

# TRÓPICOS

MAGAZINE OF THE SMITHSONIAN TROPICAL RESEARCH INSTITUTE / REVISTA DEL INSTITUTO SMITHSONIAN DE INVESTIGACIONES TROPICALES

## PANAMA FOSSILS

FÓSILES DE PANAMÁ



Smithsonian Tropical Research Institute

February 2015 | [stri.si.edu](http://stri.si.edu)



**WELCOME**  
**BIENVENIDO**

“The past, like the future, is indefinite and exists only as a spectrum of possibilities.”

-Stephen Hawking

The Panama Canal’s expansion to include a third set of locks is often measured in terms of what it will mean to the future of global shipping and the world economy. While it will be many years until the full impact of the massive infrastructure project is appreciated, it has already offered an unparalleled window into Panama’s past. Thanks to support from the Panama Canal Authority, Panama’s National Secretariat for Science and Technology (SENACYT) and the University of Panama, paleontologists took advantage of the massive earthworks project to paint a much fuller picture of what Panama’s environment looked like many millions of years ago.

This issue of TRÓPICOS looks back at the major successes of the Panama Canal Project and looks ahead at what STRI staff scientist Carlos Jaramillo’s lab will do next as they explore the distant past of tropical climates in hopes of enriching our understanding of their uncertain future. We also take a field trip to Torio, Panama, where a young paleontologist unearths 20 million-year-old fossil fruits, and pit STRI’s Anthony Coates against Universidad de los Andes’ Camilo Montes in a debate about the age of the Isthmus of Panama. Whose version is the most likely among the spectrum of possibilities? We’ll let you decide.

“El pasado, al igual que el futuro, es impreciso y sólo existe como un espectro de posibilidades.”

-Stephen Hawking

El proyecto de expansión del Canal de Panamá que incluye un tercer juego de esclusas, a menudo se mide en términos de lo que significará para el futuro del transporte marítimo y la economía mundial. Mientras que pasarán muchos años para que el impacto total del proyecto de infraestructura masiva se pueda apreciar, éste ya ha ofrecido una ventana sin precedentes al pasado de Panamá. Gracias al apoyo de la Autoridad del Canal de Panamá, de la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT) y de la Universidad de Panamá, los paleontólogos se beneficiaron del gran proyecto de movimiento de tierra para presentar una imagen mucho más completa de lo que parecía el entorno de Panamá hace muchos millones de años.

Esta edición de TRÓPICOS presenta una retrospectiva de los grandes éxitos del Proyecto del Canal de Panamá y mira hacia adelante a lo que hará a continuación el laboratorio del científico del Smithsonian Carlos Jaramillo, a medida que exploran el pasado lejano de los climas tropicales, con la esperanza de enriquecer nuestra comprensión de su futuro incierto. También nos vamos de gira de campo a Torio, Panamá, donde un joven paleontólogo descubre frutos fósiles de 20 millones de años de antigüedad, y enfrentamos a Anthony Coates del Smithsonian contra Camilo Montes de la Universidad de los Andes en un debate acerca de la edad del Istmo de Panamá. ¿Cuál versión es la más probable entre el espectro de posibilidades? Dejaremos que usted decida.



## CONTENT CONTENIDO

Illustration of *Vantanea guianensis*  
Jean Baptiste Christian Fusée-Aublet (1720-1778) - *Histoire des plantes de la  
Guiane Francoise* vol. 4 tabl. 229 (<http://www.botanicus.org/page/361015>)

Cover Photo: Ocú Formation, Torio, Panamá - Sean Mattson



### FEATURE

#### STORY

Panama Canal Fossils / Fósiles del Canal de Panamá

PROFILE STORY Window to the past / Ventana al pasado

#### VIDEO

STORY Desert, high plains and rainforest  
sediments / Los sedimentos del desierto, los altos  
llanos y las selvas tropicales pueden tener  
respuestas sobre el clima.

RESEARCH HIGHLIGHTS Jaramillo Lab

### UPWELLING

STRI RESEARCH HIGHLIGHTS

### GUEST COLUMN

How old is the Isthmus of Panama?

Que tan antiguo es el istmo de Panamá

### STRI REWIND

Panama Paleontology Project

Proyecto Paleontológico de Panamá



## TEAM EQUIPO

[strianews@si.edu](mailto:strianews@si.edu)

Questions/comments  
Preguntas/comentarios



@stri\_panama  
#smithsonian

#### Beth King

STRI Communications Coordinator  
Coordinadora de Comunicaciones  
Editor, Writer / Editor, Textos

#### Lina González

STRI Design Supervisor  
Supervisora de Diseño  
Art direction / Dirección de arte

#### Jorge Alemán

STRI Graphic Design Specialist  
Especialista en Diseño  
Concept and Design / Concepto y Diseño

#### Sean Mattson

STRI Reporter  
Fotoperiodismo  
Writing, Photography / Textos y Fotografía

#### Sonia Tejada

Media Relations  
Relaciones con medios  
Translations / Traducción

#### Ana Endara

STRI Videographer  
Videógrafa  
Documentary Videos / Documentales



# PANAMA CANAL FOSSILS

## FÓSILES DEL CANAL DE PANAMÁ

**Five years of paleontology at the canal expansion reveals the fauna of a 20 million-year-old tropical forest and reopens debate on the closure of the bridge between North and South America**

Cinco años de paleontología en el proyecto de ampliación del canal nos han revelado la fauna de un bosque tropical de hace 20 millones de años, y han reabierto el debate sobre el cierre del puente terrestre entre Norte y Sur América



Some of the spectacular finds from the Panama Canal excavations included a fossilized dugong or sea cow (collection site, above) and teeth of the Megalodon, the largest shark ever known. (Photos by Christian Ziegler)

Algunos de los espectaculares hallazgos de las excavaciones del Canal de Panamá incluyeron a un dugongo o vaca marina fosilizada (sitio de colecta, arriba), además de dientes del Megalodón, el tiburón más grande que se haya conocido. (Fotos por Christian Ziegler)

**C**arlos Jaramillo knew he had to act quickly when Panama voted to expand its canal in 2006. The 100 million tons of rock that would be blasted to widen the waterway were a dream come true for the staff paleontologist at the Smithsonian Tropical Research Institute. But heavy rain and fast-growing tropical foliage would quickly close the window into the world-changing formation of the Isthmus of Panama.

“Carlos recognized right away that a multidisciplinary approach would be the way to get the most out of this once-in-a-century opportunity,” said Doug Jones, the director of the Florida Museum of Natural History and one of five co-principal investigators on the major paleontology project that resulted from the expansion. “He got us all revved up and there was no looking back after that.”

By the time engineers set off the first dynamite blasts, Jaramillo had a long-time Smithsonian donor and the Panama Canal Authority already on board. That support helped four research institutions from the United States and three from Panama to secure

**C**uando Panamá votó para ampliar su Canal en el 2006, Carlos Jaramillo sabía que tenía que actuar rápidamente. 100 millones de toneladas de roca serían dinamitadas para ensanchar la vía acuática. Este era un sueño hecho realidad para el paleontólogo del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales; pero las fuertes lluvias y el rápido crecimiento del follaje tropical prontamente cerrarían la ventana hacia la formación del Istmo de Panamá, la cual cambió al mundo.

“Carlos reconoció de inmediato que un enfoque multidisciplinario sería la manera de obtener el máximo provecho de esta oportunidad, que es única en un siglo”, comentó Doug Jones, director del Museo de Historia Natural de Florida y uno de los cinco coinvestigadores principales en el gran proyecto de paleontología que resultó de la expansión. “Nos entusiasmo de gran manera y después de eso no hubo vuelta atrás”, dijo también Douglas.

Para cuando los ingenieros iniciaron las primeras detonaciones, Jaramillo ya tenía a bordo a un antiguo donante del Smithsonian y a la Autoridad del Canal de Panamá. Ese apoyo ayudó a cuatro instituciones de investigación de Estados Unidos y tres de Panamá a



STRI staff scientist Carlos Jaramillo works in the Panama Canal expansion site in 2011. (Photo by Christian Zielger)

El científico del Smithsonian, Carlos Jaramillo trabaja en el sitio del proyecto de ampliación del Canal de Panamá en el 2011. (Foto por Christian Ziegler)

a U.S. National Science Foundation Partnership for International Research and Education (PIRE) for the project.

As the expansion nears completion, researchers have logged more than 6,000 days in the field. They located fossils, mapped geological formations, collected samples and described the geological setting. In an effort to salvage as much information as possible, they filled a warehouse in Corozal with samples. “There are entire mountains that aren’t there anymore,” said Jaramillo.

Before the expansion only four species of fossil mammals had been discovered along the southern stretch of the canal. Today, at least 24 mammals from eight different orders have been unearthed in sediments flanking the Centenario Bridge. These include squirrels, dogs, deer, small camels and ferocious “bear dogs.”

Almost all are of North American ancestry and are similar to the fauna found throughout the continent 20 million years ago. This suggests that mammal faunal exchange from southern Canada to Panama was

asegurar una Alianza con la Fundación Nacional de las Ciencias de Estados Unidos para la Investigación Internacional y la Educación (PIRE por sus siglas en inglés) para el proyecto.

A medida que el proyecto de expansión se acerca a su terminación, los investigadores han registrado más de 6,000 días en el campo, en los que: Encontraron fósiles, mapearon formaciones geológicas, colectaron muestras y describieron características geológicas. En un esfuerzo por rescatar la mayor cantidad de información posible, llenaron con muestras un almacén en Corozal. “Hay montañas enteras que ya no están allí”, comentó Jaramillo.

Antes del proyecto de expansión, solamente cuatro especies de mamíferos fósiles habían sido descubiertas a lo largo del tramo sur del Canal. Hasta la fecha, al menos 24 mamíferos de ocho órdenes diferentes han sido descubiertos en sedimentos que flanquean el Puente Centenario. Estos incluyen: ardillas, perros, venados, pequeños camellos y los feroces “osos-perro.”

Casi todos son de ascendencia norteamericana y son similares a la fauna que se encontraba en todo el continente hace 20 millones de años. Esto sugiere que el intercambio faunístico de mamíferos desde el sur

fairly continuous at the time, and that a formidable barrier separated the American continents. But the barrier wasn't impenetrable. Some mammals of southern origin, including bats, crossed the gap. The researchers discovered that much of the tropical flora in Panama was also of South American origin. The findings renewed fresh debate about the timing of the final closure of Isthmus of Panama. Earlier work by STRI emeritus scientists Anthony Coates and Jeremy Jackson pegged closure at approximately 3.5 million years ago. Researchers including Jaramillo and Camilo Montes of the Universidad de los Andes in Colombia suggest an intermittent land bridge formed much earlier. (See their arguments, page 27)

"It's a new model for the formation of the Isthmus of Panama," said Jaramillo. "We believe that the majority of the isthmus had risen ten million years ago and that the CAS (the Central American Seaway, a deep oceanic pathway along the tectonic boundary between Panama microplate and South American plate) closed by 10 to 12 million years ago. Only shallow water exchange between Caribbean and Pacific continued until a complete closure 4.2 million years ago."

