

# TRÓPICOS

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

CHEMICAL ECOLOGY



Smithsonian Tropical Research Institute

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



# A COMMON TONGUE

## UN LENGUAJE EN COMÚN

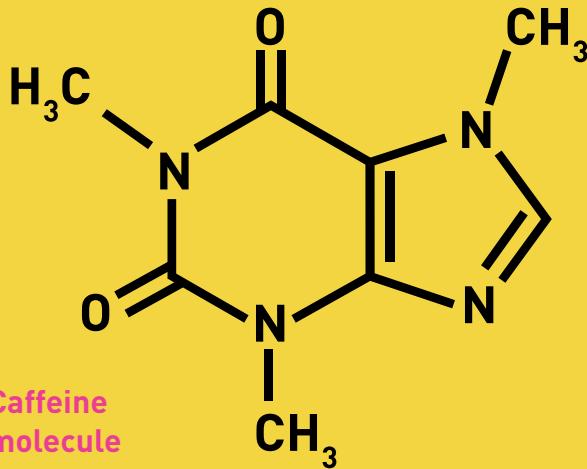
Perfumes, poisons, flavors, fats: plants make them all—not to mention caffeine, nicotine, alcohol and chocolate. The best human chemists don't come close. If we still haven't discovered most of the species on earth, we're even further from discovering all of the chemistries they contain.

Because we rely on our eyes and ears to communicate, we often overlook the common tongue—the carbon-based language spoken fluently by plants, bacteria, fungi, insects and marine organisms, who go way back in evolutionary history together.

As the “primary producers” plants collect sunlight, water and carbon dioxide to create carbon chains—trapping solar energy in sugar molecules. Oxygen is the byproduct. Then they play with these Tinkertoy pieces, sticking them together to create compounds from toxins to wood.

Plants compounds feed the world. They signal bounty and danger. Hydrocarbons from long-dead plants fuel human economies.

In this issue of Trópicos dedicated to chemical ecology, we interviewed a group of students and young researchers. Their questions build upon two generations of fieldwork and conversations between STRI staff and visiting scientists who've climbed to the tops of trees and dived to the oceans' depths to understand the cauldron of competing chemical forces at the heart of tropical diversity.



Perfumes, venenos, sabores, grasas: las plantas los crean todos, sin mencionar la cafeína, la nicotina, el alcohol y el chocolate. Ni los mejores especialistas en la química se acercan. Si todavía no hemos descubierto la mayor parte de las especies de la Tierra, estamos aún más lejos de descubrir todos los químicos que contienen.

Porque confiamos en nuestros ojos y oídos para comunicarnos, a menudo pasamos por alto el lenguaje en común—la lengua común basada en el carbono, hablada con soltura por las plantas, las bacterias, los hongos, los insectos y organismos marinos, que van mucho más atrás en la historia evolutiva.

Como “productores primarios” las plantas recogen la luz solar, el agua y el dióxido de carbono para crear cadenas de carbono—atrapando la energía solar en moléculas de azúcar. El oxígeno es el subproducto. Luego juegan con estas piezas de construcción, uniéndolas para crear compuestos desde toxinas hasta madera.

Los compuestos hechos por las plantas alimentan al mundo. Señalan la abundancia y el peligro. Los hidrocarburos de plantas que murieron hace mucho tiempo alimentan las economías humanas.

En esta edición de Trópicos dedicada a la ecología química, entrevistamos a un grupo de estudiantes y jóvenes investigadores. Sus interrogantes se basan en dos generaciones de trabajo de campo y en las conversaciones entre el personal del Smithsonian y científicos visitantes que han subido a la copa de los árboles y han buceado en las profundidades de los océanos para comprender el caldero de fuerzas químicas que dan luz a la diversidad tropical.

**Cover:** Shipibo women in Peru embroider designs such as this panel from a skirt to represent the curative songs they sing after drinking a tea made from *Psychotria* and other medicinal plants.

**Portada:** las mujeres Shipibo en Perú bordan diseños como este panel de una falda para representar las canciones curativas que cantan después de beber un té hecho de *Psychotria* y otras plantas medicinales.





Smithsonian Tropical Research Institute



# CONTENT CONTENIDO



This leaf beetle belonging to the Chrysomelidae family was one of thousands collected on Barro Colorado Island by Tupper Fellow, Brian Sedio.  
Este escarabajo de la familia Chrysomelidae fue uno de los miles recogidos en la Isla Barro Colorado por Tupper Fellow, Brian Sedio.

# TRÓPICOS

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

## 3 FEATURE / ARTÍCULO PRINCIPAL

Chemical Ecology / Ecología Química

### ARTICLES / ARTÍCULOS

5 Plant alchemy / Alquimia Planta

8 Fig wasp navigation / Navegación de avispas

11 The queen's pheromones / Feromonas de la reina

14 Scents of war and peace / Los aromas de la guerra y la paz

17 Stressed-out pests / Plagas estresadas

20 The first photosynthesizers / Los primeros fotosintetizadores

## 24 VIDEO

Plant alchemy - Brian Sedio

Alquimia de plantas - Brian Sedio

## 25 UPWELLING / AFLORAMIENTO

Recent STRI research highlights /

Investigaciones recientes de STRI

## 36 MOSAIC / MOSAICO

*Psychotria* / *Psychotria*

## 37 GUEST COLUMN / COLUMNISTA

Luis Cubilla on Panama's chemical diversity /

Luis Cubilla y la diversidad química de Panamá

## 39 STRI REWIND / STRI REBOBINA

Searching for pharmaceuticals /

En búsqueda de productos farmacéuticos



# TEAM EQUIPO

strinews@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

Medios y comunicación

**Translations / Traducción**

### Ana Endara

STRI Videographer

Videógrafa

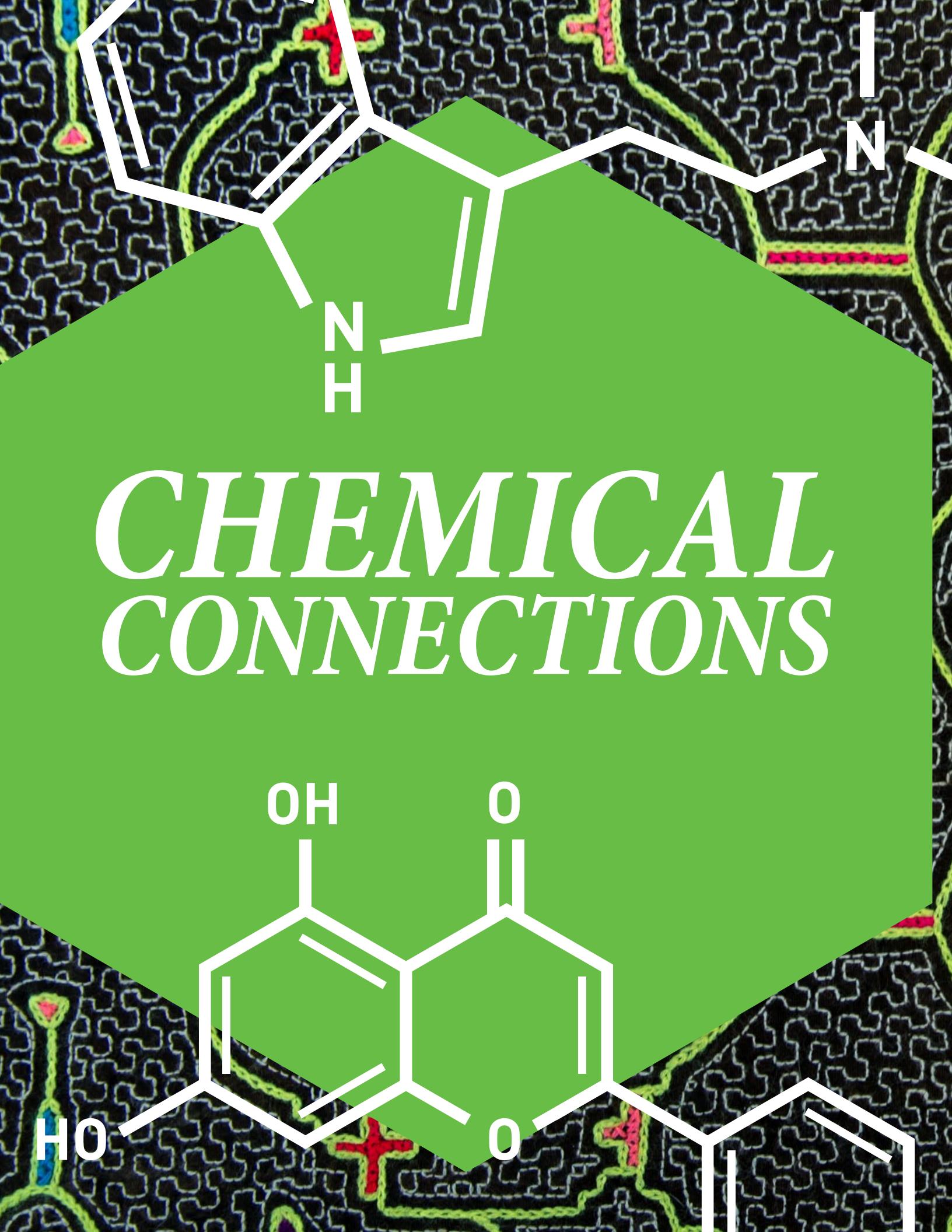
**Documentary Videos / Documentales**

### Geetha Iyer

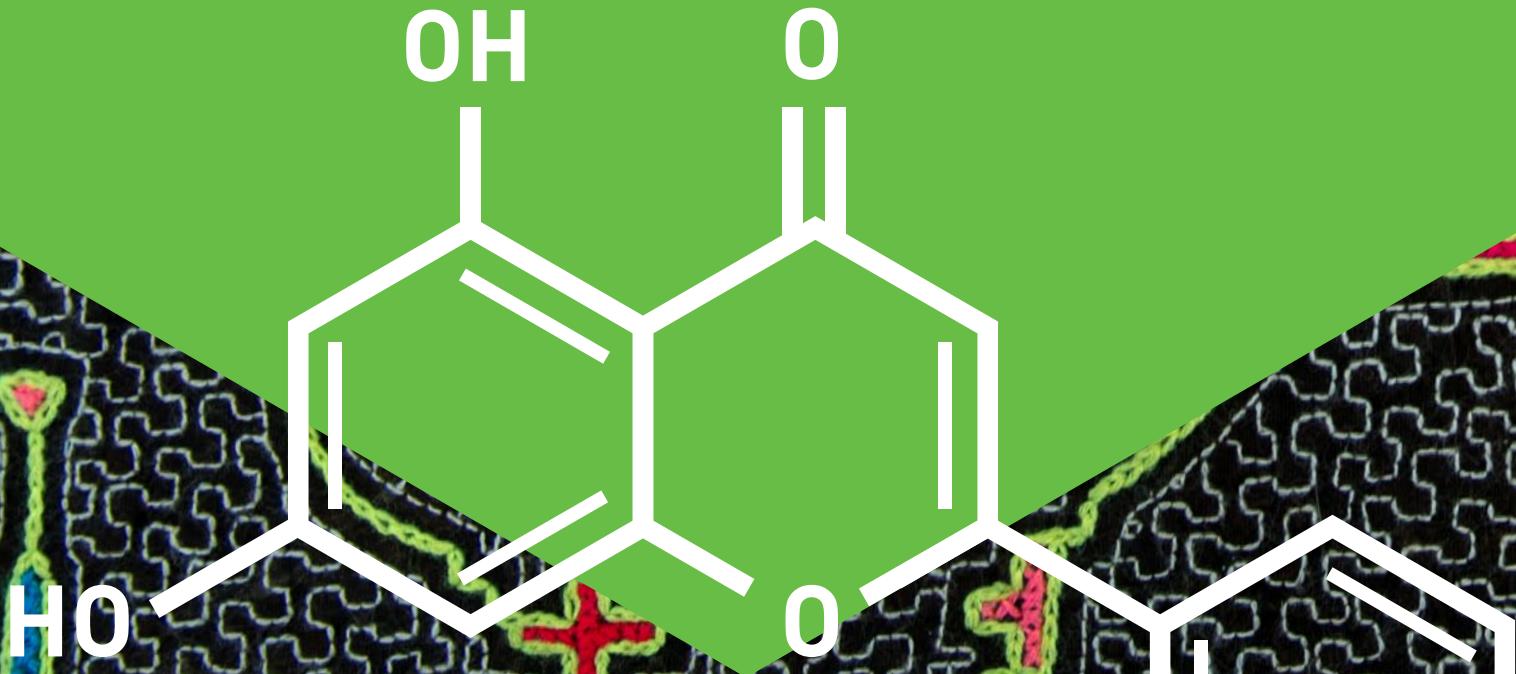
Volunteer

Voluntaria

**Writer, Editor / Textos, Edición**

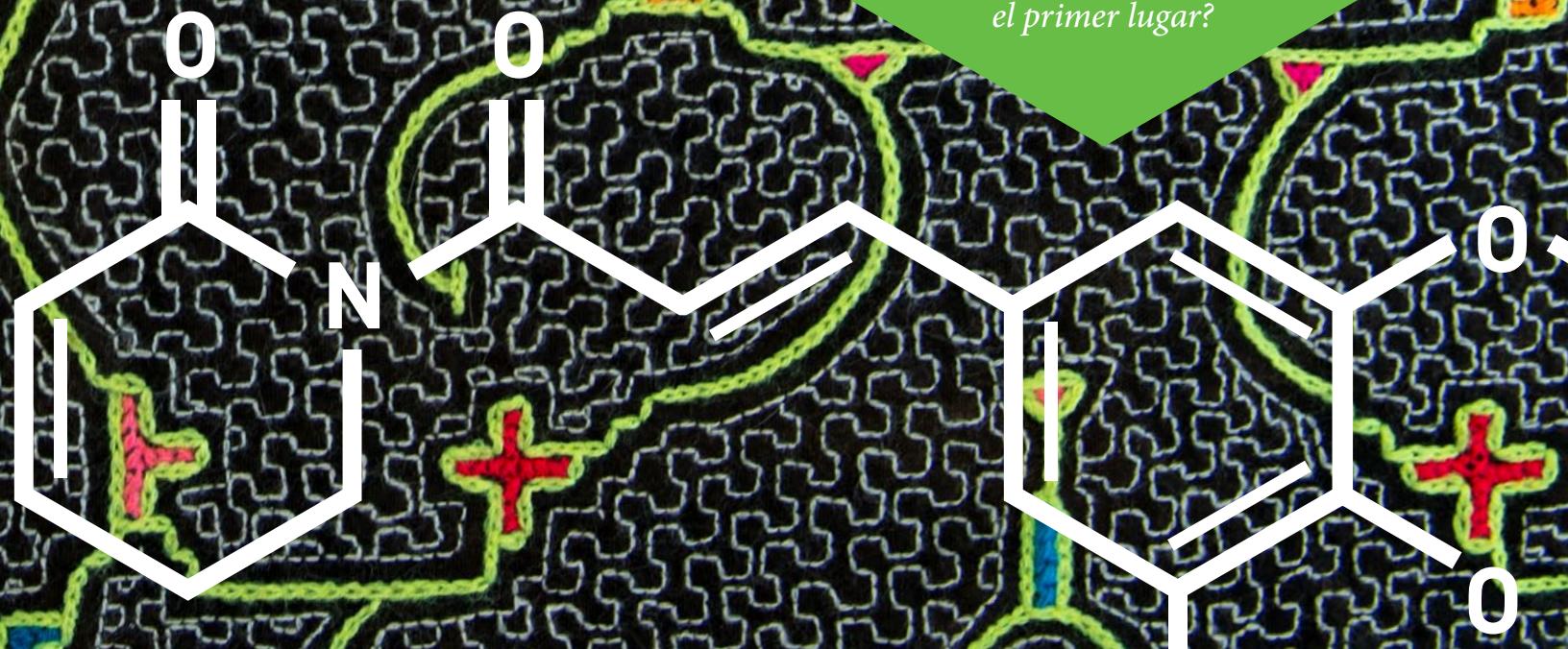


# CHEMICAL CONNECTIONS



*By creating chemical defenses, plants stay one step ahead of predators, leading to new plant species and high diversity in tropical forests. Fig wasps follow chemical trails to locate the exact tree species they pollinate. Ants and bees employ chemical concoctions to communicate and to fight. How did they become expert chemists in the first place?*

