



La Galápagos brasileña

Los lagartos de las dunas del río São Francisco, entre los cuales algunos parecen serpientes, expresan historias evolutivas propias

TEXTO **Carlos Fioravanti** FOTOS **Miguel Rodrigues**

Treinta y dos años después de la primera expedición a las dunas del río São Francisco, el biólogo Miguel Trefaut Urbano Rodrigues, de la Universidad de São Paulo (USP), todavía se muestra sorprendido con “aquella loca fauna”, tal como él la denomina. En 1980, a los 27 años, aun más delgado que actualmente, él recorrió los alrededores de Santo Inácio, un municipio que en ese entonces tenía 200 habitantes, situado en el norte del estado de Bahía, bajo un sol impiadoso, y quedó admirado con la diversidad de animales similares: especies hermanas, con pequeñas diferencias de apariencia o de constitución genética. Animalitos casi iguales entre ellos vivían en los médanos de ambas orillas del río, después de haberse diferenciado desde un ancestro común y seguido caminos evolutivos propios a partir del momento en que el río –en ese lugar con entre 200 y 300 metros de ancho– los separara.

Del primer viaje regresó con una especie nueva de lagarto, actualmente llamada *Eurolophosaurus amathites*, que vive solamente allí. En otras expediciones, él y su equipo hallaron animales que aún no habían sido descritos, como por ejemplo una serpiente de dos cabezas y otra subterránea, ambas con especies hermanas del otro lado del río. En el Sahara brasileño, de 7 mil kilómetros cuadrados a lo largo de 120 kilómetros de río, han identificado casi 30 especies y ocho nuevos géneros de lagartos exclusivos (endémicos): eso suma más que en los desiertos norteamericanos o africanos. Allí –y sólo allí– vive también un roedor de 20 centímetros, llamado *rabo-de-facho* [cola de antorcha], y un chotacabras de 20 centímetros de altura, ambos igualmente adaptados a las dunas del São Francisco. Los médanos exhiben una diversidad biológica comparable a la del archipiélago de Galápagos, en cuya fauna Darwin se basó para elaborar la teoría de la evolución de los seres vivos.



En los últimos años, Rodrigues y su equipo de 20 investigadores están dilucidando los mecanismos genéticos y evolutivos que orientaron la diferenciación de lagartos de a lo sumo 5 centímetros de longitud. Las especies más antiguas de un mismo género taxonómico de lagartos aún parecen lagartos, con el cuerpo corto y extremidades normales, por así decirlo. Pero aquéllas que empezaron a formarse en los últimos miles de años, fueron perdiendo dedos, las extremidades se les encogieron o desaparecieron y el cuerpo se les alargó, a punto tal que algunas parecen serpientes, tan sólo con pequeños apéndices de lo que habrían sido las patas delanteras en sus ancestros.

Los biólogos creían que la pérdida de estructuras complejas, tales como las extremidades no tenía retorno: es la llamada ley de la irreversibilidad de la evolución o Ley de Dollo, en homenaje al naturalista belga Louis Dollo, quien la postuló en 1890. No obstante, uno de los linajes de lagartos con extremidades reducidas demostró que la restitución es posible. En colaboración con Rodrigues, Tiana Kohlsdorf, junto a su equipo de la USP de Ribeirão Preto, estudió 15 especies de lagartos del género *Bachia*, que viven por toda América del Sur; las más antiguas tenían extremidades con cinco dedos, y las más recientes, con cuatro, tres, dos y nuevamente tres. “Existe una reversión, ya que la información genética no se ha perdido, pero es como si fuese una nueva evolución, pues los dedos que reaparecen no son precisamente iguales”, dice Kohlsdorf.

Ella, Rodrigues y colegas de la Universidad Yale, de Estados Unidos, presentaron estas conclusiones en 2006 en la revista *Evolution*. Recibieron tantas críticas que debieron contraar-

gumentar, en 2010, también en *Evolution*, para calmar el debate. “Con base en las herramientas de análisis estadístico que hemos desarrollado”, dice Kohlsdorf, “grupos de otros países han empezado a mostrar la reversión de alas en insectos y en otros animales”.