## ALL NEW TO SCIENCE

MacFadden says that even the six-fold increase in the number of large mammal species from the canal formations offers only a glimpse of Panama's early Miocene fauna. One expert estimate is that there should have been some 200 species of non-flying mammals in the ecosystem. A plethora of smaller creatures like lizards, frogs, snakes, birds and bats would have completed the fauna.

"We never found a locality where the fossils are super-abundant so it's been a lot of work," said co-PI Gary Morgan, a micro-vertebrate paleontologist at the New Mexico Museum of Natural History whose team has washed some ten tons of expansion material.

de Canadá hasta Panamá era bastante continuo en ese entonces, y que una gran barrera separaba a los continentes americanos. Pero la barrera no era impenetrable, porque algunos mamíferos de origen meridional, incluyendo a los murciélagos, cruzaron la brecha.

Los investigadores descubrieron que gran parte de la flora tropical en Panamá era también de origen sudamericano. Los hallazgos renovaron el estudio del cierre del Istmo de Panamá. En anteriores trabajos, los científicos eméritos del Smithsonian Anthony Coates y Jeremy Jackson catalogaron el cierre en hace 3.5 millones de años aproximadamente. Otros investigadores, incluyendo a Jaramillo y a Camilo Montes de la Universidad de los Andes en Colombia, sugieren que un puente terrestre intermitente se formó mucho antes. (Ver sus argumentos en la página 27)

"Este es un nuevo modelo para la formación del Istmo de Panamá", comentó Jaramillo. "Creemos que la mayoría del Istmo había surgido hace diez millones de años y que el CAS (el paso marino Centroamericano, una ruta oceánica profunda a lo largo de la frontera tectónica entre la micro-placa de Panamá y la placa Sudamericana) se cerró posiblemente hace 10 a 12 millones de años. El intercambio de agua poco profunda entre el Caribe y el Pacífico solamente se mantuvo hasta el cierre completo hace 4.2 millones de años".

## TODO NUEVO PARA LA CIENCIA

MacFadden comenta que incluso el aumento en seis veces el número de especies de grandes mamíferos de las formaciones del canal ofrece sólo una visión de la fauna de Panamá de principios del Mioceno. Una estimación experta es que posiblemente había unas 200 especies de mamíferos no voladores en el ecosistema. Una plétora de criaturas más pequeñas como lagartijas, ranas, serpientes, aves y murciélagos habría completado la fauna.

"Nunca encontramos una localidad donde los fósiles fueran súper abundantes, así que ha sido mucho trabajo", comentó el co-investigador principal Gary Morgan, paleontólogo especializado en micro-vertebrados en el Museo de Historia Natural de Nuevo México, cuyo equipo ha lavado unas diez toneladas de material del proyecto de expansión.



**Gary Morgan (R), a co-principal investigator on a large grant to study fossils from the Panama Canal expansion earth-works, talks to project interns and others during a visit to the Culebra Formation in January. (Photo by Sean Mattson)**

Gary Morgan (der.), co-investigador principal en una cuantiosa beca para estudiar fósiles descubiertos durante los movimientos de tierra del proyecto de expansión del Canal de Panamá, conversa con los pasantes del proyecto y otros participantes durante una visita a la Formación Culebra en enero. (Fotos por Sean Mattson)

The majority of the canal's tiny fossils are small crocodile teeth. Fish bones were also found. "There should have been some birds but for whatever reason we haven't found them," said Morgan, who is analyzing some 100 fossilized bat and rodent teeth. "Just about all these tropical animals have a poor fossil record, so really, anything we get is new to science."

By mid-2015 the last interns will have packed up their field tools. Yet the project's final mark on Central American paleontology won't be fully appreciated for many years.

Excavating and identifying thousands of samples became a learning opportunity for some 100 project participants, including U.S. and Panamanian students, many of whom will toil on laboratory samples and prepare future scientific manuscripts from the findings. So far the work has led to some 25 scientific publications.

Still more samples are in storage awaiting new technologies that may tease even more information from the rocks. "We have material for at least another decade," said Jaramillo.

La mayoría de los diminutos fósiles del canal son pequeños dientes de cocodrilo. También se encontraron huesos de peces. "Debería haber algunas aves, pero por alguna razón no las hemos encontrado", comentó Morgan, quien está analizando unos 100 dientes fosilizados de murciélagos y roedores. "Casi todos estos animales tropicales tienen un registro fósil pobre, así que realmente, todo lo que se obtiene es nuevo para la ciencia."

Para mediados del 2015 los últimos pasantes habrán empacado sus herramientas de campo. Sin embargo, la huella final del proyecto de paleontología centroamericana no podrá ser plenamente apreciada en muchos años.

La excavación e identificación de miles de muestras se convirtió en una oportunidad de aprendizaje para unos 100 participantes del proyecto, entre estos, estudiantes de Estados Unidos y Panamá, muchos de los cuales se seguirán esforzando con el análisis de las muestras de laboratorio y la preparación de futuros manuscritos científicos sobre los hallazgos. Hasta ahora, el trabajo ha dado lugar a unas 25 publicaciones científicas.

Todavía quedan muchas muestras almacenadas y en espera de nuevas tecnologías que pueden desentrañar más información de las rocas. "Tenemos material para al menos otra década", comentó Jaramillo.





PIRE project participants logged more than 6,000 field days to recover fossils and describe the geology of the Panama Canal expansion sites. 1 - Las Cascadas March 2014 Looking for vertebrates along a bone bed in Las Cascadas. Numerous camel, crocodile, and even beardedogs are found here. Photo by Cristina Robins. 2 - Camel Ulna A carbide-tipped tool is used to extract the camel ulna from the surrounding sediment. Extra care must be taken to not damage or break the fossil. Photo by John A Kilmer - University of Florida. 3 - Paul's fossil, This rodent tooth is small, but large for a rodent. Photo by John A Kilmer - University of Florida. 4 - Centennial Bridge. Photo by Sean Mattson. 5 - Fossils in Gatún Formation.

Los participantes del proyecto PIRE registraron más de 6,000 días de trabajo de campo para recuperar fósiles y describir la geología de los sitios de la ampliación del Canal de Panamá. (Las tres imágenes, cortesía de PCP-PIRE; parte inferior izq. cortesía de Sean Mattson, abajo a la der. 1- Las Cascadas marzo 2014 Buscando vertebrados. Numerosos camellos, cocodrilos y osos-perros. Photo by Cristina Robins. 2 - Camel Ulna A una herramineta de punta de carburo es usado para extraer el fósil del sedimento foto by John A Kilmer - University of Florida. 3 - Paul's fossil, Este diente de roeder es chico, pero grande para un roedor. Foto por John A Kilmer - University of Florida. 4 - Puente Centenario. Foto por Sean Mattson. 5 - Fósiles en la Formación Gatún.



# WINDOW TO THE PAST

VENTANA AL PASADO





## HOW LONG HAS CENTRAL AMERICA BEEN SO BIOLOGICALLY DIVERSE?

¿DESDE HACE CUÁNTO CENTROAMÉRICA HA SIDO TAN BIODIVERSA?

STRI short-term fellow Nicolás Pérez (above) and intern Camila Monje (following page, top left) of Colombia's Universidad de los Andes collect fossilized fruits from a stream near Torio, Panama during a January field trip. (Photos by Sean Mattson)

El becario a corto plazo del Smithsonian Nicolás Pérez (arriba) y la pasante Camila Monje (pág. Sig., arriba a la izq.) de la Universidad de los Andes en Colombia, recogen frutos fosilizados de un arroyo cerca de Torio, Panamá durante una gira de campo en enero. (Fotos por Sean Mattson)

The seeds belong to a South American plant family called Humiriaceae—large trees found in humid, lowland forests. Their presence suggests that Azuero's hot, dry climate—which has no trees from that family today—was much different when the first landscapes of Panama were forming and not connected to South America. The fossils suggest currents from the southern continent delivered the seeds, and the sediments that contain the fossils show a lowland river system existed in the area at the time.

Nicolás Pérez, a short-term STRI fellow and undergrad at the university, collected and analyzed more seeds this year. He finely sliced them with an electric saw in STRI's paleontology lab, viewed the samples under high-powered microscopes and described their well-preserved inner structure, tissues and cells.

Pérez hopes to explain when lower Central America, which is much younger than the continents it connects, became a hotspot for plant biodiversity.

Los frutos pertenecen a una familia de plantas del neotrópico conocida como Humiriaceae—en Panamá, esta familia está representada por árboles que se encuentran en bosques húmedos hasta elevaciones de ~1400 msnm. Su presencia sugiere que el clima seco y caliente de Azuero—que en el presente no tiene árboles de esa familia—era muy distinto en el pasado, cuando los primeros terrenos de Panamá estaban surgiendo y no estaban unidos a América del Sur. Los sedimentos que contienen los fósiles muestran que en ese entonces ya existía un sistema de ríos en la zona, transportando sedimentos desde las montañas hasta el Pacífico.

¿Cómo se estableció esta familia en América Central? La afinidad de las drupas fósiles sugiere que pudieron haber llegado gracias al transporte mediante corrientes desde América del sur. Sin embargo, también existe la posibilidad de que esta familia hubiese evolucionado en los terrenos recién formados de América Central y luego se hubiese expandido hacia Sur América.



Nicolás Pérez, becario a corto plazo del Smithsonian y estudiante de licenciatura en la universidad, colectó y analizó más frutos fósiles este año. En el laboratorio de paleontología del Smithsonian los cortó finamente con una sierra eléctrica para luego observar las muestras bajo microscopios de alta potencia y describir su bien conservada estructura interna, incluyendo tejidos y células.

Pérez espera explicar desde cuándo América Central, que es mucho más joven que los continentes a los que está unida, se convirtió en un punto clave para la biodiversidad vegetal. “¿La diversidad en Panamá es algo nuevo o es algo que ha existido desde hace mucho tiempo?” se pregunta.

