cadera de aproximadamente 84 cm, lo que está dentro del rango de tamaño de terópodos pequeños a medianos. Según estos datos, la velocidad máxima de este dinosaurio habría sido de aproximadamente 11 km/h, equivalente a una carrera lenta para un animal de este tamaño. Su velocidad más lenta fue aproximadamente un tercio de su velocidad máxima. En comparación con otros dinosaurios bípedos conocidos, este de Villa de Leyva se encontraba entre los caminantes más rápidos o los corredores más lentos. Por ejemplo, se estima que el *Tyrannosaurus rex* tenía una velocidad entre 10 y 14 m/s, y el *Velociraptor* entre 10,8 m/s y 15,15 m/s, siendo este último uno de los dinosaurios más rápidos conocidos (Cortés *et al.*, 2023, y referencias).

Las huellas fueron preservadas en el miembro stratigráfico de Lutitas Negras Inferiores de la Formación Paja, depositado probablemente en un ambiente de baja energía. La presencia de huellas en sus superficies acuosas indica que se realizaron en un entorno con un sustrato fluido que se llenó rápidamente una vez levantado el pie. Su sugiere que el sustrato estaba saturado de agua, como se evidencia por los canales superficiales en algunas huellas. Estas características y la posición de las huellas en una formación marina sugieren que se hicieron en lodos intermareales, lo que indica que el dinosaurio caminaba por una zona fangosa en lo que hoy en día es Villa de Leyva (Cortés *et al.*, 2023).

Cada nueva descripción produce una nueva y mejor visión de la evolución de cada grupo. Por ejemplo, ahora tenemos una mejor idea sobre los Brachypterygiidae (una nueva familia de ictiosaurios eregida en Colombia) (Cortés *et al.*, 2021) y la diversidad de modos tróficos de los ictiosaurios del Cretácico (Cortés & Larsson, 2023); estamos revelando un linaje completo de la radiación de los Thalathosuchia en Sudamérica (en preparación); y estamos empezando a comprender la radiación de los pliosaurios del Cretácico (en preparación).

La próxima etapa de esta investigación se centrará en entender los mares epicontinentales que garantizaron la permanencia de estos ensamblajes marinos junto con una red compleja de alimentación durante el Mesozoico. Una representación ilustrativa de estas faunas se encuentra en el capítulo de reptiles marinos del libro *Hace tiempo* (Jaramillo & Oviedo, 2023; Cortés, 2023).

Las mujeres colombianas en la Paleontología

La historia de la Paleontología en Colombia se ha ido forjando a lo largo del tiempo, desde sus inicios en el siglo XIX hasta la actualidad. A pesar de un crecimiento relativamente lento en comparación con otras regiones del mundo, las últimas décadas han sido testigo de un aumento notable en la producción científica impulsado por una nueva generación de

paleontólogos y por colaboraciones numerosas. Con más de 800 publicaciones científicas en más de un siglo, la Paleontología colombiana ya ha dejado su marca en la exploración y comprensión de los fósiles que yacen en nuestro territorio.

Sin embargo, este progreso no ha sido igual para todos, ya que la participación de las mujeres ha sido históricamente limitada, reflejando una tendencia global en la Paleontología y otras ciencias. El número de publicaciones es un indicador del impacto en la producción científica, pero muchas mujeres han sido relegadas a roles de apoyo, lo cual también afecta su contribución en este aspecto. En el contexto de las publicaciones, no fue sino en las últimas dos décadas que las mujeres comenzaron a hacerse un espacio en la Paleontología colombiana. Excluyendo trabajos no relacionados con la Paleontología nacional, la participación de las mujeres ha experimentado un crecimiento exponencial, con al menos 77 publicaciones que comenzaron a aparecer en 1994, desde el primer trabajo por M.E. Páramo-Fonseca en la Revista de la ACCEFYN (Páramo-Fonseca, 1994). Este aumento destaca el impacto creciente de las mujeres colombianas en la Paleontología del país, con un pico máximo en el 2023, cuando se registraron diez publicaciones por parte de primeras autoras o coautoras en diversos tópicos. En los últimos cinco años se ha generado más del 50 % del total de la producción científica con participación femenina desde sus inicios hace casi treinta años, lo que indica una tendencia en ascenso (**Figura 2, material suplementario**).

