

Evolución morfoanatómica de los ofidios y adaptación a nuevos hábitats y nichos ecológicos

Oswaldo Báez Tobar

Universidad Central del Ecuador
winstonoswaldobaeztobar@gmail.com

Recibido: 19 de abril 2021 / Aprobado: 04 de mayo 2021

Resumen

Los reptiles fueron los primeros vertebrados tetrápodos que experimentaron un proceso de transformación y diversificación morfológica y anatómica, a la vez que de adaptación a diferentes hábitats y nuevas formas de vida, a este proceso se le conoce en biología evolutiva como radiación adaptativa. Los reptiles alcanzaron su máxima diversificación en la era mesozoica o edad de los reptiles, período en el que se conformaron numerosos grupos reptilianos de los cuales sobreviven hasta el presente los quelonios, saurios, ofidios, crocodilios y rincocéfalos. Los ofidios o serpientes perdieron sus patas por una profunda transformación morfoanatómica ocurrida en el curso de su evolución. El presente ensayo busca clarificar este singular proceso evolutivo a partir de los nuevos conocimientos de la biología del desarrollo y la genética molecular, como también del análisis de la bioarquitectura la que se sustenta en una visión estructural, funcional y ecológica. Con estos elementos teóricos se busca configurar una explicación integral del origen y evolución de los ofidios. Este trabajo aporta también fundamentos teóricos para explicar la diversidad de nichos ecológicos de las serpientes y en particular las culebras «caracoleras». El estudio concluye con una breve descripción de cinco nuevas especies de culebras «caracoleras» de la herpetofauna ecuatoriana.

Palabras clave: radiación adaptativa, ofidios o serpientes, evolución, morfoanatomía, nicho ecológico, culebras caracoleras.

Abstract

Reptiles were the first tetrapod vertebrates to undergo a process of morphological and anatomical transformation and diversification, as well as adapting to different habitats and new forms of life. This process is known in evolutionary biology as adaptive radiation. Reptiles reached their maximum diversification in the Mesozoic Era or Age of Reptiles, a period in which numerous reptilian groups were formed, of which the chelonians, saurians, ophidians, crocodilians and rincoccephali survive to the present day. The Ophidians or snakes lost their legs due to a profound morphoanatomical transformation that occurred in the course of their evolution. This essay seeks to clarify this unique evolutionary process based on the new knowledge of developmental biology and molecular genetics, as well as the analysis of the bioarchitecture that is based on a structural, functional and ecological vision. With these theoretical elements, it is sought to configure a comprehensive explanation of the origin and evolution of the Ophidians. This work also provides theoretical foundations to explain the diversity of ecological niches of snakes and, in particular, snail snakes. The study concludes with a brief description of five new species of snail snakes of the Ecuadorian herpetofauna.

Keywords: adaptive radiation, ophidians or snakes, evolution, morphoanatomy, ecological niche, snail snakes.

Introducción

La evolución de los reptiles fue uno de los acontecimientos más importantes de la evolución de los vertebrados, porque implicó la conquista de la tierra firme. Los anfibios se quedaron en el límite entre el agua-tierra, ya que dependen de ambientes de agua dulce para su reproducción. Los reptiles fueron ciertamente los primeros vertebrados plenamente terrestres al haber desarrollado cuatro patas para caminar, pulmones para respirar en el aire, una piel seca cubierta de escamas e impermeable al agua y, además, porque se independizaron del agua para su reproducción, mediante la fecundación interna (previa la cópula), la constitución de un huevo protegido por una cubierta —calcárea o coriácea— que les permitió el desarrollo de los embriones en forma independiente del medio acuático, pues en su interior se forma el saco vitelino, amnios, corion y alantoides que les provee de alimentos y medio líquido en el período embrionario.

Los reptiles conquistaron la tierra y evolucionaron en líneas divergentes, que condujeron a la formación de los quelonios (tortugas), crocodilios (caimanes y cocodrilos), saurios (iguanas, lagartijas, salamanquesas), ofidios o serpientes y el tuatara, única especie viviente del grupo Rhynchocephalia. En la era mesozoica los reptiles dominaron la vida en la Tierra; surgieron formas muy diversas en tamaño y formas de vida, por lo que se conoce como la «era de los reptiles», al término de la cual se extinguieron los más grandes y sorprendentes; empero, sobreviven hasta el presente, entre otros: tortugas terrestres, marinas y fluviales, caimanes, cocodrilos y gaviales, iguanas terrestres y marinas, varanos, lagartijas, salamanquesas, además de ofidios o serpientes: boas, pitones y anacondas, víboras y culebras de todo tipo.