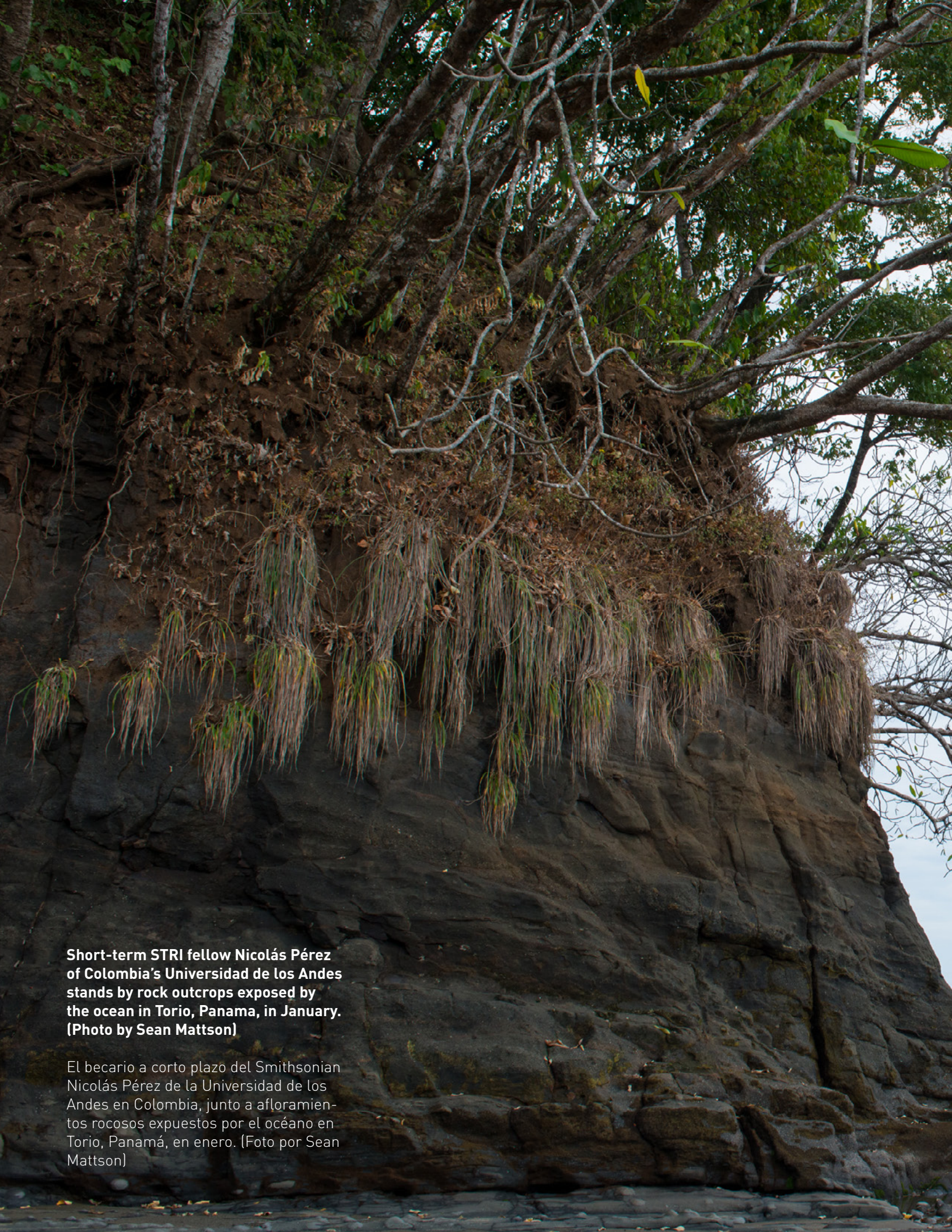
“El bioma de la selva húmeda tropical es el ecosistema con mayor número de especies de plantas en el planeta, pero cuándo este ecosistema se estableció en América Central es un misterio”, comentó Pérez. “Comprender el origen y la evolución de los bosques neotropicales en un contexto paleobiológico es crucial para entender su futuro. Al combinar los datos de los fósiles además de los datos paleoclimáticos podremos, por ejemplo, tener una mejor idea de cómo estos bosques reaccionarán al cambio climático.”

Hasta ahora los frutos son la única especie que los estudiantes de la universidad han encontrado en la zona de Torio en Panamá, pero él espera encontrar más en futuros trabajos de campo. “Hay muchas rocas que quedan por descubrir y fósiles que quedan por encontrar y estudiar”, comentó.

“Is it something new or something that has been around for a long time?” he asks.

“The Neotropical Rainforest biome is the ecosystem with the greatest number of plant species on the planet but it is a mystery when this ecosystem was established in Central America,” said Pérez. “Understanding the origin and evolution of the Neotropical forest in a paleobiological context is crucial to understand its future. By combining fossil and paleoclimatic data we get a better idea of how these forests will react to climate change.”

So far the seeds are the only species the university’s students have found in Panama’s Torio area but he hopes future fieldwork will turn up more. “There are many rocks left to discover and fossils to find and study,” he said.



**Short-term STRI fellow Nicolás Pérez of Colombia's Universidad de los Andes stands by rock outcrops exposed by the ocean in Torio, Panama, in January. (Photo by Sean Mattson)**

El becario a corto plazo del Smithsonian Nicolás Pérez de la Universidad de los Andes en Colombia, junto a afloramientos rocosos expuestos por el océano en Torio, Panamá, en enero. (Foto por Sean Mattson)





## ON VIDEO EN VIDEO

CLICK ON THE IMAGE TO WATCH NICOLAS AND CAMILA IN ACTION. ON ISSUU CLICK ON THE LINK ICON THAT APPEARS AT THE BOTTOM LEFT CORNER OF THE IMAGE.

HAGA CLICK EN LA IMÁGEN PARA VER A NICOLAS Y CAMILA EN ACCIÓN. SI ESTA VIENDO EN ISSUU, HAGA CLICK EN EL ÍCONO DE ENLACE QUE APARECE EN LA ESQUINA IZQUIERDA INFERIOR.



SCAN THE QR CODE TO  
VIEW ON YOUR MOBILE

PARA VER EN SU TELÉFONO MÓVIL  
ESCANÉE EL CÓDIGO QR





STRI Staff scientist, Carlos Jaramillo / Científico de STRI, Carlos Jaramillo

## DESERT, HIGH PLAINS AND RAINFOREST SEDIMENTS may hold climate answers

**Los sedimentos del desierto, los altos llanos y las selvas tropicales pueden tener respuestas sobre el clima.**

Can major changes in past tropical climates help improve understanding of modern global change concerns? In coming years STRI paleontologist Carlos Jaramillo and his crew of collaborators and students expect to find answers in fossils from a Colombian desert and the high plains of Peru, and in sediments below a species-rich Amazon forest.

About three million years ago, the environment on Colombia's Guajira Peninsula shifted from a riparian tropical forest to the desert that dominates today. With an abundance of fossils from 2.5 million to 18 million years ago, Guajira "has all the history of Panama, just seen from the South American side," said Jaramillo.

A similar history lies in the fossils of Peru's altiplano, or high plains. At an arid site four kilometers above sea level, Jaramillo's team looks at fossils from an ancient forest to look at how the Andes rapidly (in geological time, at least) formed over an eight-million-year period, possibly contributing to a massive shift in the temperature gradient between Earth's tropics and poles.

¿Los cambios de los climas tropicales en el pasado pueden ayudar a comprender mejor las preocupaciones relacionadas con el cambio del clima en el presente? En los próximos años, el paleontólogo del Instituto Smithsonian en Panamá Carlos Jaramillo y su equipo de colaboradores y estudiantes, esperan encontrar respuestas a esta pregunta en los fósiles de un desierto en Colombia, en el altiplano del Perú y en los sedimentos que están debajo de un bosque amazónico rico en especies.

Hace unos tres millones de años, el medio ambiente en la Península de la Guajira, en Colombia, pasó de ser un bosque tropical de ribera a un desierto, ambiente que domina actualmente en la región. Con fósiles de hace 2.5 a 18 millones de años, Guajira "tiene toda la historia de Panamá, sólo que ésta se ve desde el lado de América del Sur", comentó Jaramillo.

Una historia parecida se encuentra en los fósiles del altiplano peruano, también conocido como las altas llanuras. Este es un sitio árido, localizado a cuatro kilómetros sobre el nivel del mar, y donde el equipo de Jaramillo observa fósiles de un antiguo bosque para comprender la rápida formación de los Andes (al menos en el tiempo geológico) que abarca un período de ocho

And, in a first for STRI's Center for Tropical Forest Science, scientists established a long-term forest dynamics monitoring site in a spot with a 20-million-year-old sedimentary record. The 25 hectares at Amacayacu, Colombia are home to some 1,200 tree species, making it one of the most diverse in the 61-plot global network, also known as ForestGEO. Sedimentary cores from the region will help Jaramillo and colleagues track changes over deep time in forest composition and species abundance.

Amacayacu also feeds Jaramillo's ongoing project to create a 3,000-species monograph of the 140-million-year history of tropical plants through detailed description and analysis of fossilized pollen and spore grains.

#### AFTER THE CANAL

Fieldwork in the Panama Canal expansion will wind down during the next year but two new sites will be explored in greater depth as an extension of that project. Jaramillo's colleagues from the University of Florida will explore the generous fossil deposits of marine and terrestrial invertebrates on the shores of Lake Alajuela, in the Upper Chagres, which promise new insights into Panama's environment around 9.8 million years ago. and students from Colombia's Universidad de los Andes will continue annual field semesters in Panama's Azuero Peninsula (see p X) to understand how the closure of the Panama land bridge affected the flora and fauna at more distant sites.

millones de años. Este evento probablemente contribuyó a un cambio masivo en el gradiente de temperatura entre los trópicos y los polos de la Tierra.

Por primera vez, los científicos del Centro de Ciencias Forestales del Trópico del Smithsonian establecieron una parcela de monitoreo de dinámica forestal a largo plazo en Amacayacu, un lugar que tiene un registro sedimentario de 20 millones de años. Las 25 hectáreas de Amacayacu, en Colombia, son el hogar de unas 1,200 especies de árboles, siendo considerada como una de las más diversas en la red mundial de 61 parcelas, también conocida como ForestGEO. Las muestras de núcleos de sedimentos colectadas en esta región, ayudarán a Jaramillo y a sus colegas a dar seguimiento de los cambios en la composición del bosque y la abundancia de especies a lo largo de estos 20 millones de años de historia.

Amacayacu también enriquece al proyecto que Jaramillo está desarrollando, para crear una monografía de 3,000 especies durante los 140 millones de años de historia de las plantas tropicales, a través de la descripción detallada y el análisis de granos de polen y esporas fosilizados.

#### DESPUÉS DEL CANAL

El trabajo de campo en el proyecto de ampliación del Canal de Panamá culminará el próximo año, pero dos nuevos sitios serán explorados a mayor profundidad como una extensión de ese proyecto. Los colegas de Jaramillo de la Universidad de Florida explorarán los abundantes depósitos de fósiles de invertebrados marinos y terrestres en las orillas del Lago Alajuela y en Alto Chagres, los cuales prometen nuevos conocimientos sobre el medio ambiente de Panamá hace unos 9.8 millones de años. Por otro lado, los estudiantes de la Universidad de los Andes en Colombia continuarán con semestres de campo anuales en la Península de Azuero en Panamá (véase la página X) para entender cómo el cierre del puente terrestre de Panamá afectó la flora y la fauna en lugares más lejanos.



# RESEARCH HIGHLIGHTS

## INVESTIGACIÓN DESTACADA

### Northern horse in the canal

**Bruce MacFadden, Aldo Rincón**  
Journal of Paleontology

As a STRI intern in the early days of the Panama Canal paleo project, Aldo Rincón unearthed a set of fossil teeth. Bruce MacFadden, a curator of vertebrate paleontology at the Florida Museum of Natural History identified the teeth as remains of *Anchitherium clarencei*, a three-toed browsing horse. Previously known to Florida, Nebraska and South Dakota, its presence in Panama between 15 and 18 million years ago significantly extends the southern tip of its range.