Mediante la creación de defensas químicas, las plantas se mantienen un paso adelante de los depredadores, lo que lleva a nuevas especies de plantas y la gran diversidad de los bosques tropicales. Avispas polinizadoras de higurones siguen rastros químicos para localizar la especie exacta entre los árboles. Las hormigas y las abejas emplean mezclas químicas para comunicarse y para pelear. ¿Cómo se hacen los químicos expertos en el primer lugar?





# DO PLANT ALCHEMISTS BREW TROPICAL DIVERSITY?

¿SON LAS PLANTAS LOS ALQUIMISTAS DE LA DIVERSIDAD TROPICAL?

Tupper Fellow Brian Sedio and colleagues collected 10,000 insects from Barro Colorado Island. One method involved shaking trees and catching the bugs that fell onto the white “beat sheet” Sedio holds in this picture.

El becario Tupper Brian Sedio y sus colegas colectaron 10,000 insectos en la Isla Barro Colorado. Uno de sus métodos es sacudir los árboles y capturar los insectos que caían sobre la tela que Sedio sostiene en esta imagen.

As its name suggests, the tropical plant genus *Psychotria* is laced with mind-bending chemicals. Tens of thousands of chemicals are produced in the leaves, wood and fruit of some 2,000 *Psychotria* species. Caffeine is certainly the best known. There is also dimethyltryptamine, DMT, the active ingredient in the psychedelic ayahuasca brew used by Amazonian indigenous peoples. Most of the rest have never been described or tested for their pharmaceutical potential.

Brian Sedio, a postdoctoral Tupper Fellow at STRI, thinks these mystery chemicals, many of which are toxic and provide defense against plant-devouring insects and microbes, may also explain why there are so many plant species packed into tropical forests—a question that has perplexed ecologists for decades.

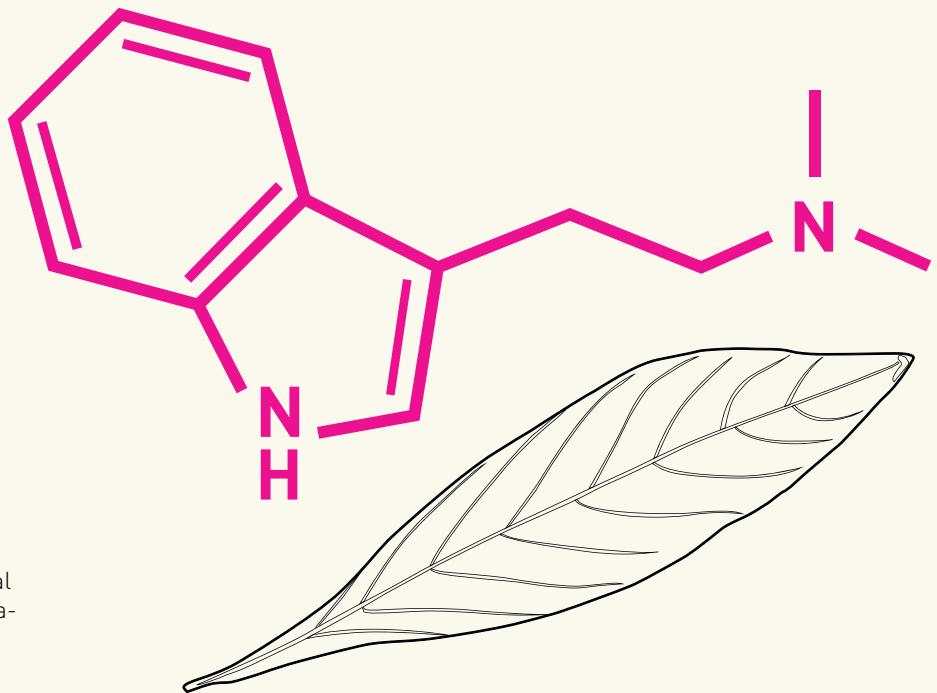
The hypothesis arose from earlier work on Panama’s

Como su nombre lo sugiere, la planta tropical del género *Psychotria* está impregnada de químicos alucinógenos. Decenas de miles de químicos son producidos en las hojas, la madera y los frutos de algunas de las 2,000 especies de *Psychotria*. La cafeína es, sin duda, la mejor conocida. También hay dimetiltriptamina, DMT, el compuesto activo en el brebaje psicodélico “ayahuasca”, utilizado por los pueblos indígenas del Amazonas. Muchos de los químicos restantes no han sido descritos, ni se ha analizado su potencial farmacéutico.

Brian Sedio, acreedor de la beca postdoctoral Tupper Smithsonian en Panamá, considera que estos químicos misteriosos, muchos de los cuales son tóxicos, proporcionan una defensa contra los insectos y microbios devoradores de plantas, y también podrían explicar por qué hay tantas especies vegetales juntas en los bosques tropicales, una interrogante que ha tenido perplejos a

### **Dimethyltryptamine**

Found in plants including the South American shrub, *Psychotria viridis*, DMT is the psychoactive chemical in ayahuasca, a medicinal brew traditionally used by indigenous Amazonian shamans.



### **Dimetiltriptamina**

Se encuentra en plantas como el arbusto de América del Sur, *Psychotria viridis*, DMT es el químico psicoactivo en la ayahuasca, un brebaje medicinal tradicionalmente utilizado por los chamanes indígenas en el Amazonas.

Barro Colorado Island, BCI, where Sedio identified some 8,000 compounds in the leaves of the island's 22 *Psychotria* species. He noticed that five or more *Psychotria* species regularly grow together in the space of a few meters. Theoretically, this is a risky growth strategy. Closely-related plants would likely be targets of the same species of plant-eating insects. By producing different toxic compounds, co-occurring plant species may defend themselves against different insect species, diffusing the risk of a mass attack.

In a gargantuan effort to tease apart the chemical defense systems of BCI's tree and shrub species, Sedio and colleagues collected and froze 10,000 plant-eating insects. They also gathered leaves from 120 of the 500-plus tree species found on the 15-square-kilometer island.

los ecólogos durante décadas.

La hipótesis surgió de un trabajo anterior en la isla Barro Colorado (BCI) en Panamá, donde Sedio identificó unos 8,000 compuestos, en las hojas de 22 especies de *Psychotria* en la isla. El notó que cinco o más especies de *Psychotria* usualmente crecen juntas, separadas por unos pocos metros. Teóricamente, esta es una estrategia de crecimiento arriesgada. Las plantas que están estrechamente emparentadas probablemente serían el objetivo de la misma especie de insecto herbívoro. Sin embargo, mediante la producción de distintos compuestos tóxicos, las especies de plantas que coexisten pueden defenderse de diferentes especies de insectos, disminuyendo el riesgo de un ataque masivo.

En un esfuerzo descomunal por separar los sistemas de defensa química de las especies de árboles y arbustos de BCI, Sedio y sus colegas colectaron y congelaron 10,000 insectos herbívoros. También reunieron hojas de 120 de las especies de árboles, de las más de 500 que se encuentran en la isla de 15 kilómetros cuadrados.

## VISUALIZING CHEMICAL DIVERSITY

Sedio and his team are analyzing this massive sample of insects at STRI's Naos Island molecular lab and the Panamanian government's INDICASAT-AIP research center. They use DNA barcoding to identify both the insects and the plant material extracted from their guts.

Just as scientists make family trees to understand evolutionary relationships between animals, Sedio

*The first step in painting a picture of the chemical landscape of forest plants is to break down chemical compounds into their component parts.*

*El primer paso para pintar el paisaje químico producido por las plantas forestales, es descomponer los compuestos químicos en sus partes.*

uses a technique called mass-spectral molecular networking to smash plant chemical compounds into their base components and sort them into related groups. This technology has revolutionized Sedio's field of research by allowing him to visualize the chemical diversity of the forest *en masse*.

"In the past a chemist would have had to isolate and identify each chemical compound individually," says Sedio. "If one were to try to catalogue all the compounds that way in a forest like BCI, it would take a lifetime of work."

Sedio hopes to identify the roles chemical defenses play in promoting tree species coexistence and preventing a handful of species from taking over a forest.

"There are countless ways in which plants use chemistry to create novel combinations of defense compounds," says Sedio. "The deeper evolutionary question is why so many species arise in the first place." T

## VISUALIZANDO LA DIVERSIDAD QUÍMICA

Sedio y su equipo están analizando esta masiva muestra de insectos en el laboratorio de biología molecular del Instituto Smithsonian en la Isla Naos y en el Instituto de Investigaciones Científicas y Servicios de Alta Tecnología (INDICASAT-AIP) del gobierno panameño. Ellos usan análisis de ADN para identificar tanto los insectos como el material vegetal extraído de sus entrañas.

Del mismo modo que los científicos hacen árboles genealógicos para entender las relaciones evolutivas entre animales, Sedio utiliza una técnica llamada *mass-spectral molecular networking* para romper los compuestos químicos de las plantas en sus componentes básicos y ordenarlos en grupos relacionados. Esta tecnología ha revolucionado el campo de investigación de Sedio, permitiéndole visualizar la diversidad química de la selva, a gran escala.

"En el pasado un científico habría tenido que aislar e identificar cada compuesto químico por separado", comenta Sedio. "Si uno haría el intento catalogar todos los compuestos de esa manera en un bosque como el de BCI, le tomaría toda una vida de trabajo."

Sedio espera poder identificar los roles que las defensas químicas desempeñan, favoreciendo coexistencia de especies de árboles y previniendo que un puñado de especies se apoderen de un bosque.

"Hay incontables formas en las cuales las plantas usan la química para crear nuevas combinaciones de compuestos de defensa", comentó Sedio. "La interrogante evolutiva más profunda es por qué, desde un principio, surgen tantas especies. T



# HOW DOES A FIG WASP NAVIGATE A CHEMICAL HAZE?

## ¿CÓMO NAVEGA UNA AVISPA DEL HIGUERÓN LA NEBLINA QUÍMICA?

Aafke Oldenbeuving checks a fig tree overhanging the Panama Canal. The white cloth covering the fig fruits controls entry of pollinating fig wasps.

Aafke Oldenbeuving revisa un higuerón que sobresale en el Canal de Panamá. La tela blanca que cubre el higuerón controla la entrada de las avispas polinizadoras.

**D**ozens of tiny black insects emerge from the green fig in Aafke Oldenbeuving's hand. The little creatures, smaller than rice grains, don't impress at first sight. Some flap about like oversized fleas on short-lived chicken flights. Others wander over the Dutch high school teacher's hand as if they had lost their sense of purpose. But a few females leave the disjointed swarm to embark on one of the insect world's most implausible journeys, navigating the tree species-rich tropical forest to pollinate flowering figs that could be kilometers away.

Just one or two wasp species pollinate any given fig species. How these weak fliers find a specific tree in the forest is perplexing, not only because of the distance they must cover in the few days they live. Scientists believe the wasps use chemicals to find the

**D**ocenas de pequeños insectos negros emergen de higo verde en la mano de Aafke Oldenbeuving. Las criaturas, más pequeñas que un grano de arroz, no impresionan a primera vista. Algunas brincan como pulgas, otras sólo aletean. Otras, deambulan sobre la mano de la maestra de escuela holandesa como si hubieran perdido su sentido y propósito. Pero, unas pocas hembras salen del enjambre desarticulado y se embarcan en uno de los viajes más inverosímiles del mundo de los insectos, navegando a través de la gran riqueza de especies arbóreas del bosque tropical, para polinizar higos en flor que podrían encontrarse a kilómetros de distancia

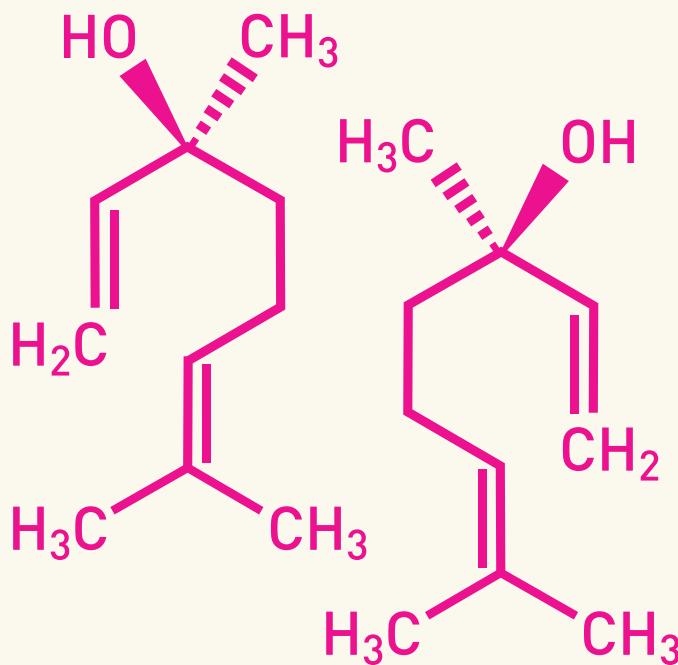
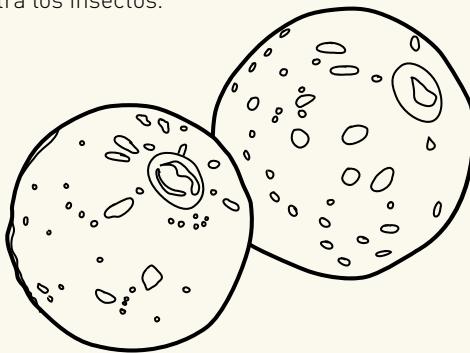
Solamente una o dos especies de avispas polinizan una determinada especie de higuerón. La forma en que estas débiles criaturas encuentran un árbol específico en el bosque, es desconcertante, no solo debido a la enorme distancia a recorrer sino a los pocos días de vida que tiene para lograrlo. Los científicos creen que

## Linalool

A component of the volatiles figs use to attract pollinating wasps, linalool is a common plant compound also found in papayas. It is thought to play a role in plant defense against insects.