Mientras seguía el debate, los biólogos de la USP verificaron que al menos en dos géneros de lagartos exclusivos de las dunas, *Calyptommatus* y *Nothobachia*, la pérdida de extremidades es irreversible: los animales conservan solamente minúsculos apéndices de lo que una vez fueron miembros anteriores, y son muy parecidos a serpientes. “No sabemos por qué únicamente las *Bachias* logran revertir la pérdida de extremidades”, reconoce Tiana.

Juliana Rossito, investigadora del grupo de Rodrigues, examinó embriones y adultos de *Calyptommatus* en distintos estadios de desarrollo para entender de qué manera podría haberse dado la pérdida de las extremidades. Observó que el fémur empieza a formarse en el embrión, entre el quinto y el decimosexto día, pero posteriormente desaparece. Sus análisis indicaron que los lagartos de ese género están listos para nacer en un mes –y no en seis, como los de las especies más cercanas–, quizá debido al efecto de la temperatura o a la escasez de agua. “Selección natural mediante”, dice Rodrigues, “esa especie encontró una forma de acelerar el desarrollo”.

Según él, la reducción de las patas y el alargamiento del cuerpo pueden haber surgido en la historia evolutiva de los lagartos de la familia *Gymnophthalmidae*, con 45 géneros, conjunto que incluye a *Bachia* y *Calyptommatus*, como consecuencia de adaptaciones que les permitieron

Seres de las arenas del norte de Bahía, con y sin patas (de izquierda a derecha): *Tropidurus amathites*, de Santo Inácio; *Nothobachia ablephara* y *Calyptommatus leirolepis*, de Alagoado; *Tropidurus pinima*, de Santo Inácio

evitar temperaturas extremas. De ese proceso resultaron especies que logran enterrarse para huir de los predadores, del frío o del calor, que puede llegar a los 50 grados sobre la arena. Se estima que en toda la historia de los lagartos esas transformaciones habrían ocurrido al menos en dos decenas de oportunidades, lo cual favoreció el origen de lagartos peculiares, a veces un tanto repugnantes, y un grupo de animales con fama y hábitos propios: las serpientes.

Para entender cómo y por qué los lagartos se están volviendo capaces de vivir enterrados en túneles o cavernas, Agustín Camacho filmó y analizó centenares de pruebas comparando la locomoción, la capacidad de fuga y los hábitos alimentarios de 12 especies de lagartos de la familia *Gymnophthalmidae* en cámaras con arena en laboratorio. “El cuerpo alargado y la ausencia de patas parecen favorecer el desempeño de los lagartos fosoriales, que logran huir de los predadores más rápido, se alimentan mejor y se entierran más fácilmente que los que tienen patas”, concluyó. “Pero todavía no es posible decir cuál es el morfotipo más adaptado a la vida en la arena, porque incluso las especies con cuatro patas son abundantes, sobreviven perfectamente y puede vérselas por docenas en los médanos”. Según él, ciertos lagartos de los desiertos de Australia vivieron una historia evolutiva similar.

Camacho representa a la segunda generación de biólogos que está en la senda de los animalitos extraños de las arenas del norte de Bahía. Él estudió biología en Andalucía, España, pero “no veía la hora de venirme al trópico”, comenta. Vino a São Paulo para un curso rápido sobre animales ponzoñosos y lagartos en 2002, regresó a España, terminó la carrera y a finales de 2003 se mudó a Salvador para hacer la maestría en la Universidad Federal de Bahía. Su director de tesis, Pedro Rocha, había hecho el doctorado sobre ecología de los lagartos de las dunas del São Francisco, supervisado a su vez por Rodrigues. A finales de 2007, se mudó a São Paulo y ahora trabaja en su doctorado en un entropiso sobre el despacho de Miguel Rodrigues.