Todos los reptiles fueron originalmente tetrápodos y caudados que se adaptaron a diferentes hábitats y formas de vida; diversificaron su morfología, como se evidencia en la observación de tortugas terrestres y marinas, caimanes, iguanas, salamanquesas. Pero las serpientes perdieron las patas en un singular proceso evolutivo; por lo que, cabe la pregunta ¿qué llevó a las serpientes a perder las extremidades? Si el gran logro evolutivo de los reptiles fue desarrollar cuatro patas. ¿Qué ventajas adaptativas pudo haber tenido la pérdida de las extremidades en las serpientes? ¿Cómo ocurrió este cambio «regresivo» en lo morfológico? ¿Fue súbito o gradual? El presente ensayo es una aproximación a este tema apasionante sobre la base de los conocimientos de biología evolutiva, la biología del desarrollo, la genética molecular y del análisis de la bioarquitectura de las serpientes considerando las dimensiones: estructural, funcional y ecológica.

Ofidios o serpientes: origen y evolución

En los animales vertebrados el esqueleto permite comprender la arquitectura profunda del animal, por lo mismo será el referente fundamental de este ensayo. La

tarea es muy grande y supera en mucho el objetivo del presente trabajo, pero trataré de aportar con algunos elementos en esta línea de análisis.

El plan corporal de los vertebrados está constituido por los ejes: antero-posterior, izquierda-derecha, dorso-ventral, en torno a estos ejes se organiza el cuerpo: la cabeza, el tronco y las extremidades pares (las patas anteriores y posteriores), además de la cola; todo lo cual se halla determinado y regulado por pares de genes que actúan en un lugar y momento específico del desarrollo embrionario. Las patas son esenciales en la estructura y función de los reptiles, por lo que es difícil imaginar los beneficios de la ausencia de patas en las serpientes; pero, esta novedad morfológica les facilitó el deslizamiento en espacios estrechos que para otros era imposible acceder, por lo mismo, la ausencia de patas en las serpientes habría sido una ventaja adaptativa.

Como se conoce los ofidios o serpientes son reptiles ápodos; empero, solo la pérdida de las patas no dio origen a las serpientes, pues hay algunos lagartos que carecen de patas, sin embargo, este cambio por sí solo no les convirtió en serpientes a los lagartos ápodos; pues, estos conservan los caracteres de lagarto en su esqueleto interno y otros rasgos anatómicos. Hay peces serpentiformes: anguilas y morenas; anfibios ápodos: los cecílicos; los anfisbénidos son reptiles ápodos con aspecto serpentiforme, de ahí el nombre de «culebras ciegas», pero no son culebras verdaderas.

En el origen y la evolución de las serpientes ocurrió una reorganización morfoanatómica y funcional completa, en la cual los cambios más evidentes fueron: la pérdida de las patas anteriores y posteriores, el alargamiento del cuerpo, que está formado por la cabeza, columna vertebral y las costillas, hay ausencia del esternón, reducción de uno de los pulmones (pues solo uno es funcional); la modificación del cráneo, en especial el maxilar superior y las hemimandíbulas que no están fusionadas entre sí (con lo cual pueden abrir la boca para tragar presas grandes y enteras), además, el desarrollo de colmillos inoculadores de veneno, glándulas de veneno y otros cambios menos visibles.

Se conoce ahora que la pérdida de las patas ocurrió en dos momentos de la evolución de las serpientes; se produjo por efecto de mutaciones génicas que modificaron el desarrollo embrionario. Los genes Hox regulan la formación de las principales regiones y partes del cuerpo: la cabeza, el tronco y las extremidades; por lo tanto, una mutación en uno de estos genes puede producir un gran cambio en el diseño corporal. Eso fue lo que ocurrió en el origen de las serpientes a partir de sus ancestros lacertinos (similares a lagartijas); en estos los genes Hoxc-6 que son reguladores del desarrollo de las patas anteriores no se expresaron en la formación de las serpientes, es decir, estos genes «se apagaron» en las serpientes, por lo cual perdieron sus patas anteriores. Pero, además, los genes Hoxc-8, que regulan la expresión de la región pectoral, extendieron su área de influencia, con lo cual quedó definido el cuerpo de las serpientes como un «tórax extendido», formado por vertebras y costillas, pero sin las extremidades. Los mencionados genes Hoxc-8, activaron la formación de los pares de costillas en todas las vértebras a lo largo del cuerpo de las serpientes (Gilbert, 2006).

La pérdida de las extremidades posteriores ocurrió por un mecanismo diferente: consistió en la no expresión de los genes *sonic hedgehog* —determinantes para la formación completa de las extremidades en el embrión—, por lo tanto, si esos genes no llegan a expresarse el nuevo ser carecería de patas posteriores o las desarrollaría en forma incompleta. Cabe recordar que algunas serpientes primitivas como las boas y pitones tienen esbozos de patas, que están reducidas a pequeños fémures y a muñones de patas, ubicadas junto a la abertura anal (en biología se conoce como estructuras vestigiales, y son pruebas de la evolución). Hay evidencias paleontológicas de serpientes antiguas que poseían patas posteriores. En las serpientes más evolucionadas no existen ni vestigios de las patas posteriores (Gilbert, 2006).