## Linalool

Es un componente de los volátiles que los higuerones utilizan para atraer a las avispas polinizadoras, el linalool es un compuesto común también encontrado en la papaya. Se cree que desempeñan un papel en la defensa de las plantas contra los insectos.



trees, but most of the chemicals emitted by figs are no different than those from the swirling bouquet given off from hundreds of other flowering plants in the tropical forest.

As part of her Ph.D. mission to better understand the fig wasp's guidance system, Oldenbeuving pilots an old yellow boat around Gatun Lake, better known as the main channel of the Panama Canal. With a setup involving a pump, plastic tubes, oven bags and filters, she collects volatiles—the chemicals released by flowering figs on branches overhanging the water. So far, she has identified more than 25 volatiles, building on the collection gathered by STRI staff scientist Allen Herre, his long-term field assistant Adalberto Gomez and other colleagues.

"I find the same common compounds in all species, more or less," said Oldenbeuving. She suspects two variables determine what makes the chemical signature of a tree unique: the combination and the ratio of each volatile in the cocktail.

las avispas utilizan químicos para guiarse hacia los árboles, pero, la mayoría de las sustancias químicas emitidas por los higuerones no son diferentes a las emitidas por cientos de otras plantas con flores en el bosque tropical.

Como una parte de su doctorado consiste en comprender mejor el sistema de guía de la avispa del higuerón, Oldenbeuving pilotea un viejo barco amarillo alrededor del lago Gatún, mejor conocido como el canal principal del Canal de Panamá. Con un equipo que consiste de una bomba de absorción, tubos de plástico, bolsas para hornejar y filtros, se acerca a las ramas que se extienden sobre el agua, y recoge las sustancias químicas volátiles liberadas durante la floración de los higuerones -. Hasta el momento, ha identificado más de 25 compuestos, aumentando la colección reunida por el científico del Smithsonian Allen Herre, Adalberto Gómez, su antiguo ayudante de campo, y otros colegas.

"Más o menos encuentro los mismos compuestos comunes en todas las especies", comentó Oldenbeuv-

"All fig volatiles are made up of multiple compounds," said Herre, her STRI advisor. "The importance of the presence or absence of given compounds versus their relative abundance is the key."

With gas chromatography and mass spectrometry (GCMS) Oldenbeuving analyzes which chemicals are present and in what amounts. To test wasp preference for certain compounds, she uses a Y-tube olfactometer, a transparent glass gizmo that resembles a sling-shot, to give insects choices between pairs of volatiles. She also puts out sticky paper to trap wasps as they

### *Unique mixtures of plant compounds may be key to understanding the fig wasp's astounding guidance system.*

*Las mezclas únicas de los compuestos de las plantas pueden ser clave para entender el asombroso sistema de orientación de la avispa del higuerón.*

zoom in on pollinator-beckoning figs. Once she has determined which volatile combinations appear to cause a female wasp to enter pollination mode, she'll test how they respond to volatiles in the laboratory. "I have a nearly endless amount of different volatile blends that I need to test."

Oldenbeuving's Ph.D. thesis will contribute to understanding how fig trees and their pollinator wasps evolved a stable yet highly co-dependent relationship over millions of years. For fig species with more than one pollinator, the work will help shed light on the process of fig species hybridization.

"Understanding the mechanisms of host-selection by fig wasps is very cool in itself," says Oldenbeuving. "But ultimately what really interests us is how these mechanisms affect the evolution and co existence of so many different species." 

ing. Ella sospecha que son dos variables las que hacen única la huella química de un árbol: la combinación y la proporción de cada elemento volátil en el cóctel.

"Todos las sustancias volátiles de los higuerones son una combinación de múltiples compuestos", comentó Herre, su asesor en el Smithsonian. "La clave es la importancia de la presencia o ausencia de un compuesto dado, en comparación con su abundancia relativa."

Con la cromatografía de gases y la espectrometría de masas (GC-MS) Oldenbeuving analiza qué productos químicos están presentes y en qué cantidades. Para examinar la preferencia de la avispa a ciertos compuestos, utiliza un olfatómetro de tubo en forma de Y. Este aparato de cristal transparente que asemeja a un biombo, permite dar a elegir a la avispa entre dos opciones de compuestos

volátiles. Ella también cuelga un pedazo de papel adhesivo para atrapar a las avispas tan pronto se acerquen a los higuerones que invitan a sus polinizadores. Una vez que ella haya determinado qué combinación de sustancias volátiles parece causar que una avispa hembra ingrese a polinizar un higo, Oldenbeuving analizará cómo éstas responden a los compuestos volátiles en el laboratorio. "Tengo una cantidad casi infinita de diferentes mezclas volátiles que tengo que probar."

La tesis de doctorado Oldenbeuving contribuirá a la comprensión de cómo los higuerones y sus avispas polinizadoras, evolucionaron hacia una relación estable y fuertemente dependiente, a través de millones de años. En el caso de especies de higuerones con más de un polinizador, el trabajo será ayudar a arrojar luz sobre el proceso de hibridación de las especies de higuerón.

"La comprensión de los mecanismos de selección del hospedero por parte de las avispas del higuerón es muy interesante", nos comentó. "Pero en última instancia, lo que realmente nos interesa es saber cómo estos mecanismos afectan la evolución y la co-existencia de tantas especies diferentes." 



# ALL THE QUEEN'S PHEROMONES

## LAS FEROMONAS DE LA REINA

Callum Kingwell holds a sweat bee stick nest he collected from Barro Colorado Island. He removes the queen bee from the nest under a mosquito net in case she tries to escape.

Callum Kingwell sostiene el nido de una abeja del sudor se coletó en la Isla Barro Colorado. Callum saca a la abeja reina del nido bajo un mosquitero en caso de que se escape.

Queens of the sweat bee species *Megalopta genalis* build their nests in dried-out sticks in the forest understory. Some queens raise one or two subordinate daughters as workers who tend brood cells and feed their mother with nectar collected during brief foraging forays at dawn and dusk. Other queens raise only males and potential future queens that eventually move away, leaving their mother to attend to the nest and brood alone.

The simplicity of this system makes it possible for Callum Kingwell to discover organizational principles that may apply to much more complex social insect societies where survival depends on the coordinated actions of tens of thousands to millions of workers.

A STRI short-term fellow from Cornell University, Kingwell asks how sweat bee queens communicate their dominance status through chemical odors called pheromones.

Las reinas de las especies de abejas del sudor *Megalopta genalis* construyen sus nidos en ramas secas en el sotobosque. Algunas reinas crían una o dos hijas subordinadas como obreras que atienden las celdas con cría y alimentan a su madre con el néctar recolectado durante breves incursiones de forrajeo al amanecer y al atardecer. Otras reinas sólo crían machos y reinas potenciales futuras que eventualmente se van, dejando a su madre sola.

La sencillez de este sistema hace posible que Callum Kingwell descubra los principios organizacionales que pueden aplicarse a sociedades de insectos sociales mucho más complejas donde la supervivencia depende de la acción coordinada de cientos de miles a millones de obreros.

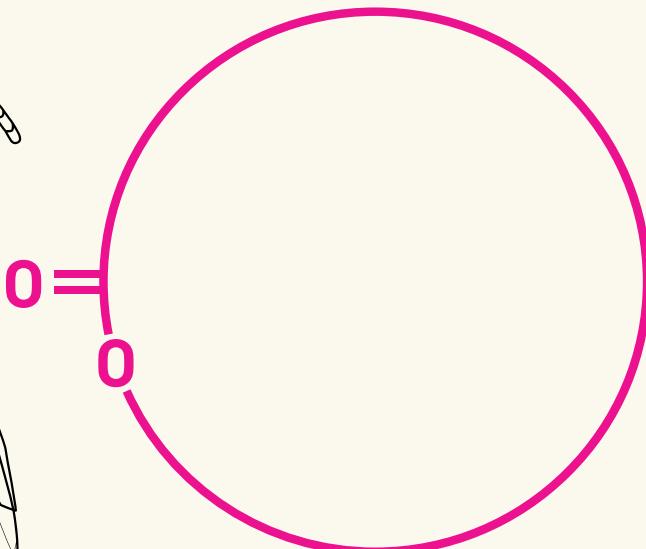
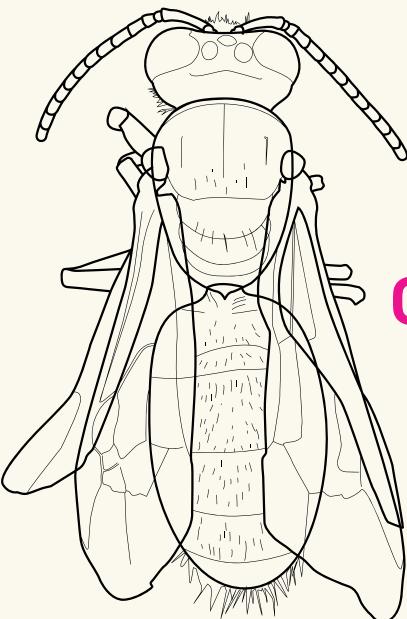
Kingwell, becario del Smithsonian a corto plazo de la Universidad de Cornell, se pregunta cómo las reinas comunican su estado de dominación a través de olores químicos llamados feromonas.

## 20-eicosanolide

This lactone is used by queen bees of *Megalopta genalis* to advertise their reproductive fitness and likely plays a role in convincing daughters/workers to stay in the nest.

## 20-eicosanolide

Esta lactona es utilizada por abejas reinas de *Megalopta genalis* para anunciar su aptitud reproductiva y probablemente juega un papel en convencer a las hijas/obreras a permanecer en el nido.



"As an audiovisual species we're focused primarily on sights and sounds, yet for many organisms olfactory stimuli are much more prominent," he says. "A lot of behaviors are actually mediated by factors that are totally unseen."

His research focuses on queen pheromones called lactones that coat the little cells inside the nests where the offspring develop. The oily compounds also accumulate on the queen's body surface, where they may transmit information about her reproductive status to her daughters.

## GAMBLERS AND CHEATERS

Lactones may also influence whether or not the queen's daughters stay to help her raise their little sisters. If the queen is older or weaker, her daughters might gamble on their own luck and fly off to start their own nests. But by helping raise a fertile queen's offspring, older sisters guarantee the survival of some of their own genes, which they share with their younger siblings.

"Como una especie audiovisual, los humanos estamos enfocados principalmente en imágenes y sonidos, sin embargo, para muchos organismos los estímulos olfativos son mucho más prominentes," comentó. "Una gran cantidad de comportamientos son en realidad mediados por factores que son totalmente invisibles."

Su investigación se centra en las feromonas de la reina conocidas como lactonas que recubren las pequeñas celdas donde se desarrollan las crías. Los compuestos aceitosos también se acumulan en la superficie del cuerpo de la reina, donde pueden transmitir información sobre su estado reproductivo a sus hijas.

## JUGADORAS Y TRAMPOSAS

Los lactonas también pueden influir en si las hijas de la reina se quedan para ayudar a criar a sus hermanas pequeñas o no. Si la reina es más vieja o más débil, sus hijas pueden jugarse su propia suerte y abandonar a su madre para establecer sus propios nidos. Pero al ayudar a criar a la descendencia de una reina fértil, las hermanas mayores garantizan la supervivencia de algunos de sus propios genes, lo cuales comparten con sus herma-

“So if there is a strong queen fertility signal, it’s in the workers best interest to serve the queen,” says Kingwell.

Kingwell runs two main experiments as part of his project. In the lab, he records the physiological response of female antennae to the lactone 20-eicosanolide, which he suspects partly conveys a queen’s reproductive prowess and may induce daughters to stay at home.

*“A lot of behaviors are mediated by factors that are totally unseen.”*

*“Muchos de los comportamientos están mediados por factores que son totalmente invisibles.”*

The other, a field study on Barro Colorado Island, examines whether queens that emit strong chemical signals are, in fact, especially fertile. Queens who emit strong signals but do not produce many offspring may be cheating subordinates into helping when the supposed benefits do not exist. The risk in keeping a subordinate is that if the queen’s dominance signals diminish, her daughter may overthrow her and take over the nest. T

nas menores.

“Si hay una fuerte señal de fertilidad por parte de la reina, es en el mejor interés de las obreras estar a su servicio”, comenta Kingwell.

Kingwell lleva a cabo dos experimentos principales como parte de su proyecto. En el laboratorio registra la respuesta fisiológica de las antenas de las hembras a los lactones 20-eicosanolide, que él sospecha transmite en parte la destreza reproductiva de la reina y puede inducir a las hijas a quedarse en el nido.

El otro - un estudio de campo en la Isla Barro Colorado - examina si las reinas que emiten fuertes señales químicas son, de hecho, especialmente fértiles. Las reinas que emiten fuertes señales, pero no producen muchos descendientes pueden estar engañando a sus subordinadas en ayudarle cuando no existen los supuestos beneficios. El riesgo de mantener a una subordinada es que si las señales de dominancia de la reina disminuyen, su hija puede derrocarla y hacerse cargo del nido. T





# ANT PERFUMES SIGNAL WAR AND PEACE

## EL PERFUME DE LAS HORMIGAS SEÑALAN LA GUERRA Y LA PAZ

Rachelle Adams checks a fungus-growing ant nest near Pipeline Road in Panama's Soberanía National Park, where she has studied ants since 1999.