### Un caballo del Norte en el Canal

**Bruce MacFadden, Aldo Rincón**  
Journal of Paleontology

Como pasante del Smithsonian a inicio del proyecto paleontológico del Canal de Panamá, Aldo Rincón descubrió un grupo de fósiles de dientes. Bruce MacFadden, curador de paleontología de vertebrados en el Museo de Historia Natural de la Florida e investigador asociado del Smithsonian identificó los dientes como restos de un *Anchitherium clarencei*, un caballo de tres dedos. Descubierto anteriormente en la Florida, Nebraska y Dakota del Sur, su presencia en Panamá entre los 15 y 18 millones de años extiende significativamente su área de distribución hacia el extremo sur.

### Shark teeth signal megalodon nursery

**Catalina Pimiento**  
PLOS ONE

Twenty-eight fossilized shark teeth found in the ten million-year-old Gatún Formation near the Caribbean side of the Panama Canal match the teeth of the world's largest known shark, the extinct Megalodon. But most of the teeth were surprisingly small, suggesting to lead author Catalina Pimiento and colleagues from the University of Florida, the U.S. National Science Foundation and Jaws International that mostly baby or juvenile sharks from 6.5 to 35 feet in length (two to 10.5 meters) lived in these warm, shallow waters.

### Dientes de tiburón apuntan a un criadero de Megalodón

**Catalina Pimiento**  
PLOS ONE

De acuerdo a la autora principal Catalina Pimiento y sus colegas de la Universidad de Florida, la Fundación Nacional de Ciencias de los EE.UU. y Jaws International, veintiocho dientes de tiburón fosilizados que se encontraron en la Formación Gatún de diez millones de años, cerca de la costa caribeña del Canal de Panamá, coinciden con los dientes del tiburón más grande del mundo, el extinto Megalodón. La mayoría de los dientes eran sorprendentemente pequeños, lo que sugiere que en su mayoría eran tiburones bebé o juveniles de 6.5 a 35 pies de largo (de 2 a 10.5 metros) que vivieron en estas aguas cálidas y poco profundas.

### Petrified wood suggests South American connection

**Oris Rodríguez-Reyes**  
Review of Palaeobotany and Palynology

University of Panama botany graduate Oris Rodríguez-Reyes and colleagues found fossilized trees related to a South American family, the Malvaceae, in Panama's Cucaracha Formation. The specimens suggest there was an intercontinental exchange of tree species at least a ten million years before the traditional closure date for the Isthmus of Panama. Rodríguez-Reyes, who did her master's degree in Mexico, is now working on her Ph.D. thesis at the U.K.'s University of London.

### Madera petrificada sugiere un nexo sudamericano

**Oris Rodríguez-Reyes**  
Review of Palaeobotany and Palynology

Oris Rodríguez-Reyes, botánica egresada de la Universidad de Panamá y sus colegas encontraron en la Formación Cucaracha de Panamá, unos árboles fosilizados relacionados con una familia sudamericana, Malvaceae. Los especímenes sugieren que hubo un intercambio intercontinental de especies de árboles por lo menos hace diez millones de años antes de la fecha de cierre del Istmo de Panamá. Rodríguez-Reyes, quien hizo su maestría en México, está trabajando en su tesis de doctorado en la Universidad de Londres en

# UPWELLING

NEW RESEARCH RESULTS

## AFLORAMIENTO

NUEVOS RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN



## Orchid Bees in the fast lane

### Las abejas de orquídeas y la vida al tope

To test a controversial theory about what sets the pace of life, scientists worked at the Smithsonian in Panama to compare metabolism and membrane lipid composition of 22 species of orchid bees of different sizes. Their findings support a theory that the cell membranes of animals in the fast lane—that have high metabolic rates—are different from the cell membranes of animals with a slower pace of life, at least in the proportion of the fatty acids they contain.

Membranes define the borders of animal cells and anchor proteins that pump materials in and out and produce energy. The membrane pacemaker hypothesis holds that animals that have higher metabolic rates have a higher proportion of polyunsaturated fatty acids in their membranes.

If you google membrane pacemaker hypothesis, one of the first hits is a page about fighting aging in humans. The hypothesis has far-reaching implications and metabolism may be an important clue when it comes to explaining how aging works in all animals, including humans. So far, the hypothesis has been tested in animals from albatrosses to oysters. But comparing the membranes of very different animals is like comparing proverbial apples and oranges. They are different in so many ways that it's not surprising that their membranes are also different.

Para probar una controvertida teoría sobre qué marca el ritmo de vida, los científicos que trabajan en el Smithsonian en Panamá compararon el metabolismo y la composición de los lípidos en la membrana de 22 especies de abejas de las orquídeas de distintos tamaños. Sus resultados apoyan la teoría de que las membranas celulares de animales que viven, como quien dice, “a mil por hora” - o que tienen altas tasas metabólicas - son diferentes de las membranas celulares de animales con un ritmo más lento de vida, al menos en la proporción de los ácidos grasos que contienen.

Las membranas delimitan las células animales y sujetan las proteínas que bombean materiales dentro y fuera además de producir energía. La hipótesis de membrana como marcapasos sostiene que los animales que tienen mayores tasas metabólicas tienen una mayor proporción de ácidos grasos poliinsaturados en sus membranas.

Si uno realiza una búsqueda en Google de hipótesis de membrana como marcapasos, uno de los primeros resultados es una página sobre la lucha contra el envejecimiento en los humanos. La hipótesis tiene implicaciones de largo alcance y el metabolismo puede ser una pista importante a la hora de explicar cómo envejecimiento funciona en todos los animales,



STRI staff scientist Dave Roubik holds an orchid bee at a monitoring site in Santa Rita, Panama. (Photo by Jorge Alemán)

El científico del Smithsonian Dave Roubik, sostiene una abeja de las orquídeas en un sitio de monitoreo en Santa Rita, Panamá (Foto por Jorge Alemán)

Smithsonian staff scientist Dave Roubik is the world's expert on orchid bees.

“Because we know how to collect orchid bees and we already know how they are related, it was easy to test this hypothesis in 22 closely related species that varied 16 fold in body size and 2.5 fold in metabolic rate while hovering,” Roubik said. “This is also the first time that the hypothesis has been tested in insects.”

Male bees spend most of their time gathering scents in pouches on their hind legs. Roubik baits the bees by placing pieces of blotter paper impregnated with natural essential oils. When males come to collect, it's easy to capture and identify them.

The team from the University of Ottawa in Canada, the University of California, Santa Barbara and STRI discovered a direct association between fatty acid composition of the bees' membranes and their hovering metabolic rate, supporting the hypothesis that membrane composition, along with other factors that include body size and phylogeny, conspire to “set the pace of life.” Their findings are published in the Feb. 4 edition of the Proceedings of the Royal Society B.

Rodriguez E, Weber J-M, Page B, Roubik DW, Suarez RK, Darveau C-A. 2015 Setting the pace of life: membrane composition and flight muscle varies with the metabolic rate of hovering orchid bees. Proc. Roc. Soc. B 20142232. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2014.2232>

incluyendo los humanos. Hasta el momento, la hipótesis se ha puesto a prueba en animales desde los albatros a las ostras. Pero comparando las membranas de animales muy distintos es como comparar manzanas y naranjas. Son distintas de tantas maneras que no es de extrañar que sus membranas también lo sean.

El científico permanente del Smithsonian, Dave Roubik, es experto de clase mundial en abejas de las orquídeas: “Porque sabemos cómo coleccionar abejas de las orquídeas y ya sabemos cómo están genéticamente relacionadas, fue fácil poner a prueba esta hipótesis en 22 especies estrechamente relacionadas que variaban de 16 veces en el tamaño corporal y 2.5 veces en la tasa metabólica mientras revoloteaban”, comentó Roubik. “También es la primera vez que la hipótesis se ha puesto a prueba en insectos.”

Las abejas machos pasan la mayor parte del tiempo coleccionando aromas en sacos que tienen en sus patas traseras. Roubik ceba las abejas al colocar hojas de papel secante impregnadas con aceites esenciales naturales. Cuando los machos vienen a coleccionar, son fáciles de capturar e identificar.

El equipo de la Universidad de Ottawa en Canadá, la Universidad de California, Santa Bárbara y el Smithsonian en Panamá descubrió una asociación directa entre la composición de ácidos grasos de las membranas de las abejas y su tasa metabólica mientras revolotean, apoyando la hipótesis de que la composición de la membrana, junto con otros factores que incluyen el tamaño del cuerpo y la filogenia, conspiran para “marcar el ritmo de la vida”. Sus conclusiones se publicaron en la 4ª edición de febrero de Proceedings of the Royal Society B.



## Mysterious moth devours Bocas mangrove

Earlier in February, bloggers in Bocas Del Toro noticed an island in Dolphin Bay where red mangrove trees were drying out. “I watched this particular mangrove go from green to brown in a matter of two weeks,” wrote sailboat captain Steven Guling in a note to STRI staff scientist Andrew Altieri. “One local kid (described) a worm with teeth but at the time it wasn’t quite that clear. I thought he was referring to something in the water.”

Altieri has studied crabs that defoliate coastal habitats. “The first question is what is causing the outbreak, and the next question is how the area will recover, which will depend on what is eating the trees and other local environmental factors,” he said.

The trees were festooned with spiky, neon-green caterpillars. Based on a couple of photographs, Ilka Feller, a mangrove expert and senior scientist at the Smithsonian Environmental Research Center in Maryland, identified the suspect as a member of the moth genus *Automeris*, in the same insect family as the Saturniidae.

“I believe that the caterpillar is *Automeris io*. I’ve found it on the mangroves at a number of locations at Bocas, but never in such large numbers,” Feller wrote. “Outbreaks like this are difficult to explain because they happen so infrequently. I’m pretty sure this guy only eats leaves. I haven’t seen it eating the apical buds. So, if the apical bud is not damaged, after the caterpillars are gone, the trees will leaf out again.”

## Misterio en el Manglar

A principios de este mes, los bloggers en Bocas Del Toro hicieron un llamado de atención referente a una isla en Dolphin Bay (área de Bocatorito) donde los árboles de mangle rojo se están secando. “A este manglar en particular lo vi cambiar de verde a marrón en cuestión de 2 semanas”, escribió el capitán de velero Steven Guling en una nota enviada al científico del Smithsonian en Panamá, Andrew Altieri, “Un chico local que viene a menudo a mi barco, me estaba describiendo un gusano con dientes, pero no le entendí y pensé que se refería a algo en el agua”.

Altieri ha estudiado cangrejos que deshojan los hábitats costeros. “La primera pregunta es ¿qué está causando el brote?, y la siguiente es ¿cómo se recuperará el área?, lo que dependerá de lo que se está comiendo los árboles además de otros factores ambientales locales.”