Rodrigues mantiene el mismo método de trabajo que cuando empezó a estudiar serpientes y lagartos, hace 40 años, comparando características externas tales como la cantidad y formato de las escamas, la longitud del cuerpo y la forma de los ojos, para reconocer una nueva especie y construir la filogenia, que es el orden de aparición de un grupo de animales similares, empezando por los más antiguos. Kátia Pellegrino, docente de la Universidad Federal de São Paulo, se vale de otro abordaje y ha empezado a estudiar el parentesco entre los lagartos comparando 10 genes. A menudo, los análisis de ADN indican que los análisis obtenidos con base en ciertos caracteres externos deben reverse.

Rodrigues y su grupo de trabajo están viendo de qué manera los ambientes restringidos pueden limitar la formación de especies nuevas, con características y hábitos únicos. Los animales que viven en las dunas son tan especializados que no sobreviven –ni entran– en la *caatinga* vecina; los animales típicos del semiárido conocido como *caatinga*, a su vez, solamente entran marginalmente a las dunas. Y aun allí dentro, los animales se especializaron en ambientes distintos. Algunas especies de lagartos viven únicamente sobre grupos de rocas y no atraviesan las áreas de *caatinga* que separan los afloramientos rocosos.

DEL OTRO LADO DEL ATLÁNTICO

Rodrigues observó el mismo fenómeno –poblaciones aisladas de *Platysaurus*, lagartos de otra familia, pero muy parecidos con los de uno de los grupos de *Tropidurus*, que también tiene cuerpo achatado y solamente viven entre las piedras en Mozambique, adonde fue por primera vez en 2007. Su plan es regresar en 2013 y estudiar los lagartos y las serpientes de norte a sur del país, junto a otros biólogos brasileños y mozambiqueños. Pretenden ver si las poblaciones de lagartos de ese género en África se habrían originado en la misma época que los del nordeste brasileño; de ser así, podrían contar historias paralelas de tierras que estuvieron cerca hace millones de años.

Pero animales parecidos pueden tener historias muy diferentes. En 2008, comparando tramos de ADN de 10 poblaciones de lagartos del género *Eurolophosaurus*, José Carlos Pas-

Os lagartos da Bahia





Las dunas de Santo Inácio: un espacio único que alberga especies hermanas, con historias evolutivas diferentes

soni, Maria Lúcia Benozzati y Rodrigues, todos de la USP, mostraron que una de las especies, el *Eurolophosaurus divaricatus*, un lagarto de 25 centímetros de longitud que vive en la orilla izquierda del São Francisco, habría surgido hace 5,5 millones de años. Los habitantes de la orilla opuesta serían más recientes: el *E. nanuzae*, de 3,5 millones de años y el *E. amathites*, con al menos un millón y medio de años.

Los cálculos sobre el origen de esas especies de lagartos superaron ampliamente los modestos 15 mil años a los que antes se había arribado con base en datos geomorfológicos. Habría sido en esa época que el río, a medida que el relieve se iba modificando, habría desviado su curso desde el interior hacia el mar. Las lagunas internas, en cuyas orillas los lagartos tomaban sol, pueden haberse desvanecido, o bien, el río puede haber incorporado parte de la orilla izquierda al seguir hacia el este y ya no hacia el oeste. Según Rodrigues, la separación entre las orillas norte y sur habría culminado hace entre 10 millones y 8 millones de años.

Ahora le parece claro que los ríos –y no solamente el São Francisco– funcionan como una barrera geográfica para la formación de nuevas especies de reptiles y anfibios. Años atrás, Pellegrino, Rodrigues y otros biólogos mostraron la validez de esta idea con una especie de lagartija del bosque atlántico, la *Gymnodactylus darwini*. Las poblaciones de esa especie encontradas al norte y al sur del río Doce, que drena áreas de Minas Gerais y de Espírito Santo, antes consideradas cercanas, ya no se mostraron tan próximas: una tiene 38 y la otra 40 cromosomas.