Rachelle Adams revisa un nido de hormigas cultivadoras de hongos cerca del Camino del Oleoducto en el Parque Nacional Soberanía de Panamá, donde ha estudiado hormigas desde 1999.

**W**hen an ant colony goes to war, it's usually a cooperative sisterhood unified against outside aggressors. But in the jungles of Panama's Soberanía National Park, three species of ants mess with the usual rules of battle, using chemical signals to confound friend and foe. Scientists describe their relationship as a model of stability—a complicated social contract between host, parasite and predator.

First, a host queen, *Seriocomyrmex amabilis*, establishes a founding colony, and her daughters build a nest, forage, farm and raise her young. Even before the host colony is fully up and running, a venom-packing parasitic queen, *Megalomyrmex symmetochus*, may show up. The host queen puts up little resistance—she risks being killed—and so the parasitic queen raises her own daughters alongside the daughters of the host.

**C**uando una colonia de hormigas va a la guerra, por lo general es una hermandad cooperativa unificada contra los agresores externos. Pero en las selvas del Parque Nacional Soberanía en Panamá, tres especies de hormigas no respetan las reglas habituales de la batalla, utilizando señales químicas para confundir a la vez sus aliados y a sus enemigos. Los científicos describen la relación como un modelo de estabilidad, un contrato social complicado entre el anfitrión, el parásito y el depredador.

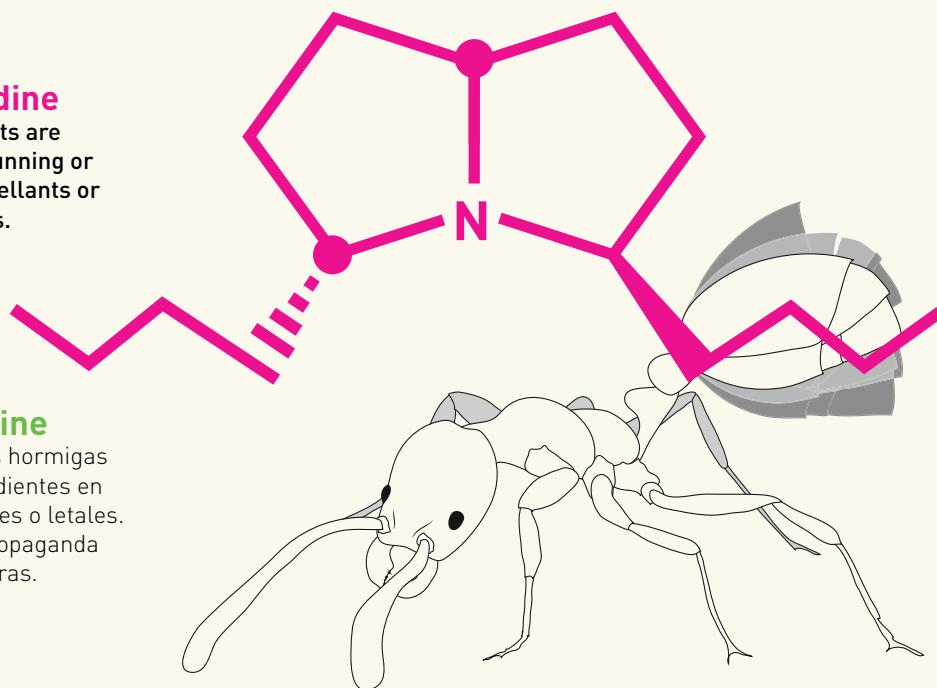
En primer lugar, una reina hospedera, la *Seriocomyrmex amabilis*, establece una colonia fundadora y sus hijas construyen un nido, forrajean, cultivan y crían a sus pequeñas. Aunque, hasta antes que la colonia huésped esté totalmente en funcionamiento, una reina parásita cargada de veneno, la *Megalomyrmex symmetochus*, puede aparecer. La reina hospedera pone poca resistencia—ella corre el riesgo de ser asesinada—por lo que la reina parásita cría a sus propias hijas junto a las hijas de

### 3-butyl-5-hexylpyrrolizidine

Toxic alkaloids in *Megalomyrmex* ants are not only ingredients in venom for stunning or lethal stings. They also serve as repellants or propaganda to confuse invading ants.

### 3-butyl-5-hexylpyrrolizidine

Alcaloides tóxicos encontrados en las hormigas *Megalomyrmex* no son sólo los ingredientes en el veneno de las picaduras paralizantes o letales. También sirven como repelentes o propaganda para confundir a las hormigas invasoras.



This host-parasite relationship is not without conflict. Ants may lose antennae or limbs during skirmishes, and the hosts bear the brunt of the impact. The only upside to the arrangement is that the parasites provide essential, frontline defense against the ultimate threat, the predator, *Gnamptogenys hartmani*. The predator ants raid, pillage and ultimately destroy *Seriocomyrmex* colonies that do not host the parasitic *Megalomyrmex*.

Rachelle Adams, a postdoctoral researcher at the University of Copenhagen, says that there's more to this ant saga than immediately meets the eye. Predator ants, for instance, will sometimes choose not to attack a host colony—because they detect a whiff of repellent produced by the parasitic ants inside.

“So to understand the whole story, you really have to know what chemicals are communicated between individuals,” she says.

Adams has studied parasitic *Megalomyrmex* ants in Panama since 1999. Their venom is particularly in-

la hospedera.

Esta relación hospedero-parásito no está exenta de conflictos. Las hormigas pueden perder antenas o extremidades en peleas, y los hospederos se llevan la peor parte. El único aspecto positivo de este acuerdo es que los parásitos proporcionan una defensa esencial de primera línea contra la amenaza definitiva, el depredador *Gnamptogenys hartmani*. La hormiga depredadora asalta, saquea y finalmente destruye las colonias de *Seriocomyrmex* que no hospedan a la parásita, *Megalomyrmex*.

Rachelle Adams, investigadora de postdoctorado en la Universidad de Copenhague, comenta que hay más en esta saga de hormigas que lo que inmediatamente salta a la vista. Por ejemplo, a veces las hormigas depredadoras deciden no atacar una colonia hospedera porque detectan en su interior el olor del repelente producido por las hormigas parásitas.

“Así que para entender toda la historia, realmente tienes que saber qué químicos se comunican entre los individuos”, comentó.

triguing—host ants recover from small doses, but will die if stung by parasites more than five times. Predator ants stung by parasites suffer a worse fate—they become unrecognizable to their sisters. In essence, the parasites' venom acts as a form of chemical propaganda, turning predators against their own kind.

### ARMY OF COLLABORATORS

Adams ultimately hopes to uncover how social parasitism evolved and how it is maintained. Her collaborators include students and faculty from several universities who are all interested in unpacking the arsenal of chemicals ants produce to regulate their relationships.

*“The ant behavior you observe is interesting but you have to look at their chemical communication to understand the whole story.”*

*“El comportamiento de las hormigas es interesante, pero hay que observar la comunicación química para entender toda la historia.”*

One of her students is studying the pheromone trails left by the host ants—potentially the key to understanding how parasitic queens locate colonies to infiltrate. In another project, Adams and colleagues are studying nest-mate recognition compounds. They've recently found that parasites can remain chemically hidden from their hosts by dulling their chemical signatures—preventing conflict between the two cohabiting species.

“We are discovering new compounds that were not known in nature as well as describing new ant species,” says Adams. “Add the natural history and we have incredible stories to tell.” 

Adams ha estudiado en Panamá a las hormigas parásitas *Megalomyrmex* desde 1999. Su veneno es particularmente intrigante —la hormigas hospederas se recuperan si son picadas por parásitos en pequeñas dosis, pero morirán si son picadas más de cinco veces. Las hormigas depredadoras picadas por parásitos sufren un destino peor, estas se vuelven irreconocibles para sus hermanas. En esencia, el veneno de los parásitos actúa como una forma de propaganda química, convirtiendo a los depredadores en contra de su propia especie.

### UN EJÉRCITO DE COLABORADORES

Adams, en última instancia, espera para descubrir cómo el parasitismo social evolucionó y cómo se mantiene. Sus colaboradores incluyen a estudiantes y profesores de varias universidades que están interesados en desentrañar el arsenal de químicos que las hormigas producen para regular sus relaciones.

Uno de sus alumnos está estudiando los rastros de feromonas que dejan las hormigas hospederas —potencialmente la clave para la comprensión de cómo las reinas parásitas localizan las colonias para infiltrarse. En otro proyecto, Adams y sus colegas están estudiando los compuestos de reconocimiento en la relación nido-pareja. Han encontrado recientemente que los parásitos pueden permanecer químicamente ocultos de sus hospederos al reducir sus huellas químicas y así prevenir un conflicto entre las dos especies que cohabitaban.

“Estamos descubriendo nuevos compuestos que no se conocían en la naturaleza, así como la descripción de nuevas especies de hormigas”, comentó Adams. “Añadimos la historia natural y tenemos historias increíbles que contar.” 



# STRESSED OUT BY LADYBUGS

## ESTRESADO POR MARIQUITAS

Scott Cinel, graduate student in the Department of Entomology and Illinois Natural History Survey, University of Illinois at Urbana-Champaign, on Gamboa's Pipeline Road.

Scott Cinel, estudiante graduado en el Departamento de Entomología e Illinois Natural History Survey de la Universidad de Illinois en Urbana-Champaign, en Camino del Oleoducto de Gamboa.

One of the most important crop pests in the Americas will eat almost anything—corn, tomatoes, cotton, sorghum, melon, eggplant, sunflower, and numerous other vegetables, grains and ornamental plants, even weeds. Costing millions of dollars in crop damage and pest control, the thought of American cotton bollworm—*Helicoverpa zea*—is enough to get farmers' adrenaline rushing. Fittingly, Smithsonian pre-doctoral fellow Scott Cinel is now looking to turn the tables on this pest by figuring out just what makes *H. zea* sweat.

"Predator-prey interactions may induce all sorts of defensive behaviors in *H. zea*," says Cinel. A PhD student at the University of Illinois, Urbana-Champaign, he is studying the long-term effects of stress on *H. zea* caterpillars, particularly in response to predation by ladybugs, *Hippodamia convergens*. He hopes to find evidence that predator-induced stress

una de las plagas de cultivos más importantes de las Américas se come casi cualquier cosa—maíz, tomates, algodón, sorgo, melones, berenjenas, girasoles, y muchas otras verduras, granos y plantas ornamentales, hasta la maleza. Sólo con pensar en los millones de dólares, para controlar al gusano del algodón, *Helicoverpa zea*, causante de daños a los cultivos, es suficiente para hacer fluir la adrenalina de los agricultores. Oportunamente, Scott Cinel, becario de doctorado del Smithsonian ahora está buscando devolverle la jugada a esta plaga al averiguar exactamente qué le pueda dar una lección.

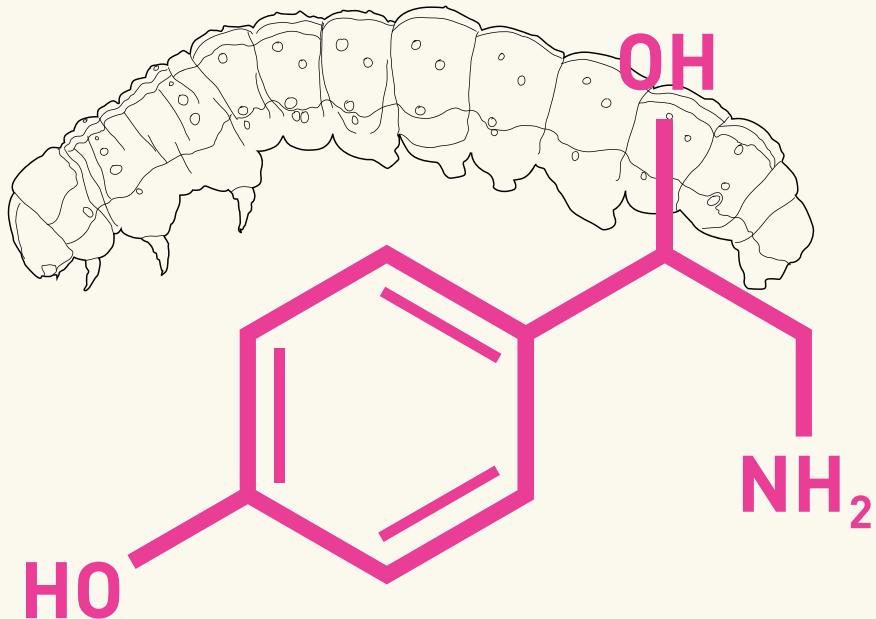
Como estudiante de doctorado en la Universidad de Illinois, Urbana-Champaign, Cinel está estudiando los efectos del estrés a largo plazo en las orugas de *H. zea*, en particular en respuesta a la depredación por mariquitas, la *Hippodamia convergens*. Tiene la esperanza de encontrar evidencia de que el estrés inducido por

## Octopamine

Regulating vigilance, aggression and flight responses, these “stress chemicals” allow scientists to design experiments to test how predators influence prey physiology, behavior and distribution.

## Octopamina

Regula las respuestas de vigilancia, agresión y de vuelo; estos “químicos del estrés” permiten a los científicos a diseñar experimentos para probar cómo los depredadores influyen en la fisiología de sus presas, su comportamiento y distribución.



can cause lasting changes in *H. zea*'s make-up, influencing its growth, behavior and survival. If Cinel can pinpoint the genetic basis underlying these changes, it could give researchers a key to controlling *H. zea* populations—an alternative to using environmentally hazardous and expensive pesticides on crops.

At research sites in Gamboa, Panama, Cinel tested *H. zea* stress responses by trapping the caterpillars in single or double-lined mesh cages around corn cobs. He introduced ladybugs either directly with the caterpillars or in the outer cage to simulate direct versus indirect predator pressure. As the caterpillars molted through several larval stages—called instars—he collected representative specimens at each developmental phase to measure external and internal signs of stress response. Short-term responses might include rate of molting or concentration of stress-related chemicals within the caterpillars' tissues, but long-term responses might be more drastic.

los depredadores puede provocar cambios duraderos en la carga genética de la *H. zea* como interferir en el desarrollo de las larvas o afectar su comportamiento. Si es capaz de identificar la base genética subyacente a estos cambios, esto podría dar a los investigadores una clave para controlar las poblaciones de *H. zea*—una alternativa al uso de plaguicidas peligrosos para el medio ambiente y costosos en los cultivos.