Resulta que los árboles estaban adornados con orugas de color verde neón cubiertas de espinas. Con un par de fotos como referencia, Ilka Feller, experta en manglares y científica senior en el Centro de Investigación Ambiental del Smithsonian en Maryland, EEUU, identificó al sospechoso como un miembro de las polillas del género *Automeris*, de la misma familia de los Saturniidae.

“Creo que la oruga es una *Automeris io*. Las he encontrado en los manglares en una serie de lugares en Bocas, pero nunca en un número tan grande”, escribió Feller. “Las apariciones de este tipo son difíciles de explicar porque ocurren con muy poca

There are more than 125 species in the genus *Automeris*. And it is a challenge to identify plants and animals based on photos. Distinguishing species may require counting the number of hairs on a body part or detecting another detail not visible in images.

Annette Aiello, a STRI staff scientist who specializes in butterflies and moths, looked at the photographs as well. Based on the first set, Annette said: “*A. io* is a good match, though a few more photographs, especially one of the head would be helpful. One has several black marks that lead me to suspect that this individual has been parasitized by wasps.” Wasps parasitize the caterpillars, injecting their eggs into their soft bodies, where they feed and eventually kill their hosts. After seeing a more detailed set of photographs, Aiello changed her species diagnosis to either *Automeris jucunda* or *A. tridens*.

“Whatever these guys are, the females [moths] lay lots of eggs and all you need is a few of them to produce an outbreak, especially if, at the outset, their parasitoids are temporarily in short supply,” said Aiello. “An outbreak would not be surprising given that mangroves tend to be relatively isolated from other habitats. Mommy Nature will bring them back under control.”

A sample of caterpillars to reach Aiello’s lab at STRI headquarters in Panama City yielded a viable pupa, which could become an identifiable adult in a couple of months.



frecuencia. Estoy bastante segura de que sólo come hojas. Yo no he visto que coman los brotes apicales. Así pues, si el brote apical no está dañado, después de que las orugas se vayan, las hojas volverán a brotar”.

Hay más de 125 especies de *Automeris*. Identificar las plantas y animales por medio de fotos es un desafío. Para distinguir la diferencia entre especies, en ocasiones hay que contar el número de cabellos en una parte del cuerpo o algún otro detalle que no se ve en las fotos la gente nos envían.

Pedimos Annette Aiello, científica del Smithsonian en Panamá cuya especialidad son los lepidópteros - mariposas y polillas - que echara un vistazo a las fotos para ver si podía confirmar que es esta especie. Al ver la primera serie de fotos, Annette comentó: “Es una buena probabilidad que sea *A. io*, aunque serían útiles más fotografías, especialmente una de la cabeza. La que enviaste tiene varias marcas negras que me llevan a sospechar que este individuo ha sido parasitado por avispa”.

Las avispas parasitan las orugas al inyectar sus huevos en los cuerpos blandos de éstas, donde las crías de avispa se alimentan y eventualmente matan a sus anfitriones.

Enviamos Annette otra serie de fotos en primer plano de la cabeza y mejores imágenes del cuerpo.

“Con base en la fotografía de 3047, que muestra el patrón de puntos entre los segmentos del cuerpo, he cambiado mi diagnóstico a *Automeris jucunda* o a *A. tridens*”, comentó Aiello.

“Lo que sean estas orugas, las hembras [polillas] ponen muchos huevos y todo lo que se necesita son unas pocas para producir un brote como el que se describe, sobre todo, si en un principio, sus parasitoides escasean temporalmente. No sería de extrañar un brote teniendo en cuenta que los manglares tienden a estar relativamente aislados de otros hábitats. Mamá Naturaleza los volverá a poner bajo control”.

Mientras tanto, durante el tiempo que tratábamos de averiguar si alguien tenía un permiso de investigación para traer las orugas desde Bocas Del Toro a Panamá para que Annette pueda estudiarlas mejor, estas iniciaron su metamorfosis. Ahora son pupas cubiertas de una seda que parece telaraña y unidas al fondo de algunas hojas secas. Con el tiempo, se convertirán en mariposas con las distintivas manchas en forma de ojos en sus alas.

**STRI staff scientist Annette Aiello holds a butterfly specimen in her office at STRI headquarters in Panama City. (Photo by Jorge Alemán)**

La científica del Smithsonian Annette Aiello, sostiene un espécimen de mariposa en su oficina localizada en la sede del Smithsonian en la Ciudad de Panamá. (Foto por Jorge Alemán)



Scientists predict an increase in frequency of El Niño events due to greenhouse warming. Forty years of census data reveals that the population growth rate of this lizard, *Anolis apletophallus*, is related to the Southern Oscillation Index, SOI, an indicator of the development and intensity of El Niño.

Photo by Owen Petchey

Los científicos predicen un aumento de la frecuencia del fenómeno de El Niño debido al calentamiento de efecto invernadero. Cuarenta años de datos obtenidos de censos revelan que la tasa de crecimiento de la población de esta lagartija, *Anolis apletophallus*, está relacionada con el Índice de Oscilación Sur, (SOI por sus siglas en inglés), un indicador del desarrollo y la intensidad de El Niño. Imagen cortesía de Owen Petchey

## Long-term tropical lizard decline linked to El Niño

Natural ups and downs in the numbers of a tropical lizard species may be a result of global-scale El Niño events, according to a unique 40-year census conducted at the Smithsonian Tropical Research Institute in Panama.

The estimated population of lizards on Barro Colorado Island has declined dramatically. In the last decade, census takers recorded only about 35 percent the number of *Anolis apletophallus* lizards present during 1970-1980.

“Lizard populations fluctuate wildly from year to year,” said Jessica Stapley, who analyzed data taken between 1970 and 2010. “Only with a study stretching over decades is it possible to see such a dramatic decline,” continued the former STRI postdoctoral fellow who is now a research fellow at the University of Sheffield, U.K.

Stapley found that lizard population growth rate increased following cooler, wetter, La Niña years and decreased following warmer, drier, El Niño years. Several of the major crashes in lizard numbers followed severe El Niño events.

“That the frequency and severity of El Niño and other climate fluctuations seems to be increasing is worrisome,” Stapley said. Increases in the minimum nighttime temperature and in the severity of rainfall events also occurred on BCI during the study period.

“This is the kind of research that STRI is uniquely capable of supporting,” said Ira Rubinoff, a staff scientist and STRI emeritus director. “Without these kinds of data, much climate change inference is little more than speculation.”

## Vinculan al fenómeno de El Niño con el declive de una lagartija tropical

De acuerdo a un censo sin precedentes realizado a lo largo de 40 años en el Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales en Panamá, las fluctuaciones naturales en las cantidades de una especie de lagartija tropical pueden ser el resultado del fenómeno de El Niño.

El número estimado de lagartijas en Isla Barro Colorado ha disminuido drásticamente: En la última década, el censo registró alrededor del 35 por ciento del número de lagartijas de la especie *Anolis apletophallus* presentes durante los años 1970 a 1980.

“Las poblaciones de lagartijas fluctúan enormemente de un año a otro”, comentó Jessica Stapley, quien analizó los datos recopilados entre 1970 y el 2010. “Gracias a una investigación de varias décadas de duración, ha sido posible observar un declive tan drástico”, continuó la ex becaria de posdoctorado en el Smithsonian, ahora investigadora de la Universidad de Sheffield en el Reino Unido.

Stapley descubrió que la tasa de crecimiento de la población de lagartijas aumentó luego de años con el fenómeno de La Niña, los cuales eran más fríos y húmedos, y disminuyó en los siguientes años más cálidos y secos con el fenómeno de El Niño. Varios de los colapsos más destacados en los números de lagartijas se dieron durante años intensos de El Niño.

“Es preocupante el hecho de que la frecuencia y la severidad de El Niño y otras fluctuaciones climáticas parezcan ir en aumento”, comentó Stapley. El aumento de la temperatura mínima durante la noche y las intensas lluvias también sucedieron



For many years, Rubinoff has used *Anolis* data from Barro Colorado Island as an example of the need for long-term studies that make it possible to see big-picture trends beyond a given year or season.

“These kinds of data put natural fluctuations in a population’s abundance in context, moderating the inevitable call for drastic interventions when one species or another was discovered to have materially increased or decreased,” Rubinoff said. “We would be well served by more studies such as this.”

Former staff scientist A. Stanley Rand began the census. Robin Andrews, now a professor at Virginia Tech, expanded the census during the 1980s to include other sites as part of her doctoral thesis. Milton García, a STRI research manager, continued to follow her methods in succeeding years.

The Smithsonian’s history of 100 years of science in Panama continues to make it possible to answer questions about how intricate tropical ecosystems respond to environmental change.

durante el período de estudio en Isla Barro Colorado.

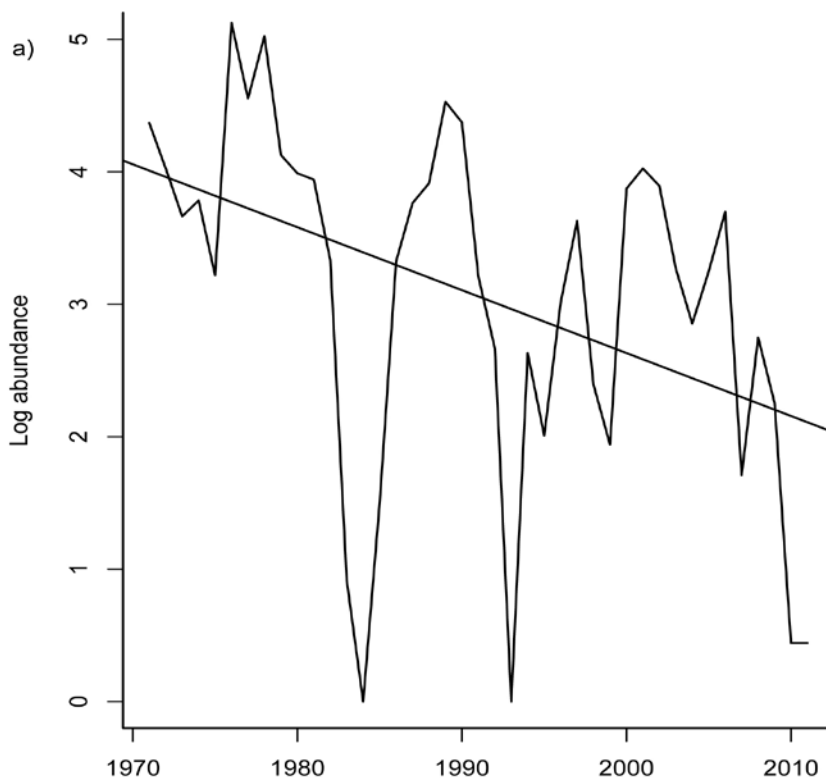
“Este es el tipo de investigación que el Smithsonian es capaz de apoyar de manera única”, comentó el científico de la Institución y director emérito Ira Rubinoff. “Sin este tipo de datos, muchas de las inferencias sobre el cambio climático serían poco más que especulaciones.”