Aunque este panorama es alentador, aún persisten desafíos y disparidades de género dentro y fuera de la academia que obstaculizan la participación plena de las mujeres en la ciencia. Los prejuicios, las expectativas sociales, el sexismo y el racismo han sido algunos de los obstáculos significativos en la participación y progreso de las mujeres en la ciencia. A pesar de las mejoras recientes, la brecha salarial, la falta de representación, los estereotipos de género y los sesgos implícitos siguen siendo problemas persistentes que afectan la equidad de género en la Paleontología y la ciencia en general.

Uno de los desafíos más prominentes que enfrentan las mujeres en la academia es la conciliación entre la vida familiar y las demandas de una carrera científica. La necesidad de decantarse entre ser académicas y formar una familia es una realidad que muchas mujeres enfrentan en este y otros campos de las ciencias. Las responsabilidades de cuidado, combinadas con las altas expectativas de producción científica, crean una carga desigual que se acentúa para aquellas mujeres que inician una familia mientras buscan o mantienen posiciones académicas. Además, en posiciones de alto rango, la representación

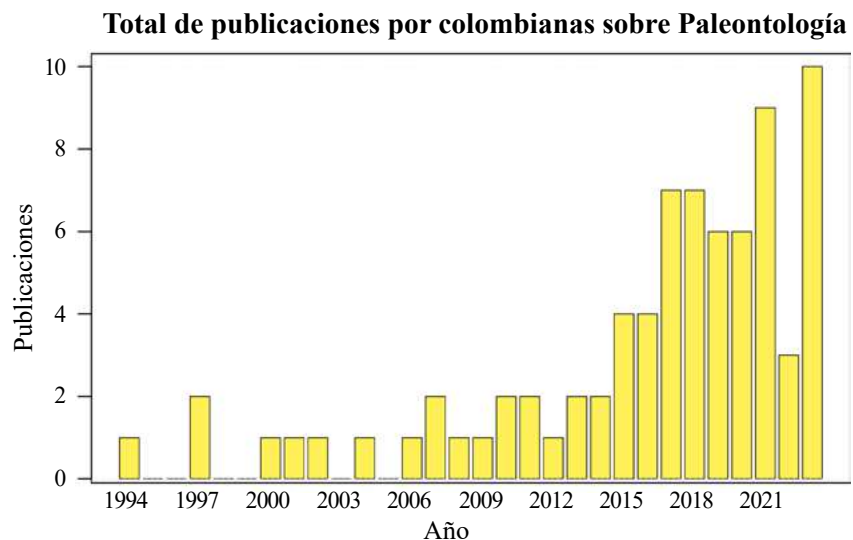


Figura 2. Histograma con el total de artículos científicos sobre Paleontología de Colombia con participación de mujeres colombianas desde la primera en 1994 hasta 2023

de las mujeres disminuye significativamente, creando un fenómeno de cuello de botella que dificulta la permanencia a largo plazo de las mujeres en la academia. Este fenómeno termina afectando a la ciencia en su totalidad.

Es crucial no sólo reconocer estos desafíos y sesgos en la academia, sino también abordarlos activamente para cerrar las brechas existentes. La falta de modelos y mentoras en la Paleontología colombiana puede ralentizar el progreso de las mujeres, sus actividades de campo o de laboratorio, y las investigaciones paleontológicas en general. Por lo tanto, es fundamental fomentar una cultura más justa, diversa, equitativa e inclusiva en la Paleontología y otras ramas de las ciencias. La promoción de oportunidades justas, la eliminación de sesgos, y la creación de redes de apoyo y mentoría son pasos esenciales que podemos implementar para garantizar el pleno desarrollo del potencial científico de las mujeres y asegurar un futuro más equitativo y diverso en la Paleontología colombiana.