Para probar las respuestas al estrés, Cinel atrapa a las orugas en jaulas individuales o forradas doblemente de malla alrededor de mazorcas de maíz. En estas introduce mariquitas ya sea directamente con las orugas o en la jaula externa para simular la presión de depredadores directa contra indirecta. Las orugas mudan a través de varias etapas larvales llamada estadios, y Cinel puede recoger muestras representativas en cada etapa de desarrollo para medir señales externas e internas de respuesta al estrés. Las respuestas a corto plazo pueden incluir una tasa de muda o de concentración

In lean times, for example, pupating *H. zea* caterpillars can go into a form of insect hibernation called diapause. Likewise, adult moths sometimes migrate at night in search of better habitat. On a macro-level

*Toxic pesticides may someday be replaced by a pest's own stress chemicals.*

*Los pesticidas tóxicos algún día podrán ser sustituidos por las propias sustancias químicas del estrés que la plaga produce.*

these behaviors are triggered by environmental factors like food scarcity or predator pressure. But on a molecular level, they're controlled by genes.

Cinel would like to pinpoint the genes responsible for switching on stress chemical production—which in turn stimulates physical and behavioral changes. Just as vertebrates produce adrenaline, for example, insects produce a compound call octopamine that regulates behaviors like vigilance, aggression and enhanced flight response. Scaling back to the organismal and landscape level, elevated concentrations of stress hormones might stunt *H. zea*'s growth or influence how far it can spread in search of habitat.

“These stress chemicals allow researchers to build a holistic picture of how predators influence prey physiology, behavior and distribution,” says Cinel, who will collect more *H. zea* this summer with the help of local corn and rice farmers in Panama’s Darien region. By studying predator-prey interactions at molecular, organismal and landscape-levels, he and his colleagues are taking a novel, integrative approach to agricultural pest management. T

de sustancias químicas del estrés dentro de los tejidos de las orugas. Las respuestas a largo plazo podrían incluir la supervivencia reducida o los cambios en la distribución de la plaga a través de un paisaje con respecto

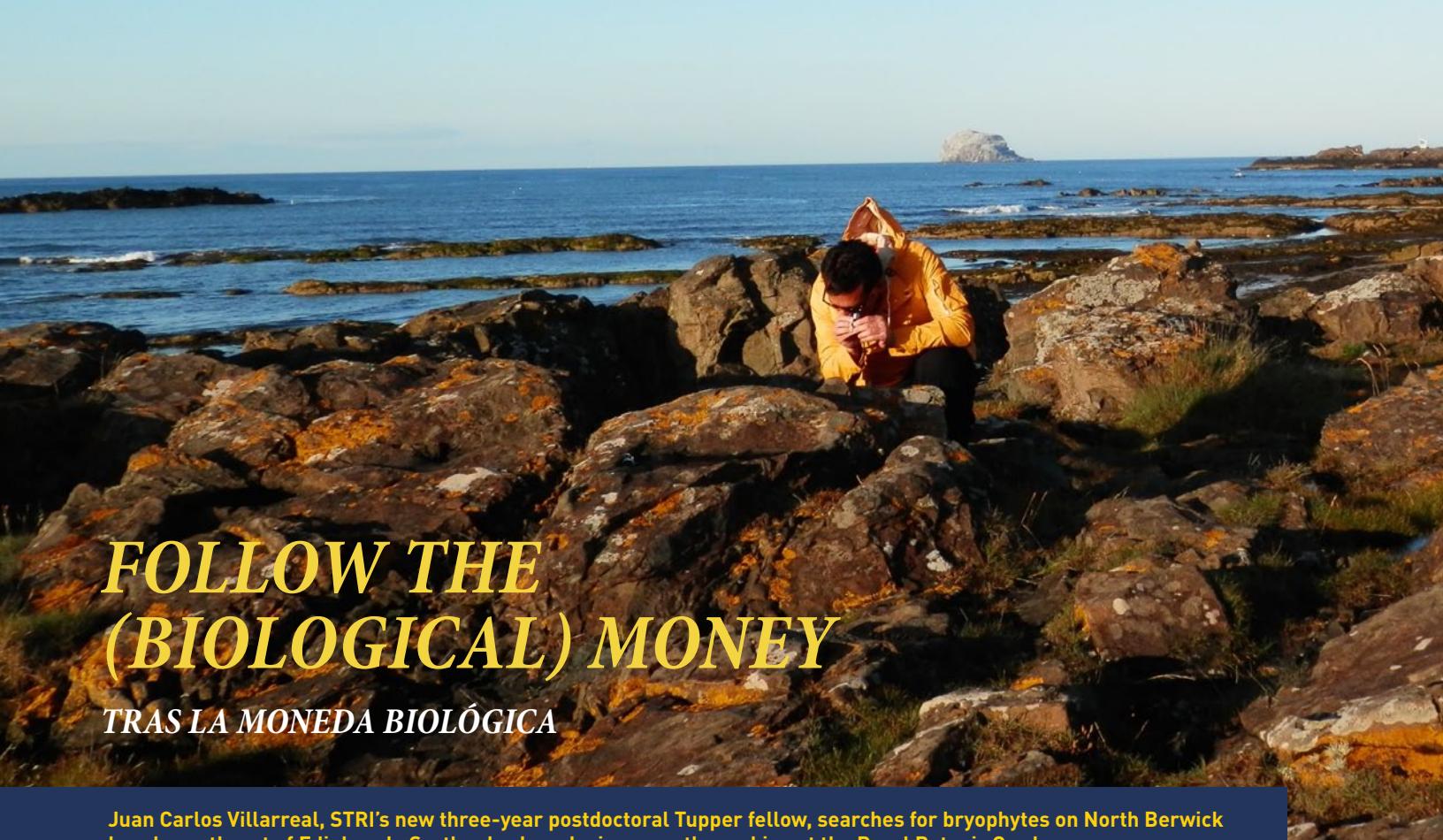
a la presión de los depredadores.

A nivel molecular, le gustaría identificar los genes responsables de conectar las vías bioquímicas que inducen el estrés.

Al igual que los vertebrados producen adrenalina, por ejemplo, los insectos producen un compuesto llamado

octopamina que regula las conductas como la vigilancia, la agresión y aumenta la respuesta de vuelo. La ampliación de la escala de paisaje, las concentraciones elevadas de la hormona del estrés pueden atrofiar el crecimiento de la *H. zea*, o hasta qué punto se puede propagar en busca de alimento. En última instancia, al observar las interacciones entre los procesos químicos y ambientales, Cinel y sus colegas van a tomar un enfoque integral para el manejo de las plagas agrícolas. El proyecto es una nueva mezcla de la fisiología del estrés, la bioquímica, la ecología depredador-presa, la genómica y la ecología del paisaje. T





# FOLLOW THE (BIOLOGICAL) MONEY

## TRAS LA MONEDA BIOLÓGICA

Juan Carlos Villarreal, STRI's new three-year postdoctoral Tupper fellow, searches for bryophytes on North Berwick beach, northeast of Edinburgh, Scotland, where he is currently working at the Royal Botanic Garden.

Juan Carlos Villarreal, nuevo de tres años postdoctoral Tupper compañero de STRI, busca briófitos en la playa Berwick Norte, al noreste de Edimburgo, Escocia, donde se encuentra actualmente trabajando en el Royal Botanic Garden.

The oldest forms of life preserved by the earth's geological record are 3.5 billion years old. These microfossils of blue-green algae—also known as cyanobacteria—represent some of the first photosynthesizers on the planet. Today, we still find their descendants everywhere as free-living organisms, and others incorporated into the cells of plants as photosynthesizing chloroplasts.

Cyanobacteria, as well most algae, evolved structures to fix carbon in a very low carbon dioxide atmosphere—carboxysomes in cyanobacteria and pyrenoids in algae. Both are semi-spherical structures found in the center of the cell (cyanobacteria) or the chloroplast (algae). Both are made up almost exclusively of the enzyme Rubisco.

Rubisco, a massive molecular complex, traps carbon dioxide gas and converts it into carbohydrates,

Las formas más antiguas de vida preservadas por registro geológicos de la Tierra datan de hace 3.5 mil millones de años. Estos microfósiles de algas color verde-azuladas, también conocidas como cianobacterias representan algunos de los primeros foto-sintetizadores en el planeta. Hoy en día, todavía encontramos a sus descendientes en todas partes como organismos independientes, y otros incorporados en las células de las plantas como los cloroplastos.

Las cianobacterias, al igual que la mayoría de las algas, evolucionaron estructuras para fijar carbono en una atmósfera con niveles de dióxido de carbono muy bajos: los carboxisomas en las cianobacterias y los pirenoides en las algas. Ambos son estructuras semi-esféricas que se encuentran en el centro de la célula (cianobacterias) o el cloroplasto (algas). Ambos están compuestos casi exclusivamente de la enzima Rubisco.

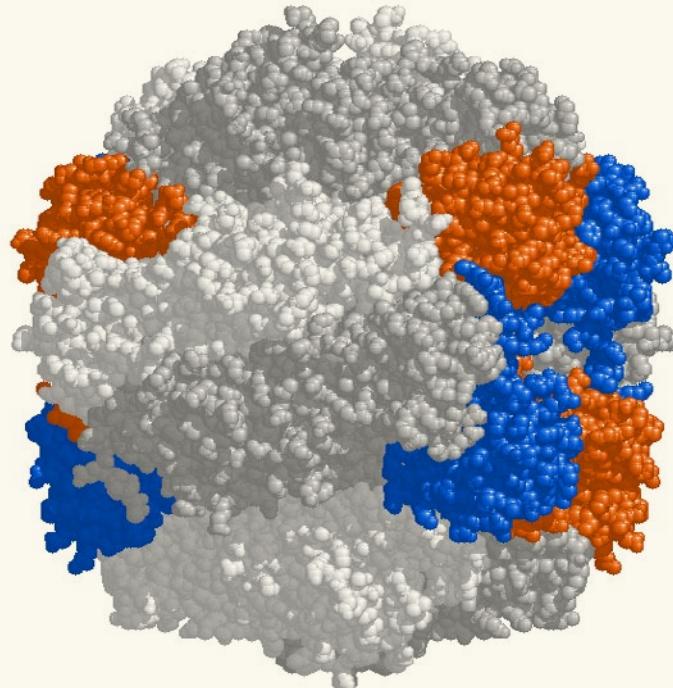
Rubisco, un complejo molecular masivo, atrapa

## Rubisco

A massive, complex molecule important in photosynthesis, may be the most abundant protein on the planet. It traps carbon dioxide and converts it into carbohydrates, producing oxygen as a by product. Its complete name is Ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase.

## Rubisco

Un complejo molecular masivo importante para la fotosíntesis, puede ser la proteína más abundante en el planeta. Atrapa el dióxido de carbono y lo convierte en hidratos de carbono, produciendo oxígeno como un subproducto. Su nombre completo es Ribulosa 1,5 bifosfato Carboxilasa-Oxigenasa.



producing oxygen as a byproduct. Rubisco may be the most abundant protein on the planet—and it converts carbon into the most essential biological currency traded by living beings. Hornworts are the only land plants that, like cyanobacteria and algae, concentrate carbon dioxide in structures called pyrenoids consisting mostly of Rubisco.

Juan Carlos Villarreal, who received this year's coveted 3-year postdoctoral Tupper Fellowship, takes a very broad look at the hornworts, one of the closest living relatives of the first plants to colonize land some 475 million years ago. He uses electron microscopy, DNA sequencing, genomic data and genetic analyses to understand their evolution.

For many years biologists thought that perhaps hornworts inherited pyrenoids from green algae, the closest living relatives to land plants, during periods of low atmospheric carbon dioxide. But in 2012, during a postdoctoral fellowship with Susanne Renner at the Ludwig Maximilian University of Munich,

el dióxido de carbono y lo convierte en hidratos de carbono, produciendo oxígeno como un subproducto. El Rubisco puede ser la proteína más abundante en el planeta, y convierte el carbono en la moneda biológica más esencial negociada por los seres vivos. Los antocerotófitos son las únicas plantas de la tierra que, como las cianobacterias y algas, concentran dióxido de carbono en estructuras llamadas pirenoides que consisten mayormente de Rubisco.

Juan Carlos Villarreal, quien obtuvo la codiciada beca de post doctorado Tupper de 3 años, tiene una mirada muy amplia de los antocerotófitos, uno de los parientes vivos más cercanos de las primeras plantas que colonizaron la tierra hace unos 475 millones años. Para entender su evolución utiliza microscopía electrónico, la secuenciación del ADN, los datos genómicos y los análisis genéticos.

Durante muchos años los biólogos pensaban que tal vez los antocerotófitos heredaron pirenoides de las algas verdes, las parientes vivas más cercanas a

Villarreal created a family tree for 36 percent of the approximately 220 hornwort species to try to understand the evolutionary history of pyrenoid inheritance.

### *The first land plants incorporated the algae's ability to capture solar energy*

### *Las primeras plantas terrestres incorporan la habilidad de las algas para capturar la energía solar*

He and Renner discovered that hornworts have gained and lost pyrenoids five or six times, with the oldest pyrenoid gained about 100 million years ago and most others less than 35 million years ago. Their study found no support for the idea that pyrenoids give the hornworts any sort of advantage when carbon dioxide levels are low. Villarreal and Renner concluded that pyrenoids probably serve some other function in hornworts.

As the newest Tupper Fellow at STRI, the Panamanian bryologist will be able to address this question and others regarding symbioses with plants.

In addition to oxygenating the atmosphere on a very young planet, one particular group of cyanobacteria took a very different path. Their filaments contain cells specialized in nitrogen fixation. Nitrogen is by far the most abundant element in the atmosphere; yet, the element is not readily accessible to plants. Some cyanobacterial lineages have entered into a mutualistic symbiosis with several groups of plants: hornworts, cycads (e.g. *Zamia*), the aquatic fern *Azolla* and the flowering plant *Gunnera*.