Durante muchos años, Rubinoff ha utilizado los datos sobre los *Anolis* de Isla Barro Colorado como un ejemplo de la necesidad de estudios a largo plazo que permitan observar lo que está sucediendo en el panorama general, no sólo durante un año o una temporada determinada.

“Este tipo de datos coloca en un contexto a las fluctuaciones naturales en la abundancia de una población, moderando la inevitable necesidad de intervenciones drásticas cuando se ha descubierto que una especie u otra ha aumentado o disminuido materialmente” comentó Rubinoff, “Nos beneficiaríamos mucho de más estudios como este.”

El científico del Smithsonian A. Stanley Rand inició el censo. Robin Andrews, ahora profesora en la Universidad Virginia Tech, amplió el censo durante la década de 1980 para incluir otros sitios como parte de su investigación de tesis de doctorado. Milton García, administrador de investigación en el Smithsonian en Panamá, continuó en los años siguientes utilizando los métodos de Andrews.

La historia de 100 años de ciencia del Smithsonian en Panamá sigue haciendo lo posible para responder a las interrogantes acerca de cómo los intrincados ecosistemas forestales y arrecifes tropicales responden a los cambios ambientales.





# RESEARCH HIGHLIGHTS

## INVESTIGACION DESTACADA

### Sleeping may be safer than being awake

Bryson Voirin  
Sleep

Do wild sloths sleep less than captive sloths because they are on the lookout for predators? Bryson Voirin, who recently finished his Ph.D. at the Max Planck Institute, compared pygmy sloths on a predator-free island with three-toed sloths on the mainland. All sloths slept about 9.5 hours but mainland sloths slept more during the night, perhaps to avoid predators. Island sloths exhibited sleep patterns similar to human drug addicts, which Voirin speculates may result from chemicals in their diet of mangrove leaves.

### Dormir puede ser más seguro que estar despierto

Bryson Voirin  
Sleep

¿Los perezosos salvajes duermen menos que los perezosos en cautiverio por estar alerta a los depredadores? Bryson Voirin quien recientemente terminó su doctorado en el Instituto Max Planck, comparó a los perezosos pigmeos que habitan en una isla libre de depredadores con perezosos de tres dedos que habitan en tierra firme. Todos los perezosos dormían alrededor de 9.5 horas, pero los perezosos de tierra firme dormían más durante la noche, tal vez para evitar a los depredadores. Los perezosos en la isla exhiben patrones de sueño similares a los de los drogadictos humanos, lo que Voirin especula pueda resultar de los químicos en las hojas de mangle que son parte de su dieta.

### No glass slipper for Cinderella bees

Karen Kapheim et al.  
Proc. R. Soc. B

Some female sweat bees help the queen mother raise siblings in a scaled-down version of the complex societies epitomized by honeybees and termites. Researchers expected that female bees that forego starting their own nests must be compensated. But this is not the case. "Her expected reproductive success is lower than her nest-founding sisters," said STRI staff scientist Bill Wcislo, a co-author of the study. "So a small daughter may be making the best of a bad situation by helping, suggesting her mother forces her to help."

### Las abejas Cenicienta se quedan sin zapatilla de cristal

Karen Kapheim et al.  
Proc. R. Soc. B

Algunas abejas del sudor hembras ayudan a la reina madre criar a sus hermanas en una versión simple de las complejas sociedades personificadas por las abejas y las termitas. Los investigadores esperaban que las abejas hembras sean compensadas por prescindir de formar sus propias colmenas. Pero este no es el caso. "su éxito reproductivo esperado es menor que el de sus hermanas que han fundado colmenas," comentó el científico del Smithsonian Bill Wcislo y co-autor del estudio. "Una pequeña hembra podría estar sacando provecho de una mala situación al ayudar, lo que sugiere que es forzada por su madre".

### Island birds change behavior

Janeene Touchton, Martin Wikelski  
Journal of Animal Ecology

Spotted antbirds on Barro Colorado Island once ate army ants only within their territories, subordinated by much larger ocellated antbirds. But since the bigger birds disappeared from the island, some spotted antbirds on BCI have begun to roam. Roaming individuals fledge twice as many offspring as their territorial counterparts, raising questions about how evolution and speciation proceed when competition for resources is no longer a factor.

### Aves que viven en isla cambian su comportamiento

Janeene Touchton, Martin Wikelski  
Journal of Animal Ecology

Los hormigueros moteados en Isla Barro Colorado (BCI por sus siglas en inglés) solamente se alimentaban de las hormigas guerreras dentro de sus territorios, controlado por los hormigueros ocellados. Pero desde que estas aves más grandes desaparecieron de la isla, algunos hormigueros moteados en BCI han empezado a merodear. Los individuos crían el doble de la cantidad de crías de sus homólogos territoriales, lo que plantea interrogantes de cómo la evolución y la especiación continúan cuando la competencia por los recursos ya no es un factor.

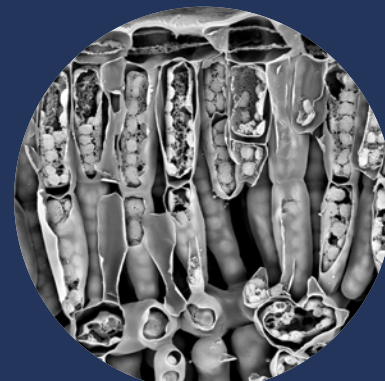
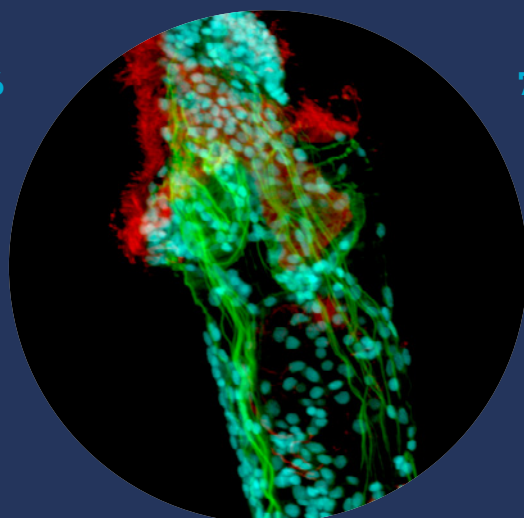
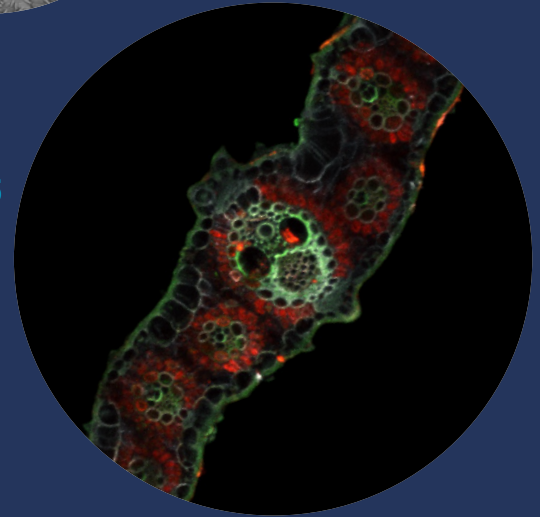
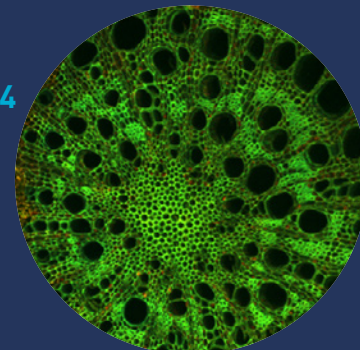
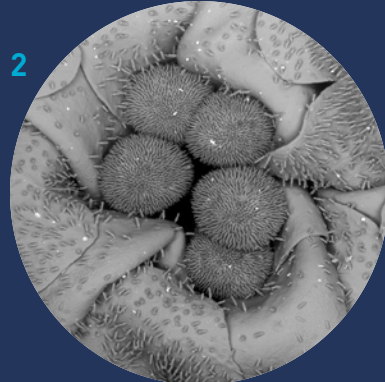
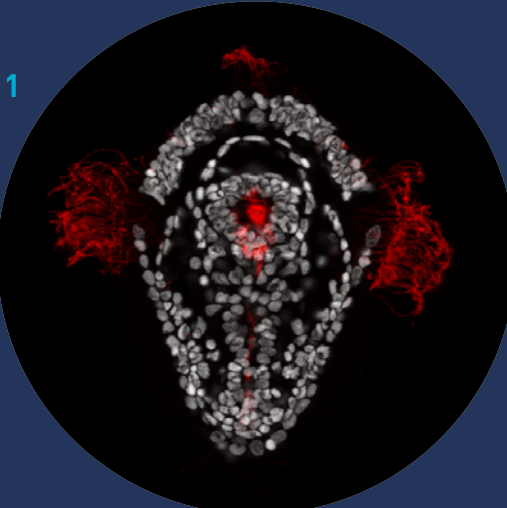


**MOSAICO**  
MOSAIC

**JORGE CEBALLOS**

Seeing the world from a different perspective, STRI's Jorge Ceballos offers electron (SEM and STEM) and confocal microscopy services at the Earl S. Tupper Research and Conference Center in Panama.

Observando el mundo desde una perspectiva diferente: Jorge Ceballos del Smithsonian en Panamá ofrece los servicios de microscopía de electrones (SEM y STEM) y de microscopía confocal en el Centro de Conferencias e Investigación Earl S. Tupper en Panamá.



1. Trochophore larva of the sipunculid marine worm, *Phascolosoma perlucens*.  
Larva trocófora del gusano marino sipuncula, *Phascolosoma perlucens*.
2. Flower bud of *Hibiscus rosa-sinensis*, revealing the stamens and glandular hairs on the petals.  
Botón floral de *Hibiscus rosa-sinensis*.
3. Pollen grains from *Pilocarpus racemosus Vahl*, a species belonging to the Rutaceae family.  
Granos de polen de *Pilocarpus racemosus Vahl*, una especie de la familia Rutaceae.
4. Transverse sections from freshly-cut coarse root *Tabebuia rosea*.  
Secciones transversales de raíz gruesa de *Tabebuia rosea*.
5. Cross section of a leaf from a plant with type C4 photosynthesis.  
Corte transversal de la hoja de una planta con modelo fotosintético tipo C4.
6. Pelagospheera larva of the sipunculid marine worm, *Phascolosoma perlucens*. The larva represents 4 days of development.  
Pelagospheera larva of the sipunculid marine worm, *Phascolosoma perlucens*. The larva represents 4 days of development.
7. Image of *Ochroma pyramidale* leaf cross section after freeze fracturing.  
Corte transversal de una hoja de *Ochroma pyramidale* después de criofractura.