El plan corporal de las serpientes se completó con otras transformaciones en su arquitectura, como son la forma y tamaño del cuerpo (largo y cilíndrico, que les permite desplazarse con movimientos ondulatorios), la modificación de la cabeza, en especial de la mandíbula inferior (está unida al cráneo mediante el hueso cuadrado, además las dos hemimandíbulas (mitades de las mandíbulas) no están soldadas, por lo que son capaces de abrir la boca para engullir presas enteras de gran diámetro; además, desarrollaron dientes para agarrar a las presas y colmillos acanalados para inyectar veneno; algunas serpientes como los vipéridos y las boas además tienen fosas termosensibles (perceptoras del calor) con lo cual pueden detectar la presencia de animales de sangre caliente como las aves y mamíferos. Todas las serpientes son carnívoras y depredadoras engullen a sus presas enteras, las digieren lentamente y expulsan los desechos.

Hábitat y nicho ecológico de las serpientes

En lo que respecta al hábitat, los ofidios se hallan adaptados a los ambientes terrestres, prefieren las zonas tropicales y subtropicales con clima cálido seco y cálido-húmedo; en las selvas tropicales viven entre la vegetación, la hojarasca en huecos de árboles y entre las rocas; algunas especies son arborícolas; sin embargo, hay algunas adaptadas a medios acuáticos, pues hay serpientes acuáticas, marinas, fluviales y lacustres; hay especies diurnas y nocturnas... Tienen muy diferentes tamaños, desde pocos centímetros a varios metros como las boas, anacondas, pitones, víboras, otras menores como las corales que han logrado adaptarse a diferentes hábitats y ocupar variados nichos ecológicos.

El nicho ecológico es un concepto fundamental en ciencias biológicas, los ecólogos lo definen según su particular comprensión teórica y le dan mayor o menor amplitud. En este ensayo consideramos los conceptos de Elton, Odum y Pianka. Según Elton el nicho de un animal es: su lugar en el ambiente biótico, sus relaciones con el alimento y los enemigos, y el status de un organismo en su comunidad. Odum define el nicho ecológico como: la posición o status de un organismo dentro de su comunidad o ecosistema, como resultado de las adaptaciones estructurales, las respuestas fisiológicas y el comportamiento; el nicho de un organismo no solo depende de dónde vive el

organismo, sino lo que hace, con ello precisa lo que es el hábitat (lugar donde vive), y, nicho (cómo vive. Eric Pianka define al nicho ecológico como: la suma total de las adaptaciones de una unidad orgánica, lo que abarca todas las maneras distintas en las que un organismo se adapta a un ambiente determinado (Pianka, 1982).

Todas las serpientes son carnívoras, esta forma de alimentarse implica la capacidad de comer muy diversos tipos de animales, tanto terrestres, como acuáticos, invertebrados y vertebrados; algunas especies son generalistas, lo que significa que ingieren una diversidad de presas (tienen un nicho ecológico amplio), en cambio, otras son especialistas, como las culebras caracoleras que comen caracoles y babosas (tienen un nicho ecológico restringido).

Nicho ecológico de las culebras «caracoleras»

Las culebras «caracoleras» ocupan un nicho ecológico poco frecuente en las serpientes, ya que «chupan caracoles. es decir. engullen la parte blanda (no al caracol entero), para ello se ha modificado la anatomía del cráneo, en particular las mandíbulas que son muy móviles y les permiten sacar a los caracoles de sus conchas para luego succionarlas —conforme explica el biólogo Alejandro Arteaga—, que ha observado la forma como las culebras «caracoleras» atrapan e ingieren a sus presas.

La capacidad adaptativa de los animales es sorprendente, más aún cuando se trata de conseguir alimento para sobrevivir. El nicho ecológico de las culebras «chupa caracoles» es muy especializado, pues deben encontrar presas de tamaño adecuado y en momento oportuno, esto explica sus hábitos nocturnos, la cabeza achatada, las mandíbulas y dientes modificados, sus grandes ojos, que les dan gran capacidad visual para ubicar a las presas, a la vez que han desarrollado en el borde de las mandíbulas pequeñas glándulas secretoras de sustancias paralizantes lo que les permite desprender a los caracoles de sus conchas.