Villarreal will divide his time between a new position at Laval University in Québec, Canada, and his project in Panama—"A genomic-scale study of symbiosis between plants and nitrogen-fixing cyanobacteria"—advised by STRI staff Noris Salazar, Owen McMillan and Allen Herre. 

las plantas terrestres, durante períodos de dióxido de carbono atmosférico bajo. Pero en el 2012, durante una beca de post doctorado con Susanne Renner en la Universidad Ludwig Maximilian de Munich, Villarreal creó un árbol genealógico para el 36 por ciento de las aproximadamente 220 especies de antocerotófitos para tratar de entender la historia evolutiva de la herencia de los pirenoides.

Juan Carlos y Renner descubrieron que los antocerotófitos han ganado y perdido pirenoides cinco o seis veces, con el pirenoide más antiguo ganado hace unos 100 millones de años y la mayoría de los demás hace menos de 35 millones de años. Su estudio no encontró apoyo a la idea de que los pirenoides dan a los antocerotófitos cualquier tipo de ventaja cuando los niveles históricos de dióxido de carbono fueron bajos. Villarreal y Renner concluyeron que los pirenoides probablemente sirven alguna otra función en los antocerotófitos.

Como el más reciente becario Tupper en el Smithsonian, el briólogo panameño será capaz de abordar esta interrogante y otras respecto a las simbiosis en las plantas.

Además de "oxigenar" la atmósfera en un planeta muy joven, un grupo particular de cianobacterias tomó un camino muy diferente. Sus filamentos contienen células especializadas en la fijación de nitrógeno. El nitrógeno es el elemento más abundante en la atmósfera; sin embargo, el elemento no es fácilmente accesible para las plantas. Algunos linajes de cianobacterias han entrado en una simbiosis mutualista con varios grupos de plantas: los antocerotófitos, las cicádidas (por ejemplo las *Zamias*), el helecho acuático *Azolla* y la angiosperma con hojas gigantes, *Gunnera*.

Villarreal va a dividir su tiempo entre una nueva posición en la Universidad Laval en Quebec, Canadá, y su proyecto en Panamá—"Un estudio a gran escala genómica de simbiosis entre plantas y cianobacterias fijadoras de nitrógeno" asesorado por los científicos del Smithsonian Noris Salazar, Owen McMillan y Allen Herre. 

RACHELLE  
ADDAMS



BRIAN SEDIO



AAFKE  
OLDENBEUVING



CALLUM KINGWELL



 WATCH THE VIDEO  
VEA EL VIDEO

PLANT ALCHEMY / ALQUIMIA DE PLANTAS



SCAN TO WATCH VIDEO  
ESCANEÁ PARA VER EL VIDEO



## New Tropical Tree Species Await Discovery

A global analysis raises the minimum estimated number of tropical tree species to at least 40,000–53,000 worldwide in a paper appearing in *Proceedings of the National Academy of Sciences*, whose coauthors include researchers from the Center for Tropical Forest Science–Forest Global Earth Observatory (CTFS–ForestGEO) and the Smithsonian Tropical Research Institute (STRI). Many of these species risk extinction because of their rarity and restriction to small geographic areas, reaffirming the need for comprehensive, pan-tropical conservation efforts.

Although scientists could confidently say “the tropics are diverse,” the answer to “how diverse” still remains open to speculation. Tropical tree identification is notoriously difficult—hampered by hard-to-access terrain and the sheer number of rare species. Much of the data came from CTFS–ForestGEO study sites, where standardized pan-tropical survey methods create opportunities to much more accurately gauge tropical diversity. By raising the estimated minimum number of tree species in the world, estimates for the number of insect and microbe species associated with tropical trees also increases, placing an even higher premium on protection of these forest ecosystems.

Coauthor William Laurance, senior research associate at STRI and Distinguished Research Professor at James Cook University, explains that the “stunningly high tree diversity” of the tropics is represented by thousands of rare species, whose sparse populations may not be sustained in the long term by isolated protected areas.

“This study once again validates a strategy of making forest reserves as big as possible, and also trying to prevent their isolation from adjoining areas of forest,” Laurance said.

The study’s lead author Ferry Slik, professor at Universiti Brunei Darussalam, collaborated with more than 170 scientists from 126 institutions to study a dataset composed of 207 forested locations across tropical America, Africa and the Indo-Pacific. Each forest plot contains at least 250 individual trees identified to species, ensuring comprehensive coverage of the total species diversity in each geographical area. Among their findings, the researchers note that, contrary to previous assumptions, the Indo-Pacific tropics contain as much species diversity as tropical America—at least 19,000 species. Both tropical America and the Indo-Pacific are about five times as species-rich as Africa, whose forests are hypothesized to have experienced extensive extinction events during the Pleistocene era of glaciation and climate change. All three regions contain distinct tree lineages reflecting unique evolutionary histories.



### *Calyptrogyne costatifrons*

The palm genus *Calyptrogyne* is native to Central America. Eleven of the 17 known species are endemic to Panama. Because many tropical plant species are only found in small, hard to reach areas, the total number of plant species in the tropics is still unknown.

Photo credit: Rolando Perez

La palma del género *Calyptrogyne* es nativa de América Central. Once de las 17 especies conocidas son endémicas de Panamá. Debido a que muchas especies de plantas tropicales sólo se encuentran en pequeñas zonas de difícil acceso, el número total de especies de plantas en los trópicos es aún desconocido. Imagen cortesía de: Rolando Pérez

The Researchers note that their calculations excluded some 10 percent of unidentifiable trees in a dataset comprising 657,630 individuals. Since these trees could reasonably represent rare or previously unknown species, there's a high likelihood that the world's estimates of total tree species diversity will keep increasing as more of the tropics are surveyed and studied. Lau-

*“This study validates the strategy of making forest reserves as big as possible, and preventing their isolation from adjoining areas of forest.”*

rance notes that the CTFS–ForestGEO network continues to grow, adding new forest plots not just for basic research but also “as barometers of the long-term effects of global change on forest communities.”

Meanwhile, as deforestation and development increase the extinction risk for many unique species, lessons may be learned from Africa’s reduced tropical diversity. When forest areas shrink, rare species are usually the first to disappear. Consequently, even if the extinction pressure is eventually lifted, a much more limited palette of species remains to repopulate the region. While the tropics are vast and diverse, their individual components are irreplaceable.

CTFS–ForestGEO is a global network of forest research plots and scientists dedicated to the study of tropical and temperate forest function and diversity. The multi-institutional network comprises more than 60 forest research plots across the Americas, Africa, Asia, and Europe, with a strong focus on tropical regions. CTFS–ForestGEO monitors the growth and survival of approximately 6 million trees and 10,000 species.

Website: <http://www.ctfs.si.edu/>.

Reference: Ferry J.W. Slik, et al. 2015. An estimate of the number of tropical tree species. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*. DOI 10.1073/pnas.1423147112.



## Faltan nuevas especies de árboles tropicales por descubrir

Un análisis global eleva el número mínimo estimado de especies tropicales de árboles en por lo menos de 40,000 a 53,000 en todo el mundo de acuerdo a un artículo que aparece en *Proceedings of the National Academy of Sciences*, cuyos coautores incluyen investigadores del Centro de Ciencias Forestales del Trópico-Red de Observatorios Globales de Bosques (CTFS -ForestGEO) y el Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI). Muchas de estas especies están en riesgo de extinción debido a su rareza y que se encuentran en pequeñas áreas geográficas, lo que reafirma la necesidad de esfuerzos de conservación integrales, pan-tropicales. Aunque los científicos expresan con confianza que “los trópicos son diversos,” la respuesta a “qué tan diverso” sigue abierta a la especulación. La identificación de árboles tropicales es notoriamente difícil, obstaculizada por terrenos de difícil acceso y el gran número de especies poco comunes. Muchos de los datos procedían de los sitios de estudio de CTFS-ForestGEO, donde los métodos pan-tropicales estandarizados de los inventarios crean oportunidades para medir con mayor precisión la diversidad tropical. Al aumentar el número mínimo estimado de especies de árboles en el mundo, las estimaciones para el número de especies de insectos y microbios asociados con los árboles tropicales también aumentan, agregando una prima aún mayor en la protección de estos ecosistemas forestales.

El coautor William Laurance, investigador asociado senior en el Smithsonian y Profesor Investigador Distinguido de la Universidad James Cook, explica que la “increíblemente alta diversidad de árboles” de los trópicos está representada por miles de especies poco comunes, cuyas escasas poblaciones no pueden

ser sostenidas a largo plazo en áreas protegidas aisladas.

“Este estudio valida una vez más una estrategia para hacer las reservas forestales tan grandes como sea posible, y también tratar de evitar su aislamiento de áreas de bosque contiguo”, comentó Laurance.

El autor principal del estudio Ferry Slik, profesor de la Universiti Brunei Darussalam, colaboró con más de 170 científicos de 126 instituciones para estudiar un conjunto de datos compuesto por 207 localidades boscosas a través de América tropical, África y el Indo-Pacífico. Cada parcela bosque contiene al menos 250 árboles individuales identificados con las especies, lo que garantiza una cobertura completa de la diversidad total de especies en cada área geográfica. En contra de los supuestos anteriores, los investigadores señalan que entre sus hallazgos, las zonas tropicales del Indo-Pacífico contienen tanta diversidad de especies tropicales como América, por lo menos 19,000 especies. América tropical y el Indo-Pacífico son cerca de cinco veces tan ricas en especies como África, sobre cuyos bosques e la hipótesis de que han experimentado eventos extensos de extinción durante la época de la glaciación del Pleistoceno y el cambio climático. Las tres regiones contienen linajes de árboles distintos que reflejan historias evolutivas únicas. Los investigadores señalan que sus cálculos excluyen un 10 por ciento de los árboles no identificables en un conjunto de datos que comprende 657,630 individuos. Dado que estos árboles podrían representar razonablemente especies poco comunes o previamente desconocidas, hay una alta probabilidad de que las estimaciones mundiales de diversidad total de especies de árboles

*“Este estudio valida la estrategia de hacer las reservas forestales tan grandes como sea posible, y evitar su aislamiento de las zonas adyacentes de bosque.”*

seguirán aumentando a medida que más de los trópicos son inventariados y estudiados. Laurance señala que la red CTFS-ForestGEO continúa creciendo, añadiendo nuevas parcelas de bosque no sólo para la investigación básica, sino también “como barómetros de los efectos a largo plazo del cambio global en las comunidades forestales.”

Mientras tanto, a medida que la deforestación y el desarrollo aumentan el riesgo de extinción de muchas especies únicas, se pueden aprender lecciones de la diversidad tropical reducida de África. Cuando las áreas forestales se reducen, especies poco comunes suelen ser las primeras en desaparecer. Por consiguiente, incluso si la presión de la extinción se dispara eventualmente, una paleta mucho más limitada de especies permanecería para repoblar la región. Mientras que los trópicos son muy amplios y diversos, sus componentes individuales son insustituibles.

CTFS-ForestGEO es una red global de parcelas de investigación forestal y científicos dedicados al estudio de la función de los bosques tropicales y templados además de su diversidad. La red multi-institucional está formada por más de 60 parcelas de investigación forestal en todo el continente americano, África, Asia y Europa, con un fuerte enfoque en las regiones tropicales. CTFS-ForestGEO monitorea el crecimiento y la supervivencia de aproximadamente 6 millones de árboles y 10,000 especies. Sitio Web: <http://www.ctfs.si.edu/>.

Referencia: Ferry J.W. Slik, et al. 2015. An estimate of the number of tropical tree species. Proceedings of the National Academy of Sciences USA. DOI 10.1073/pnas.1423147112.

## We Are Entering A “Golden Age” of Animal Tracking. The Smithsonian Continues to Convene Animal Movement Researchers



Animals wearing new tagging and tracking devices give us a real-time look at their behavior and at the environmental health of the planet, say research associates at the Smithsonian Tropical Research Institute in the June 12 issue of *Science* magazine.

“We suggest that a golden age of animal tracking science has begun,” they predict. “the upcoming years will be a time of unprecedented, exciting discoveries.”

In the last five years, driven, in part, by consumer demand, radio tracking technology has been replaced by smaller GPS tags allowing scientists to accurately track vastly larger numbers of animals and to use satellites to track individuals as they move across the globe.

Animals are fitted with multiple sensors to keep track of their health, energy use and even monitor their brain waves. Researchers can combine this information with weather data and other remotely monitored information about the environment, as well as to monitor complex interactions among entire groups of animals.



Visiting scientists from the Max Planck Institute of Ornithology used the Automated Radio Telemetry System on Barro Colorado Island in Panama to monitor sleep in wild sloths as they moved through the forest (Photo by Niels Rattenborg, Max Planck Institute for Ornithology)

Científicos visitantes del Max Planck Institute of Ornithology utilizaron un sistema de radio teleluminancia automatizada para monitorear el sueño de los perezosos a medida que se movían en el bosque de la Isla Barro Colorado en Panamá. (Imagen cortesía de Niels Rattenborg, Max Planck Institute for Ornithology)

Three of the *Science* article’s four authors, Roland Kays, Margaret Crofoot and Martin Wikelski—see affiliations, below—first worked together at the Smithsonian’s Barro Colorado Island Research Station in Panama to develop an Automated Radio Telemetry System, using towers with radio receivers to track animals as they moved through the dense, tropical lowland forest.

The ARTS project began in 2002 as a joint project between the Smithso-

## *Real-time animal tracking devices will usher in a time of unprecedented, exciting discoveries*

nian, Princeton University and the New York State Museum, with support from longstanding donor and mentor Frank Levinson. At the time, to track a single animal, a scientist waving an antenna would crash through jungle vegetation, following a radio signal coming from the animal's radio collar. The tracker often disturbed the animal in the process. By the time the ARTS project ended in 2010, researchers could remotely track up to 200 animals at a time, 24/7, and visualize their movements on the Internet.

The ARTS's project's team of scientists, post-docs and students tracked white-faced capuchin monkeys, ocelots, sloths, bats, agoutis and even orchid bees, making huge strides in understanding their social lives and their roles in the ever-changing tropical forest ecosystem.

The authors argue that the massive amount of animal movement data now becoming available can be used as a form of "quorum sensing." Each animal acts as a sensor. Together the combined movement and health data from animals all around the planet pinpoint environmental hazards.

Understanding movement is vital for biodiversity research, predicting conservation hotspots, identifying human-animal conflict zones, rebuilding and sustaining productive fisheries and ecosystems, and understanding the spread of pandemic disease and invasive species. The Smithsonian has long played a role in convening in-house experts and strategic outside partners.