# HOW OLD IS THE ISTHMUS OF PANAMA?

## ¿QUE TAN ANTIGUO ES EL ISTMO DE PANAMÁ?

The closure of the Isthmus of Panama divided an ocean and joined two continents. But when did this Earth-changing event happen? STRI staff scientist emeritus Anthony Coates and have long argued that closure happened about 3.5 million years ago. More recently, Camilo Montes of the Universidad de los Andes (and STRI's Carlos Jaramillo) suggested an intermittent land bridge first appeared as early as 15 million years ago. Coates and Montes lay out their arguments in this month's guest columns.

El cierre del Istmo de Panamá dividió un océano y unió a dos continentes. ¿Pero cuándo ocurrió este evento que cambió a la Tierra? El científico emérito del Smithsonian Anthony Coates y sus colegas quienes participan en el Proyecto de Paleontología de Panamá han sostenido durante mucho tiempo que el cierre ocurrió hace unos 3.5 millones de años. Más recientemente, Camilo Montes de la Universidad de los Andes con Carlos Jaramillo del Smithsonian como co-autor, sugirieron que inicialmente apareció un puente de tierra intermitente hace 15 millones de años. Coates y Montes presentan sus argumentos en las columnas de los autores invitados de este mes.

# Anthony Coates

STRI scientist emeritus

## 3-4 Million Years



*photo by Sean Mattson*

Over the last 30 years a large body of multidisciplinary research has converged on an Isthmus of Panama that closed between three and four million years ago (3-4 Ma). The key arguments use marine sediments and fossil sequences, terrestrial vertebrates, molecular biology, and the proxies for salinity, temperature, upwelling and productivity.

In discussing the closure it is important to define whether the subject is the geological collision of different rock types and tectonic blocks characteristic of South or Central America, or whether it is the paleogeography of the land and sea. It is the latter that defines closure.

The precise timing of the rise and closure is of great biological importance because Panama is the only place where the creation of a regional barrier to gene flow can be dated. This allows scientists to calculate the rate of evolution in various taxa through the study of accumulated genetic mutations. Biologists and paleontologists can also observe how the environmental changes caused by the isthmus influenced the evolution and ecology of marine species.

Proxies are observable features of living species that respond to, for example, temperature or productivity, which can be observed in related fossil species. For example, the uptake ratio of oxygen isotopes 14 and 16 in the building of the shells of foraminifera changes predictably with temperature. This can be used to establish ocean water temperature in the past, which, in this case, is a key indicator of timing of the division of the Caribbean and Pacific. Strong evidence exists for con-

En los últimos 30 años un gran cuerpo de investigación multidisciplinaria ha convergido en el Istmo de Panamá, el cual se cerró hace tres o cuatro millones de años (3-4 Ma). Los argumentos clave utilizan los sedimentos marinos y secuencias fósiles, los vertebrados terrestres, la biología molecular, y los indicadores de la salinidad, la temperatura, el afloramiento y la productividad.

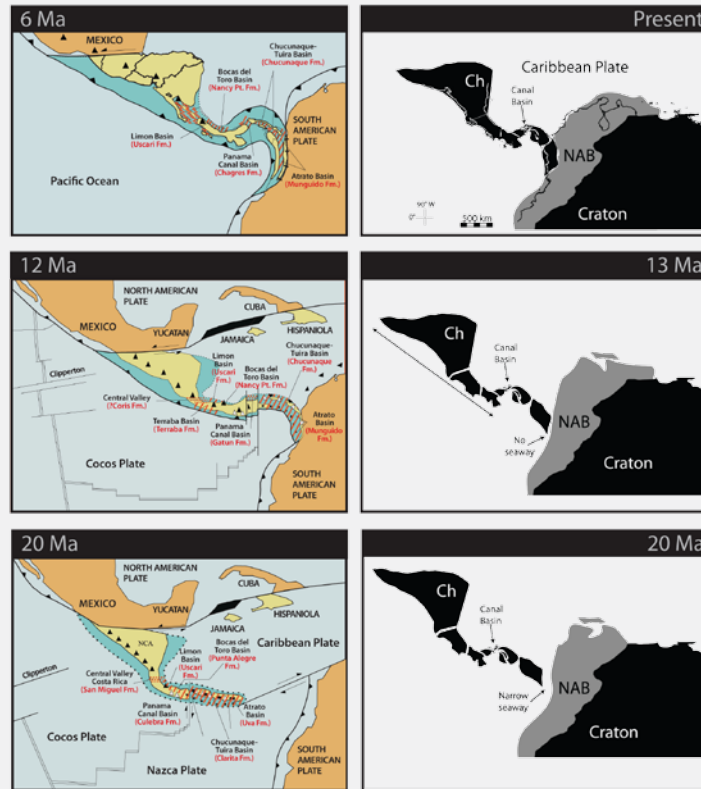
Al abordar el tema del cierre oceánico es importante definir si el tema es la colisión geológica de diferentes tipos de rocas y bloques tectónicos característicos de Sur o Centroamérica, o si se trata de la paleogeografía de la tierra y el mar. Esta última es la que define el cierre oceánico.

El momento exacto del surgimiento y el cierre oceánico es de gran importancia biológica porque Panamá es el único lugar donde puede ser fechada la creación de una barrera regional para el flujo de genes. Esto permite a los científicos calcular la tasa de evolución en varios taxones a través del estudio de las mutaciones genéticas acumuladas. Los biólogos y paleontólogos también pueden observar cómo los cambios ambientales causados por el cierre oceánico influyeron en la evolución y la ecología de las especies marinas.

Las dimensiones son características observables de las especies vivas que responden, por ejemplo, a la temperatura o la productividad, que puede ser observado en las especies fósiles relacionadas. Por ejemplo, la relación de absorción de isótopos de oxígeno 14 y 16 en el desarrollo de las conchas de los foraminíferos cambia con la temperatura de manera predecible. Esto

# STANDARD MODEL

Figure 2



# NEW MODEL

tinued marine connections across the isthmus until about 3-4 Ma with near-identical marine environmental conditions on either side of the isthmus.

The latest diverging marine species began to follow separate evolutionary paths at this time. Contrasts occurred in upwelling and surface salinity and carbonate accumulation became dominant in the Caribbean from 4.7 to 4.2 Ma. When Caribbean upwelling, comparable to that currently occurring in the Eastern Pacific, ceased about 3-4 Ma, primary productivity dropped dramatically, causing extinctions of corals, mollusks and bryozoa in the Caribbean. Molecular phylogenies of a wide range of marine and fresh water taxa show rapid speciation and migration commensurate with closure at 3-4 Ma. During this period 19 terrestrial families of southern mammals and 17 families of northern animals crossed the land bridge.

The paleobiogeography of the Isthmus of Panama has a remarkable parallel in the biogeography of the regions known as Sunda (SE Asia) and Sahul (Australia and New Guinea). The eastern limit of Sunda is the Wallace line, which defines the eastern extent of most placental terrestrial mammals, many birds and other groups whereas Sahul is the province of marsupials. This provides a modern analogue for how Central America was structured from 15-3 Ma and also explains the geological, oceanographic and biogeographic patterns.

puede ser usado para establecer la temperatura del agua del océano en el pasado, lo que, en este caso, es un indicador clave de la sincronización de la división del Caribe y del Pacífico. Existe una fuerte evidencia de continuas conexiones marinas a lo largo del Istmo hasta aproximadamente 3 a 4 Ma con condiciones ambientales marinas casi idénticas a ambos lados de éste.

En ese momento, las últimas especies marinas divergentes iniciaron caminos evolutivos separados. Los contrastes ocurrieron durante el afloramiento y la salinidad superficial y la acumulación de carbonato se volvió dominante en el Caribe de 4.7 a 4.2 Ma. Hace 3 a 4 Ma cuando cesa el afloramiento en el Caribe, comparable al que se produce actualmente en el Pacífico Oriental, la productividad primaria se redujo drásticamente, provocando extinciones de corales, moluscos y briozoos en el Caribe. Las filogenias moleculares de una amplia gama de taxones marinos y de agua dulce muestran una especiación rápida y una migración acorde con el cierre oceánico hace 3 a 4 Ma. Durante este período 19 familias de mamíferos terrestres del sur y 17 familias de animales del norte cruzaron el puente terrestre.

La paleobiogeografía del Istmo de Panamá tiene un notable paralelo en la biogeografía de las regiones conocidas como Sunda (SE de Asia) y Sahul (Australia y Nueva Guinea). El límite oriental de Sunda es la línea de Wallace, que define la extensión oriental de la mayoría de los mamíferos placentarios terrestres, muchas aves y otros grupos, mientras que, Sahul es la provincia de los marsupiales. Esto proporciona una analogía moderna de cómo América Central se estructuró de 15 a 3 Ma y también explica los patrones geológicos, oceanográficos y biogeográficos.

# Camilo Montes

Professor Universidad de los Andes

## 13-15 Million Years



*Photo by Christian Ziegler*

Closure of the Central American Seaway seems to be one of those pesky, intractable problems that is better understood if studied through proxies in distal, deep-marine sediment archives of changing ocean currents, atmospheric patterns, or fossils of organisms in lands as distant as Patagonia.

This perception is probably well founded due to the fragmentary nature of the geological record, particularly in land environments. We therefore can never hope to find the complete sedimentary record of closure in the sequences around the suture where two geologic terranes came together. However, there is hope.

To discuss the closure of the Isthmus of Panama we first need to define three categories of closure.

- 1) Tectonic closure, where geologic terranes come in contact along a major fault. One example of this could be Taiwan, where an intervening ocean basin vanished, but not the ocean, as Taiwan is still an island, though it is docked to mainland China.
- 2) Geographic closure, where following tectonic closure, a continuous land bridge would be established, even if it is by a drop in sea level. This would be the case again of Taiwan if sea level dropped by about 50 meters.
- 3) Habitat closure, where once a land bridge is established, habitats may represent either a corridor or an obstacle to mi-

El cierre del canal interoceánico Centroamericano podría considerarse como uno de esos problemas molestos, intratables que se entienden mejor si se estudian a través de indicadores en lejanos, archivos de sedimentos marinos profundos de las corrientes cambiantes del océano, los patrones atmosféricos, o los fósiles de organismos en tierras tan distantes como la Patagonia.

Probablemente esta percepción está bien fundada debido a la naturaleza fragmentaria del registro geológico, sobre todo en los ambientes terrestres. Por lo tanto, no podemos esperar encontrar el registro sedimentario completo del cierre oceánico en las secuencias alrededor de la sutura en donde dos terrenos geológicos se unieron. Sin embargo, si hay esperanza.

Para hablar sobre el cierre oceánico del istmo de Panamá, primero tenemos que definir tres categorías.

- 1) El cierre tectónico, donde terrenos geológicos se unen a lo largo de una falla mayor. Un ejemplo de esto podría ser Taiwán, donde la cuenca oceánica desapareció, pero no el océano, como resultado Taiwán sigue siendo una isla, a pesar de que está acoplada a China continental.
- 2) El cierre Geográfico, donde tras el cierre tectónico, se establece un puente terrestre continuo, aunque sea por una caída en el nivel del mar. Este sería nuevamente el caso de Taiwán si el nivel del mar se redujera cerca de 50 metros.



grations. This last one would be highly dependent on global and local climatic conditions. In the case of the isthmus, we could argue that even if a land bridge had been established at, say, 15 million years, a tropical jungle would inhibit the migration of certain individuals, but not all.