Nuevas especies de culebras «caracoleras» en la fauna ecuatoriana

En un reciente artículo de Arteaga, A. *et al.* —que publicó la revista digital *Zookeys* en 2019— se reportó el descubrimiento de cinco nuevas especies de culebras caracoleras: *Sibon bevriddgely*, *Dipsas bobridgely*, *D. georgejetty*, *D. oswaldobaezi*, y *D. klebbai*. Fueron encontradas en remanentes de vegetación nativa de El Oro, Loja y Tumbes, Manabí y Sumaco. El estudio se desarrolló entre 2013 y 2017 demandó varias expediciones a las selvas tropicales de Ecuador para buscar ejemplares de características novedosas que pudieran pertenecer a especies nuevas para la ciencia. La investigación comprendió estudios morfológicos y filogenéticos que sustentaron el reconocimiento de las cinco nuevas especies.

La determinación taxonómica, según el equipo de investigadores, se realizó gracias a estudios morfológicos y genéticos de los ejemplares recolectados, así como

también de la revisión de 200 especímenes en museos del Ecuador y del exterior; la toma de muestras de tejidos de 25 individuos, extracción de ADN de casi 100 para efectos de comparación (Arteaga et al., 2019).

El grupo de científicos fue liderado por Alejandro Arteaga, director de Tropical Herping, que logró reunir más de 10 investigadores; después de largos trabajos de campo, de gabinete y laboratorio, identificaron y describieron las cinco nuevas especies de la familia Colubridae y subfamilia Dipsadinae de la fauna del Ecuador, con lo cual materializaron una importante contribución a la herpetología neotropical.

Breve descripción de la especie *Dipsas oswaldobaezi* sp.

Nombre propuesto en inglés: Oswaldo Báez snail-eater. Nombre propuesto en español: Caracolera de Oswaldo Báez.

Holotipo. QCAZ 10369, hembra adulta colectada por Silvia Aldás y Gabriel Zapata, 03 de marzo de 2010, en la quebrada El Faique, provincia de Loja, Ecuador. Se incluyen otros datos técnicos como: paratipo, diagnóstico, comparación, descripción del holotipo, historia natural, distribución, estado de conservación.

Etimología. El nombre específico *oswaldobaezi* es en honor al doctor Oswaldo Báez, reconocido biólogo ecuatoriano e investigador que ha dedicado su vida a la enseñanza de las ciencias, pensamiento científico y a la conservación de la naturaleza, a la publicación de libros y artículos de divulgación científica (Arteaga et al., 2019).

Las culebras del género *Dipsas* son nocturnas, de hábitos arborícolas, en la dieta incluyen caracoles y babosas. El diseño de las mandíbulas está especializado para alimentarse de gasterópodos; para ello insertan independientemente cada mandíbula en la abertura del caracol, enganchan los dientes recurvados en el cuerpo suave de la presa; retraen las mandíbulas inferiores para extraer el caracol de su caparazón. Las mandíbulas están diseñadas para mantener pequeñas presas resbaladizas y movedizas en la boca; son capaces de mover cada mandíbula y cada hueso pterigoides, como se describe en la ficha de la especie *Dipsas oswaldobaezi* <https://bioweb.bio>. En el Ecuador están registradas 138 especies de la subfamilia Dipsadinae, y del género *Dipsas* 18 especies, entre ellas las cinco nuevas especies (Reptiles del Ecuador, 2020).

Notas

1/ Tropical Herping es una organización privada que se constituyó el año 2009 con la finalidad de estudiar la vida animal en su hábitat, específicamente de los anfibios y reptiles, a la vez que aprovechar la biodiversidad del Ecuador, pero conservándola. Por algo más de 10 años viene realizando investigación biológica de campo, gabinete, laboratorio y museo. Tropical Herping ha producido artículos científicos, libros, guías de campo, fotoartículos, videos, carteles didácticos; por lo cual se ha convertido en un valioso referente en la herpetología neotropical. Promueve y pone

en práctica una iniciativa exitosa de conservación a través del turismo vivencial y de la conservación de los ecosistemas en el Ecuador. www.tropicalherping.com

2/ El autor expresa un especial agradecimiento a los distinguidos herpetólogos ecuatorianos: Omar Torres Carvajal y Alejandro Arteaga, por la lectura del manuscrito y por sus valiosas sugerencias.

Referencias

- Gilbert, S. (2006). *Biología del desarrollo* (7.^a ed., 1.^a reimp). Editorial Médica Panamericana.
- Pianka, E. (1982). *Ecología evolutiva*. Ediciones Omega. S. A.
- Arteaga, A. *et al.* (2019). Systematics of South American snail-eating snakes (serpentes, Dipsadini), with the description of five new species from Ecuador and Peru. *ZooKeys* (766),79-147. <http://zookeys.pensoft.net/> Acceso 7 julio 2020.

Netgrafía

- Reptiles del Ecuador. (24 junio 2020). *Ficha técnica: Dipsas oswaldobaezi. Caracolas de Oswaldo Báez*. Tomado de <https://bioweb.bio/faunaweb/reptiliaweb/FichaEspecie/Dipsas%20oswaldobaezi> Acceso 24 junio 2020.