On July 8-9 the Smithsonian Conservation Biology Institute in Front Royal, VA will host a workshop to kick off a new initiative: SI MOVE: An Earth Observatory for Movement Ecology. The initiative complements the Smithsonian's forest and marine Global Earth

Observatories as part of its Grand Challenge of Understanding and Sustaining a Biodiverse Planet.

SI MOVE will also build on existing efforts of the Smithsonian's Partners in the Sky program, a public-private partnership to advance movement tracking with the goal of "tracking any species, anywhere in the world for its entire lifetime."

*Science paper authors and their affiliations:*

- Roland Kays, Research Associate, Smithsonian Tropical Research Institute; Director, Biodiversity Lab, North Carolina Museum of Natural Sciences; Research Associate, North Carolina State University.
  - Margaret Crofoot, Research Associate, Smithsonian Tropical Research Institute; Assistant Professor of Anthropology, University of California Davis, ICARUS executive board, Max Planck Institute for Ornithology.
  - Walter Jetz, Associate Professor, Yale University; Professor, Imperial College London.
  - Martin Wikelski, Research Associate, Smithsonian Tropical Research Institute; Director, Max Planck Institute for Ornithology; Professor of Ornithology, University of Konstanz.
- This study was supported by NASA Biodiversity Grant NNX11AP72G and NSF grants EF 1232442, DBI 0756920, DBI 0960550, DEB 1026764, and IOS 1250895.
- Reference: R. Kays et al., 2015. Terrestrial animal tracking as an eye on life and planet. *Science* 348, aaa2478 (2015). DOI: 10.1126/science.aaa2478 T

## **Estamos entrando en una "era dorada" en el rastreo de Animales. El Smithsonian en conjunto con investigadores del movimiento animal**

En la edición del 12 de junio de la revista *Science*, los científicos asociados del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales comentan que los animales que portan los nuevos dispositivos de marcado y rastreo nos dan un vistazo en tiempo real de su comportamiento y de la salud ambiental del planeta.

"Sugerimos que ha iniciado la era dorada de la ciencia de rastreo de animales", predicen, "los próximos años serán de descubrimientos emocionantes sin precedentes."

En los últimos cinco años la tecnología de rastreo por radio ha sido reemplazada por las etiquetas de GPS más pequeñas que permiten a los científicos rastrear con precisión a grandes números de animales y de utilizar satélites para rastrear individuos a medida que se mueven a través del globo.

Los animales están equipados con múltiples sensores para realizar seguimiento de su salud, el consumo de energía e incluso para monitorear sus ondas cerebrales. Los investigadores pueden combinar esta información con los datos del clima y otros datos del medio ambiente monitoreados remotamente, así como para dar seguimiento a las interacciones complejas entre grupos enteros de animales.

Tres de los cuatro autores del artículo de *Science*, Roland Kays, Margaret Crofoot y Martin Wikelski (ver sus afiliaciones debajo) trabajaron juntos por primera vez en la Estación de Investigación del Smithsonian en la Isla Barro Colorado en Panamá para desarrollar un sistema de radio telemetría automatizada, utilizando torres con receptores de radio para rastrear a los animales

## *Dispositivos de seguimiento de animales en tiempo real marcarán el comienzo de una época de descubrimientos emocionantes, sin precedentes*

mientras se movían a través de la densa selva tropical de tierras bajas.

El proyecto ARTS inició en el 2002 como un proyecto conjunto entre el Smithsonian, la Universidad de Princeton y el Museo del Estado de Nueva York con el apoyo de antiguos donantes y el mentor Frank Levinson. En ese entonces, para seguir a un solo animal, el científico portaba una antena y se tropezaba a través de la vegetación de la selva siguiendo una señal de radio proveniente del radio collar del animal. A menudo perturbaba al animal en el proceso. Para cuando el proyecto ARTS terminó en el 2010, los investigadores podían rastrear a distancia hasta 200 animales a la vez, las 24 horas, los 7 días a la semana y visualizar sus movimientos en Internet.

El equipo de científicos del proyecto ARTS, estudiantes de post doctorado y otros estudiantes dieron seguimiento a monos capuchinos, ocelotes, osos perezosos, murciélagos, agutíes e incluso a abejas de las orquídeas, logrando grandes avances en la comprensión de su vida social y su papel en el siempre cambiante ecosistema del bosque tropical.

Los autores sostienen que la enorme cantidad de datos del movimiento de los animales, que ahora está disponible, pueden ser utilizados como una forma de “percepción de quórum”. Cada animal actúa como un sensor. En conjunto, los datos combinados de movimiento y de salud de los animales de todo el planeta señalan peligros ambientales.

El entender el movimiento es vital para la investigación de la biodiversidad, la predicción de los puntos clave de conservación, la identificación de las zonas

de conflicto entre humanos y animales, la reconstrucción y el mantenimiento de la pesca y los ecosistemas productivos, además de la comprensión de la propagación de pandemias y las especies invasoras. El Smithsonian ha jugado un papel en la convocatoria de expertos internos y socios externos estratégicos.

Del 8 al 9 de julio, el Instituto de la Conservación de la Biología del Smithsonian en Front Royal, Virginia, será la sede de un taller para poner en marcha una nueva iniciativa, SI MOVE: Un Observatorio Terrestre de la Ecología del Movimiento. La iniciativa complementa a los Observatorios Marinos y Terrestres del Smithsonian y como parte de su gran desafío de entender y sostener un planeta biodiverso.

SI MOVE también se basará en los esfuerzos existentes de los socios de la Institución Smithsonian en el programa Sky, una asociación público-privada para avanzar en el monitoreo del movimiento con el objetivo de “dar seguimiento de cualquier especie y en cualquier lugar en el mundo durante toda la vida del individuo.”

Autores del artículo en *Science* y sus afiliaciones:

- Roland Kays, Investigador Asociado del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales; Director del laboratorio de Biodiversidad del Museo de Ciencias Naturales de Carolina del Norte; Investigador Asociado de la Universidad Estatal de Carolina del Norte.

- Margaret Crofoot, Investigadora Asociada, Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales; Profesora Adjunta

de Antropología de la Universidad de California Davis, parte de la junta ejecutiva en ICARUS, Instituto Max Planck de Ornitología.

- Walter Jetz, profesor asociado de la Universidad de Yale; Profesor del Imperial College de Londres.

- Martin Wikelski, Investigador Asociado, Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales; Director del Instituto Max Planck de Ornitología; Profesor de Ornitología de la Universidad de Konstanz.

Este estudio se realizó con el apoyo de una Subvención para la Biodiversidad de la NASA NNX11AP72G y subvenciones NSF EF 1232442, 0756920 DBI, DBI 0960550, DEB 1026764, 1250895 y el IOS.

Referencia: R. Kays et al., 2015. Terrestrial animal tracking as an eye on life and planet. *Science* 348, aaa2478 (2015). DOI: 10.1126/science.aaa2478 

# The Majority Rules When Baboons Vote With Their Feet



◀ An olive baboon troop at the Mpala Research Center in Kenya. These baboons live in strongly hierarchical troops. Dominant individuals displace subordinates when feeding or mating. Studying their organizational behavior provides insights into the evolution of sociality in animals, including humans. Photo by Rob Nelson.

Una tropa de babuinos oliva en el Centro de Investigación Mpala en Kenia. Estos babuinos viven en tropas de tipo fuertemente jerárquicas. Los individuos dominantes desplazan a los subordinados cuando se alimentan o se aparean. El estudio de su comportamiento organizacional proporciona información detallada sobre la evolución de la sociabilidad de los animales, incluyendo a los humanos. Foto por Rob Nelson.

*“The biggest alpha males don’t necessarily influence where a baboon troop goes—many or all members can have a voice.”*

Olive baboon troops decide where to move democratically, despite their hierarchical social order, according to a new report in *Science* magazine by Smithsonian researchers and colleagues. At the Mpala Research Centre in Kenya, the team conducted the first-ever group-level GPS tracking study of primates, finding that any individual baboon can contribute to a troop's collective movement.

“Despite their social status, it’s not necessarily the biggest alpha males that influence where groups go,” said Margaret Crofoot, research associate at Smithsonian Tropical Research Institute (STRI) and assistant professor of anthropology at University of California, Davis (UC Davis). “Our observations suggest that many or all group members can have a voice, even in highly stratified societies.”

Wild olive baboons (*Papio anubis*) live in strongly hierarchical troops. Dominant individuals displace subordinates when feeding or mating. However, analyzing the second-by-second GPS trajectories of each individual in a single troop revealed that neither a baboon's rank nor their sex conferred leadership ability. Much to the scientists' surprise, what emerged was almost identical to patterns previously predicted by theoretical models based on the movements of fish schools, bird flocks and insect swarms. Decision making in baboons is largely a shared process—individuals vote with their feet by choosing to lead or follow their troop-mates.

The study suggests that even in complex societies, there may be an evolutionary benefit in reducing conflict by following simple, egalitarian rules to determine collective motion. It also

demonstrates the potential of using high-resolution GPS trackers to meet the challenge of accurately capturing the dynamics of social animal interactions in the wild.

“Just ten years ago these questions seemed impossible to tackle,” said Smithsonian post-doctoral fellow Damien Farine, based jointly at the University of Oxford and UC Davis. First, researchers trapped and fitted 25 members of a wild baboon troop with custom-designed GPS collars to record each individual's location once per second for 14 days. The resulting 20 million GPS data points—representing the simultaneous, continuous movements of more than 80 percent of the group's adults and subadults relative to each other—included not just collective movement decisions but also eating, hanging out and playtime.

Farine and co-first author Ariana Strandburg-Peshkin, a student at Princeton University, were tasked with extracting meaningful information from this glut of data. “We used some

## La mayoría impone las reglas cuando los babuinos votan con los pies

very creative computational analysis to isolate patterns of individual movement initiation attempts,” said Farine.

He and Strandburg-Peshkin wrote a program to calculate the relative movements of the baboons in pairs. Each individual’s movement away from the group could potentially “pull” another one toward it. If the second individual did not follow, the movement initiator would return, “anchored” by the decision of its neighbor. These simple behavioral rules have cumulative effects. If an individual’s movement decisions are unchallenged, it is likely to eventually be followed by a subgroup of other baboons, and eventually the whole troop.

Voting comes in if there is conflict about where to go, but this is also determined democratically. If multiple individuals initiate movements in similar directions, then the troop generally compromises by moving in the average of the angle of difference between individual choices. But if the angle of difference between the directions two individuals take differs greatly, the troop is less likely to follow—because when they do, they have to choose one direction over the other.

The baboons’ solution to the resulting conflict is surprisingly simple: they follow the majority. This majority rule means that they are more likely to follow the subgroup containing the greatest number of initiators, and as a result make a decision that suits the majority of the troop.

“We are looking at are very broad patterns here,” said Crofoot. “The next step will be to look at context to figure out what motivates individual baboons to initiate movement in the first place, and if some individuals can take advantage of certain situations to disproportionately influence the group.” 

Según un reciente informe publicado en la revista *Science* por investigadores del Smithsonian y colegas, las tropas de babuinos oliva deciden a dónde moverse democráticamente, a pesar de su orden social jerárquico. En el Centro de Investigación Mpala en Kenia, el equipo llevó a cabo el primer estudio de seguimiento GPS a nivel de un grupo de primates, descubriendo que cualquier individuo puede contribuir al movimiento colectivo de la tropa.

“A pesar de su condición social, no son los machos alfa más grandes los que necesariamente influencian a dónde van los grupos”, comentó Margaret Crofoot, investigadora asociada en el Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI) y profesora asistente de antropología en la Universidad de Cal-

ifornia en Davis (UC Davis). “Nuestras observaciones sugieren que muchos o todos los miembros del grupo pueden tener una ‘voz’, incluso en sociedades muy estratificadas.”

Los babuinos oliva salvajes (*Papio anubis*) viven en tropas de tipo fuertemente jerárquicas. Los individuos dominantes desplazan a los subordinados cuando se alimentan o se aparean. Sin embargo, el análisis de las trayectorias GPS grabadas por segundo de cada individuo en una sola tropa, reveló que ni el rango de un babuino, ni su sexo confiere la capacidad de liderazgo. Para sorpresa de los científicos, lo que surgió fueron patrones casi idénticos previamente predichos por los modelos teóricos basados en los movimientos de los bancos de peces, las bandadas



▲  
**Project leader Margaret Crofoot (right) and researcher Roland Kays (left), both research associates at the Smithsonian Tropical Research Institute, prepare GPS collars for their study subjects. The collars are custom-designed to weigh less than 5 percent of an olive baboon’s body weight, record positional data once per second for at least 2 weeks and automatically detach at the end of the study.**

La líder del proyecto Margaret Crofoot (der.) y el investigador Roland Kays (izq.), ambos asociados de investigación en el Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, preparan los collares GPS para sus sujetos de estudio. Los collares son diseñados a la medida para que pesen menos del 5 por ciento del peso del cuerpo de un babuino oliva, registran los datos de posición una vez por segundo durante al menos 2 semanas y se desprenden automáticamente al final del estudio.

## *“Los machos alfa más grandes no necesariamente influyen en una tropa de babuino - muchos o todos los miembros puedan tener una voz.”*

de aves y los enjambres de insectos. La toma de decisiones en los babuinos es en gran medida un proceso compartido: los individuos votan con sus pies al optar por dirigir o seguir a sus compañeros de tropa.

El estudio sugiere que incluso en sociedades complejas, puede haber un beneficio evolutivo en la reducción de los conflictos al seguir reglas simples, igualitarias para determinar el movimiento colectivo. También demuestra el potencial del uso de rastreadores GPS de alta resolución para afrontar el reto de capturar con precisión la dinámica de las interacciones sociales de los animales en su hábitat natural.

“Hace apenas diez años estas interrogantes parecían imposibles de abordar”, comentó Damien Farine, becario de post doctorado del Smithsonian, con base de operaciones en conjunto en la Universidad de Oxford y la Universidad de California Davis. En primer lugar, los investigadores atraparon y equiparon a 25 miembros de una tropa de babuinos salvajes con collares GPS de diseño personalizado para registrar la ubicación de cada individuo una vez por segundo durante 14 días. Los 20 millones de puntos de datos GPS resultantes, representan los movimientos simultáneos y continuos de más del 80 por ciento de los adultos y sub-adultos del grupo en relación con cada uno, incluyendo no sólo las decisiones de movimientos colectivos, sino también de su alimentación, de cuando estaban quietos y de cuando jugaban. Farine y la co-autora principal Ariana Strandburg-Peshkin, estudiante de la Universidad de Princeton, se encargaron

de extraer información significativa de este exceso de datos. “Utilizamos un análisis computacional muy creativo para aislar patrones de intentos de inicio de movimiento individuales”, comentó Farine.