La diversidad en nuestro campo implica abrir el espacio para grupos minoritarios, como las mujeres y otras comunidades, pero también ampliar las fronteras para el crecimiento y la evolución de la Paleontología colombiana. La integración de nuevas herramientas, métodos y líneas de investigación convierte a la Paleontología en una disciplina interdisciplinaria y multidisciplinaria. Facilitar la adopción de tecnologías emergentes e involucrar a diferentes grupos en el uso compartido de equipos, es otra faceta de la diversidad. La exploración de nuevos yacimientos con potencial paleontológico, especialmente en regiones marginadas del país, contribuirá al estudio equitativo de nuestra riqueza paleontológica. El aumento de las colaboraciones con científicos extranjeros, así como el fomento a los esfuerzos cooperativos internos, asegura que cada vez más colombianos participen en la investigación científica regional. Por último, la función de aquellos que se encuentran fuera de Colombia como anclaje para las generaciones actuales y futuras de estudiantes, es crucial para el progreso continuo de la Paleontología en nuestro país.

Este proceso ya está en marcha. Gracias al esfuerzo de las primeras generaciones de paleontólogos en Colombia, hoy contamos con una extensa red de profesionales dedicados a la Paleontología y con colecciones de fósiles notables, como la del Centro de Investigaciones Paleontológicas (CIP) y el Museo de La Tatacoa. Han surgido *hotspots* de investigación en todo el país y un centro de investigaciones especializado en preparación de fósiles (CIP). Este impulso ha generado un alud ya imparable. A medida que más colombianos se han ido capacitando en el extranjero, su regreso ha creado oportunidades para la formación de nuevos estudiantes, transformando la Paleontología de la posibilidad remota que era, en una opción viable sin necesidad de salir del país. Este cambio es esencial, ya que ahora la elección de estudiar Paleontología en el extranjero se presenta como una opción más y no como una obligación. Incluso si algunos mentores y mentoras no regresan sino esporádicamente, muchos continúan contribuyendo al desarrollo sin tregua del talento en Colombia y Latinoamérica.

En el 2018 llevamos a cabo la sexta edición del Congreso Latinoamericano de Paleontología de Vertebrados, lo que marcó un hito al ser la primera vez que se realizó en el extremo norte de Suramérica, específicamente en Villa de Leyva. Este congreso atrajo a más de 250 participantes de todo el continente y otras partes y proporcionó una perspectiva fresca sobre los estudios de las faunas vertebradas en Latinoamérica, creando, así, una oportunidad única para posicionar a Colombia en el panorama de la Paleontología de vertebrados latinoamericana con nuevas discusiones, perspectivas y colaboraciones que han integrado a los paleontólogos colombianos en una red más extensa de proyectos, publicaciones e investigadores. La organización de este congreso en Colombia sembró la semilla para la creación del Congreso Colombiano de Paleontología, que en su segunda edición, organizada en su mayoría por jóvenes, reunió a cerca de 100 estudiantes y profesionales. Asimismo, el CIP organizó el primer simposio colombiano de preparación de fósiles, encabezado por la primera mujer entrenada en preparación de fósiles en Colombia, M.L. Parra-Ruge (CIP). Este simposio ha despertado el interés de más estudiantes en estas técnicas y métodos, fundamentales para los estudios paleontológicos en el país. Es evidente que una nueva era de la Paleontología colombiana está en marcha y que su impulso abre el camino hacia un mismo objetivo a partir de diversos enfoques. Cada vez avanzamos

más en los estudios de Paleontología y Geología en el Neotrópico, agrupados en una red sólida y numerosa, que cuenta, entre otras, con Paleontológica, liderada por Carlos Jaramillo (STRI). Ello ha sido un catalizador para la creación de nuevos grupos de investigación, oportunidades de financiación, aumento de la visibilización y una participación mayor de mujeres y otros grupos minoritarios. En la actualidad contamos con los recursos humanos y las capacidades logísticas necesarias para llevar a cabo expediciones paleontológicas extensas en Colombia, respaldados por la convicción fundamentada de que podemos hacer ciencia de alta calidad en el país.