Molecular biologists have been collecting data of organisms that dispersed northwards, including frogs and salamanders that are salt intolerant, which would make oceanic dispersal quite hazardous. These organisms seem to have crossed the isthmus long before the traditional date of around three million years. So, a land bridge seems needed, even if it is transient.

This is where the new approach brings some oxygen to this debate. Detrital zircon geochronology relies in the incredible endurance of zircon to weathering and erosion, and even subduction. These tiny grains simply follow the sedimentary cycle like any other particle; they go where all the other grains go. They need not be pre-adapted to the surrounding environment.

And then, there is luck: the zircon populations in the Panama block and the northern Andes are mutually exclusive, which means that there are certain populations that can only be found in Panama, but not in the northern Andes. Preliminary data suggests that those zircon grains may be found on the other side of the suture well before the traditional 3 Ma date. This tool will likely provide one extra piercing point to better constrain seaway closure using local data.

3) El cierre del Hábitat, donde una vez que se establece un puente terrestre, el hábitat puede representar ya sea un corredor o un obstáculo para las migraciones. Este último sería altamente dependiente de las condiciones climáticas globales y locales. En el caso del Istmo, podríamos argumentar que incluso si un puente terrestre se estableció, por ejemplo, hace 15 millones de años, una selva tropical podría inhibir la migración de ciertos individuos, pero no de todos.

Los biólogos moleculares han estado recopilando datos de los organismos que se dispersaron hacia el norte, incluyendo ranas y salamandras que son intolerantes a la sal, lo que haría la dispersión oceánica bastante peligrosa para ellos. Estos organismos parecen haber cruzado el Istmo mucho antes de la fecha tradicional de alrededor de tres millones de años. Por lo tanto, parece necesario un puente terrestre, incluso si es transitorio.

Aquí es donde el nuevo enfoque trae un poco de oxígeno a este debate. La geocronología de detriticos de circones se basa en la increíble resistencia de circón al desgaste y la erosión, e incluso a la subducción. Estos diminutos granos simplemente siguen el ciclo sedimentario como cualquier otra partícula; van donde todos los otros granos van. No necesitan ser pre-adaptados al ambiente circundante.

Y también, está la suerte: las poblaciones de circón en el bloque de Panamá y en los Andes del norte son excluyentes entre sí, lo que significa que hay ciertas poblaciones que se encuentran en Panamá, pero no en los Andes del norte. Los datos preliminares sugieren que los granos de circón se pueden encontrar en el otro lado de la sutura mucho antes de la fecha tradicional de 3 Ma. Esta herramienta probablemente proporcionará un punto de amarre adicional para limitar mejor cierre de la vía marítima a partir de datos locales.





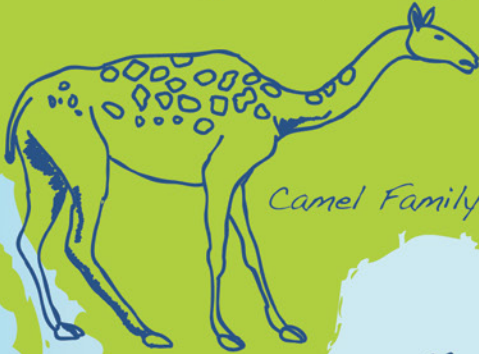
Pig Family



Bear Family



Elephant Family



Camel Family



Horse Family



Dog Family



Cat Family



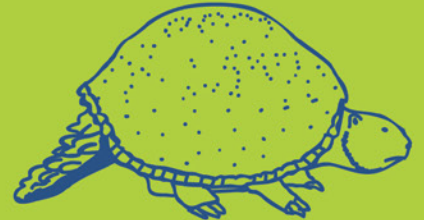
Porcupine Family



Anteater Family



Possum family



Armadillo family



Sloth family

# THE GREAT AMERICAN BIOTIC INTERCHANGE (GABI)



## STRI REWIND

REBOBINA



Jackson, Jeremy B. C.; Jung, Peter; Coates, Anthony G.; Collins, Laurel S.. 1993. Diversity and extinction of tropical American mollusks and emergence of the Isthmus of Panama. *Science*, 260(5114): 1624-1626.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17810203>

Collins, L.S. & A.G. Coates, eds. 1999. A Paleobiotic Survey of Caribbean Faunas from the Neogene of the Isthmus of Panama. *Bulletins of American Paleontology*, no. 357, 351pp.

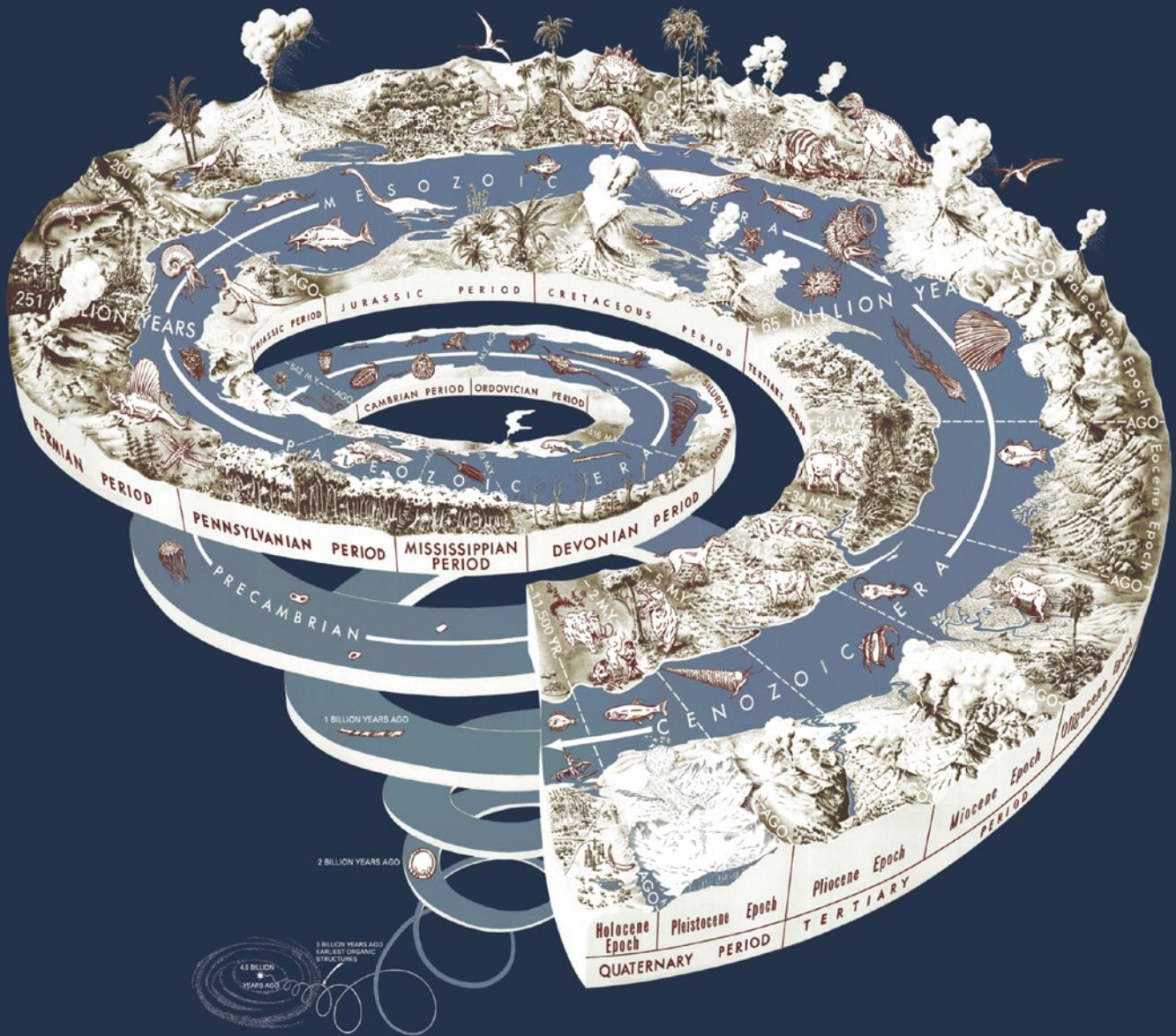
<http://www2.fiu.edu/~collinsl/pp-pimagemapnew.htm>

### STORIES IN STONE

In 1986, Jeremy Jackson and Anthony Coates launched STRI's first big, multidisciplinary project to study the nature, timing and scale of geological and evolutionary events associated with closure of the land bridge between North and South America: the Panama Paleontology Project. The now-emeritus staff scientists and colleagues took more than 500,000 specimens and based conclusions on layers of rock from sites across Panama and the micro-and macrofossils they contain. To determine the age of samples they integrated data on planktonic foraminifera, nannofossils, paleomagnetism and strontium isotopes. More than 30 experts from around the world contributed by identifying fossil fish, corals, bryozoans, benthic foraminifera, ostracodes, and putting them in their geographic and evolutionary context. To date the PPP has produced almost 200 scientific publications. "The whole of this project was so much greater than the sum of its parts," recalled Coates.

### HISTORIAS EN LAS ROCAS

En 1986, Jeremy Jackson y Anthony Coates lanzaron el primer gran proyecto multidisciplinario del Smithsonian, para estudiar la naturaleza, el momento y la magnitud de los acontecimientos geológicos y evolutivos relacionados con el cierre del puente terrestre entre Norte y Sur América: el Proyecto de Paleontología de Panamá (PPP). Estos dos científicos y sus colegas colectaron más de 500,000 especímenes y basaron sus conclusiones en sus observaciones de las capas de roca de sitios a lo largo de Panamá y los micro y macrofósiles que contienen. Para determinar la edad de las muestras, integraron datos sobre los foraminíferos planctónicos, los nano-fósiles, el paleomagnetismo e isótopos de estroncio. Más de 30 expertos de todo el mundo contribuyeron mediante la identificación de peces fósiles, corales, briozoos, foraminíferos bentónicos, ostrácodos, y en ubicarlos en su contexto geográfico y evolutivo. Hasta la fecha el PPP ha producido casi 200 publicaciones científicas. "La totalidad de este proyecto era mucho más grande que la suma de sus partes", recordó Coates.



GRAPHICAL REPRESENTATION  
OF EARTH'S HISTORY AS A SPIRAL

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA HISTORIA  
DE LA TIERRA COMO UN ESPIRAL

United States Geological Survey - Graham, Joseph, Newman, William, and Stacy, John, 2008, The geologic time spiral—A path to the past (ver. 1.1): U.S. Geological Survey General Information Product 58, poster, 1 sheet. Available online at <http://pubs.usgs.gov/gip/2008/58/>



Smithsonian Tropical Research Institute

[www.stri.si.edu](http://www.stri.si.edu)