Antoine Fouquet, un francés que hizo su posdoctorado con Rodrigues, arribó a la conclusión de que las selvas de Guyana fueron un refugio biológico importante para la diferenciación de la fauna amazónica durante los últimos miles de años. Curiosamente, vino de las Guayanas la primera especie de serpiente que Rodrigues

identificó en 1978, cuando aún cursaba biología en París (cursó la carrera en el exterior y el posgrado en Brasil). La primera especie brasileña, en 1980. ¿Cuántas fueron en total? “Nunca las conté”, desestima, entre la modestia y la impaciencia para los cálculos. En 2010, Peter Uetz, del J. Craig Venter Institute, de Estados Unidos, tuvo paciencia y las contó. El resultado: en un artículo publicado en la revista *Zootaxa* sobre los 40 biólogos que más especies de reptiles describieron en el mundo desde el siglo XVIII, Rodrigues es el único brasileño de la lista, ubicado en el 35º puesto, con 53 especies descritas. Actualmente son más de 60.

Miguel Trefaut Rodrigues ya ha contraído malaria, dengue y muchas otras enfermedades por andar en el monte, generalmente de noche, en busca de esos animalitos que lo dejan feliz; una parte de las penurias de los viajes y de la producción intelectual de ese grupo puede verse en el sitio del laboratorio: www.ib.usp.br/trefaut. Él sabe que ha hecho mucho, pero también se inquieta ante lo que queda por hacerse y lo que ya puede haberse perdido. “No sabemos nada. Cada vez más, me doy cuenta de que somos completamente ignorantes”, dice. “Hay especies hermanas de lagartos en los Andes y en la restinga de la selva atlántica. ¿Y dónde está resto? ¡Desapareció!” ■

Los proyectos

1. Estudios sobre la ecología y diferenciación de la fauna de réptiles de las dunas del río São Francisco medio (*Lepidosauromorpha, scuamata*) – n° 1996/ 03554-0 (1997-2002); **Modalidad** Proyecto temático; **Coordinador** Miguel Trefaut Urbano Rodrigues –IB/ USP; **Inversión** R\$ 388.398,04.
2. Sistemática y evolución de la herpetofauna neotropical – n° 2003/ 10335-8 (2004-2011); **Modalidad** Proyecto temático; **Coordinador** Miguel Trefaut Urbano Rodrigues –IB/ USP; **Inversión** R\$ 975.589,35.
3. Filogeografía comparada, filogenia, modelado paleoclimático y taxonomía, y réptiles y anfibios neotropicales – n° 2011/ 50146-6 (2012-2016); **Modalidad** Proyecto temático; **Coordinador** Miguel Trefaut Urbano Rodrigues –IB/ USP; **Inversión** R\$ 1.747.802,04.

Artículos científicos

1. KOHLSDORF T. y WAGNER G. P. Evidence for the reversibility of digit loss: a phylogenetic study of limb evolution in Bachia (*Gymnophthalmidae: Scuaamata*). **Evolution**. v. 60, n. 9, p. 1896-912, 2006.
2. FOUQUET, A. *et al.* Molecular phylogeny and morphometric analyses reveal deep divergence between Amazonia and Atlantic Forest species of *Dendrophryniscus*. **Molecular Phylogenetics and Evolution**. v. 62, p. 826-38, 2012.
3. AMARO, R. C. *et al.* Demographic processes in the montane Atlantic rainforest: Molecular and cytogenetic evidence from the endemic frog *Proceratophrysboiei*. **Molecular Phylogenetics and Evolution**. v. 62, p. 880-88, 2012.

De nuestro archivo

Entre viboras y lagartos, Edición n° 169 – marzo de 2010; *A los pies de los dinosaurios*, Edición n° 154 – diciembre de 2008; *Un tesoro a orillas del Velho Chico*, Edición n° 57 – septiembre de 2000.