En conclusión, a medida que las mujeres derriban barreras en la Paleontología colombiana, es fundamental seguir trabajando en el fortalecimiento de las redes de apoyo y la promoción de oportunidades para que copen los espacios que merecen. La diversidad de experiencias, visiones y enfoques enriquece nuestra investigación y contribuye a una comprensión más holística de la historia geológica y biológica del país. El compromiso continuo con la equidad de género no sólo potenciará la Paleontología colombiana, sino que inspirará a las próximas generaciones de científicas, motivándolas a dejar su huella en la historia científica del país. Aunque el futuro de las mujeres en la ciencia de Colombia es prometedor, no debemos cejar en potenciar nuestra participación en todos los ámbitos de las ciencias.

Material suplementario

Lista de publicaciones con participación de mujeres colombianas. Ver material suplementario en: <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/2604/3985> y <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/2604/3986>

Dirley Cortés

Redpath Museum, Biology Department, McGill University, Montréal, Canada; Smithsonian Tropical Research Institute, Panamá, Panamá; Centro de Investigaciones Paleontológicas, Villa de Leyva, Boyacá, Colombia; Grupo de Investigación Biología para la Conservación, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Boyacá, Colombia
dirley.cortes@mail.mcgill.ca; dirpaleo@gmail.com

Referencias

- Cortés, D., Larsson, H.C., Maxwell, E.E., Ruge, M.L.P., Patarroyo, P., Wilson, J.A.** (2019). An Early Cretaceous teleosauroid (Crocodylomorpha: Thalattosuchia) from Colombia. *Ameghiniana*, 56(5), 365-379.
- Cortés, D., Maxwell, E.E., Larsson, H.C.** (2021). Re-appearance of hypercarnivore ichthyosaurs in the Cretaceous with differentiated dentition: revision of ‘*Platypterygius sachicarum*’ (Reptilia: Ichthyosauria, Ophthalmosauridae) from Colombia. *Journal of Systematic Palaeontology*, 19(14), 969-1002.
- Cortés, D. & Larsson, H.C.** (2023). Top of the food chains: an ecological network of the marine Paja Formation biota from the Early Cretaceous of Colombia reveals the highest trophic levels ever estimated. *Zoological Journal of the Linnean Society*, p.zlad092.
- Cortés, D., Parra-Ruge, M.L., Parra-Ruge, J.D.D., Demers-Potvin, A., Smith, A., Hoai-Nam, B., Larsson, H.** (2023). Theropod dinosaur footprints from the Early Cretaceous of Colombia: walking dynamics and paleoenvironmental implications. *Revista Facies*, 9, 1-17.
- Cortés, D.** (2023). Reptiles marinos. En: Jaramillo, C. & Oviedo, L.H. (Eds.). 2023. *Hace tiempo. Un viaje paleontológico ilustrado por Colombia* (2da ed.). Instituto Alexander von Humboldt e Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales.
- Jaramillo, C., Oviedo, L.H.** (Eds.). (2023). *Hace tiempo. Un viaje paleontológico ilustrado por Colombia* (2da ed.). Instituto Alexander von Humboldt e Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales.
- Maxwell, E.E., Cortés, D., Patarroyo, P., Ruge, M.L.P.** (2019). A new specimen of *Platypterygius sachicarum* (Reptilia, Ichthyosauria) from the Early Cretaceous of Colombia and its phylogenetic implications. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 39(1), p.e1577875.
- Paramo-Fonseca, M. E.** (1994). Posición sistemática de un reptil marino con base en los restos fósiles encontrados en capas del Cretácico superior en Yaguará (Huila). *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 19, 63-80.
- Paramo-Fonseca, M. E.** (1997). *Platypterygius sachicarum* (Reptilia, Ichthyosauria) nueva especie del Cretácico de Colombia. *Revista Ingeominas*, 6, 1-12.