Él y Strandburg-Peshkin escribieron un programa para calcular los movimientos relativos de los babuinos en pares. Los movimientos de cada individuo lejos del grupo podría potencialmente “halar” a otro hacia éste. Si el segundo individuo no lo siguió, el iniciador del movimiento volvería a “anclarse” debido a la decisión de su vecino. Estas reglas de comportamiento simples tienen efectos acumulativos. Si las decisiones de movimiento de un individuo no obtienen respuesta, es probable que con el tiempo el individuo sea seguido por un subgrupo de otros babuinos, y, finalmente, toda la tropa.

La votación viene en si hay conflicto sobre a dónde ir, pero esto también se determina democráticamente. Si varios individuos inician movimientos en direcciones similares, entonces la tropa se compromete generalmente moviéndose en la media del ángulo de diferencia entre las elecciones individuales. Pero si el ángulo de la diferencia entre las direcciones que dos individuos toman difiere en gran medida, es menos probable que la tropa le siga, porque cuando lo hacen, tienen que elegir una dirección sobre la otra.

La solución de los babuinos al conflicto resultante es sorprendentemente simple: ellos siguen a la mayoría. Esta regla de la mayoría significa que son más propensos a seguir el subgrupo que con-

tiene el mayor número de iniciadores, y como resultado de tomar una decisión que se adapte a la mayoría de la tropa. “Estamos estudiando patrones muy amplios aquí”, comentó Crofoot. “El próximo paso será de observar el contexto para averiguar lo que motiva a los babuinos individuales a iniciar el movimiento en el primer lugar, y si algunos individuos pueden tomar ventaja de ciertas situaciones para influir al grupo de manera desproporcionada.” 



CLICK TO WATCH VIDEO  
HAGA CLICK PARA VER VIDEO

# More Pygmy Sloths in Panama Than Previously Estimated



▲  
**Escudo de Veraguas Island, Panama, home to the Pygmy Sloth. Photo by Bryson Voirin**  
Isla Escudo de Veraguas, Panamá, hogar del perezoso pigmeo. Foto por Bryson Voirin

## Isolated Species Provides Unique Conservation Opportunity

A Smithsonian scientist found that pygmy sloths wander inland in addition to inhabiting the mangrove fringes of their island refuge. He realized that the population size of the pygmy sloth was underestimated; a new, higher estimate for the number of sloths on Panama's Escudo de Veraguas Island points to how little is known about the species, and it underscores the need to conserve the sloths' isolated home.

Found only on a tiny island in the southern Caribbean, the threatened population of the pygmy three-toed sloth (*Bradypus pygmaeus*) does not have much room to grow. Fortunately, the world's smallest sloth species is less fussy about habitat than initially thought. Once believed to live only in the mangroves that edge Panama's Escudo de Veraguas Island, a new paper in the *Journal of Mammalogy* shows that the sloths also inhabit the island's forested interior. This suggests that an estimate of fewer than 500 individuals based on the most recent census of pygmy sloths—79 individuals counted

in the mangroves—may have fallen considerably short.

Bryson Voirin, a former fellow at the Smithsonian Tropical Research Institute, placed radio collars on 10 sloths in mangroves and tracked their unhurried movements at three- to six-month intervals over a period of three years. Only three sloths remained entirely within the mangroves. Five moved past the mangrove edge into other tree species, and four moved more than 200 meters inland—quite far for a sloth. Coupled with population density estimates and extrapolated across the island's 430 hectares, Voirin reached a high-end estimate of almost 3,200 individuals.

"The actual population size is most likely somewhere between these two—perhaps 500 to 1,500 individuals," said Voirin, a researcher at Germany's Max Planck Institute of Ornithology.

"In any case, this is an extremely small number for an entire species."

Voirin warned against too much optimism for the pygmy sloth's critically endangered status. Escudo de Veraguas is only nominally protected

*Even though the pygmy three-toed sloth's population is probably higher than previously thought, it's still extremely small for an entire species*

and developers have the island in their crosshairs—one proposal calls for turning the place into a semi-autonomous tax haven boasting a marina, airstrip, casino and hotel.

"Declaring the island a wildlife refuge or national park would protect not only the pygmy sloths, but also the other unique species found on the island," said Voirin. Escudo de Veraguas is also home to an endemic hummingbird species and an endemic bat species. Its beaches are important for nesting sea turtles, and its flora remains understudied. Currently, the island falls under jurisdiction of the indigenous territory of Ngäbe-Buglé Comarca, and it is also threatened by unregulated timber harvesting.

The pygmy sloth was first described in 2001 by researchers at the Smithsonian's National Museum of Natural History as separate from its mainland sister species, *B. variegatus*. It is about 40 percent lighter in body mass and 15 percent shorter in overall body length. Rising seas isolated Escudo de Veraguas about 9,000 years ago, and the sloth appears to have followed the process of insular dwarfism, by decreasing in size over time. Voirin and colleagues also found that because there are no sloth predators on the island the pygmy sloth exhibits different sleep-and-wake patterns from its mainland relative.

Future pygmy sloth research will involve deeper analysis of the species' genetics and the diverse microbial community that lives on its fur. Voirin also hopes to better understand the sloth's diet and population trends.

"Further scientific research on the pygmy three-toed sloth is much needed, and we hope we will continue to yield new insights into its life history," he said. "Such research will not only help us to better understand the species, but will enable us to ensure that it persists into the future." T

# Hay más perezosos pigmeos que lo estimado



Bryson Voirin, author of the study, handles Pygmy Sloth  
Credit: Matthew Manupella

Bryson Voirin, autor del estudio, con un perezoso pigmeo. Crédito de imagen: Matthew Manupella

*A pesar de que la población de los perezosos pigmeos de tres dedos es probablemente mayor que se pensaba, todavía es muy pequeña para una especie entera*

## Especie aislada ofrece una oportunidad única para la conservación

Un científico trabajando con el Smithsonian descubrió que los perezosos pigmeos se desplazan tierra adentro, además de habitar las franjas de manglares de su isla refugio. Se dio cuenta que el tamaño de la población del perezoso pigmeo estuvo subestimado; el nuevo estimado para el número de perezosos en Isla Escudo de Veraguas de Panamá indica lo poco que se conoce sobre la especie, y destaca la necesidad de conservar el hogar aislado de los perezosos.

Encontrada solamente en una pequeña isla en el sur del Caribe, la Isla Escudo de Veraguas, la población del perezoso pigmeo de tres dedos (*Bradypterus pygmaeus*) no tiene mucho espacio para crecer. Afortunadamente, esta

especie de perezoso más pequeño del mundo es menos exigente sobre su hábitat que lo que se pensaba inicialmente. Antes se creía que sólo vivía en los manglares que bordean a Isla Escudo de Veraguas en Panamá, pero un artículo en la revista *Journal of Mammalogy* muestra que los perezosos también habitan en el interior boscoso de la isla. Esto sugiere una estimación de menos de 500 individuos basado en el censo más reciente de perezosos pigmeos -79 individuos contados en los manglares- puede haberse quedado cortos al contar.

Bryson Voirin, antiguo becario del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, colocó collares de radio en 10 perezosos en los manglares y rastreó sus movimientos pausados en intervalos de tres a seis meses durante un período de tres años. Sólo tres perezosos permanecieron enteramente dentro

de los manglares. Cinco se trasladaron más allá del borde del manglar hacia otras especies de árboles, y cuatro se trasladaron más de 200 metros tierra adentro, bastante lejos para un perezoso. Junto con estimaciones de la densidad de población y extrapolado a través de la isla de 430 hectáreas, Voirin alcanzó un estimado superior de casi 3,200 individuos.

“El tamaño real de la población es muy probable que esté entre estos dos, quizás de 500 a 1,500 individuos”, comentó Voirin, investigador del Instituto Max Planck de Ornitología de Alemania. “En cualquier caso, esto es un número extremadamente pequeño para una especie entera.”

Voirin enfatiza el estado de peligro crítico del perezoso pigmeo. Escudo de Veraguas está solamente protegida nominalmente. Hay personas quienes tienen la isla en la mira para el desarrollo. Una propuesta aboga convertir el lugar en un paraíso fiscal semiautónomo que cuenta con un puerto, pista de aterrizaje, casino y hotel. También la flora y fauna de la isla están amenazadas por la extracción no regulada de madera.



#### ▲ Pygmy Sloth, only found on Escudo de Veraguas Island, Panama Credit: Bryson Voirin

El perezoso pigmeo sólo se encuentra en la Isla Escudo de Veraguas, Panamá. Crédito de imagen: Bryson Voirin

“El declarar la isla en un refugio de vida silvestre o parque nacional protegería no sólo a los perezosos pigmeos, sino también las otras especies únicas que se encuentran en la isla”, comentó Voirin. Escudo de Veraguas es también el hogar de una especie de colibrí y una especie de murciélago que no están encontrados en ningún otro lugar en el mundo. Sus playas son importantes para la anidación de las tortugas marinas y su flora sigue siendo poco estudiada. Actualmente, la isla está bajo la jurisdicción del territorio indígena de la Comarca Ngäbe-Buglé.

El perezoso pigmeo fue descrito por primera vez en 2001 por investigadores del Museo Nacional de Historia Natural del Smithsonian como parente de su especie hermana del continente, el *B. variegatus*. El perezoso pigmeo es un 40 por ciento más ligero en la masa corporal y un 15 por ciento más corto en longitud total del cuerpo. La subida del nivel del mar aisló a Escudo de Veraguas hace unos 9,000 años, y el perezoso parece haber seguido un proceso de enanismo insular, al disminuir

en tamaño con el tiempo. Voirin y sus colegas también encontraron que debido a que en la isla no hay depredadores de éste, el perezoso pigmeo exhibe distintos patrones de sueño y vigilia a diferencia de su parente en tierra firme.

Futuras investigaciones del perezoso pigmeo implicarán un análisis más profundo de la genética de la especie y de la diversa comunidad microbiana que vive de su piel. Voirin también espera comprender mejor la dieta y las tendencias poblacionales de éste.

“Es muy necesaria la investigación científica del perezoso pigmeo de tres dedos, y esperamos continuar para obtener nuevos conocimientos sobre su historia de vida”, comentó. “Este tipo de investigación no sólo nos ayudará a comprender mejor la especie, si no que nos permitirá asegurar que continúe en el futuro.”

Referencia: Voirin, B. 2015. Biology and conservation of the pygmy sloth, *Bradypus pygmaeus*. Journal of Mammalogy. DOI:10.1093/jmammal/gv078 



CLICK TO WATCH VIDEO  
HAGA CLICK PARA VER VIDEO



MOSAIC  
MOSAICO

These *Pyschotria* leaves are representative of the many species of this plant genus that are found in Panama.

Estas hojas de *Pyschotria* son representativas de las muchas especies del género de esta planta que se encuentran en Panamá.

*Psychotria elata*



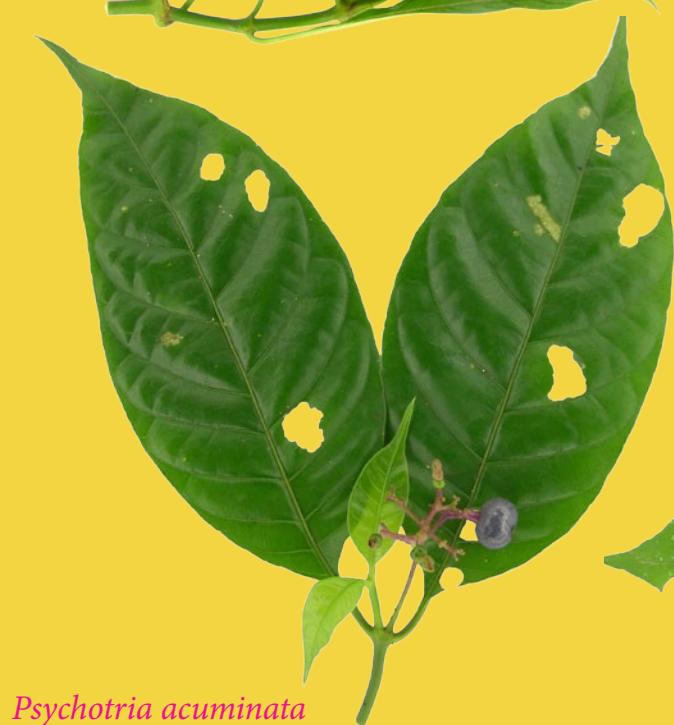
*Psychotria hoffmanseggiana*



*Psychotria emetica*



*Psychotria surrensis*



*Psychotria acuminata*



*Psychotria gracilenta*



# Panama's chemical diversity

## La diversidad química de Panamá

Luis Cubilla - University of Panama / Universidad de Panamá

**A**nyone interested in studying the astonishing variety of life in Panama or in other mega-biodiverse countries—based on first-hand experience—is impressed by the abundance of organisms and the colors and shapes that meet the eye.

But underlying the tropics' conspicuous biological diversity there is even more astounding chemical diversity: a profusion of compounds mediate all biological functions, from the processes most basic to an organism's survival to the most complex relationships between members of an ecosystem.

This is obvious when you watch a fruit change color as it ripens—the internal chemical reactions provoke visible changes. A hungry frugivore perceives the changes, which, as it has learned through evolutionary processes, indicate whether the fruit is edible or not.

Some beetles have the ability to sequester toxins from their host plants to use as defense mechanisms against their own biological enemies. These toxins also often result in bright coloration of the beetle, indicating to its predators that it is dangerous to eat.

Similar patterns can be crucial to the survival of seeds of plant species that use secondary metabolites—chemicals not directly involved in the plant's growth—as weapons of defense against pathogens.

Tiny threads of fungi growing inside plant tissues develop mutually beneficial relationships with their host plants resulting in a balance between these beneficial fungi and invading pathogenic fungi. These endophytic fungi prevent pathogenic fungi from proliferating and destroying the host, as often happens when fungal pathogens attack cocoa, coffee, pigeon peas, and a variety of vegetables, all economically important.

Rigorous and continuing study of the chemical relationships between guest organisms and their hosts will enable the development of strategies for biological control, which, strictly speaking, is based on an organism producing chemicals that combat potential pathogens. It is impressive to see how, in an experiment using rice plants, an unknown endophytic fungus can restrict the growth of the rice pathogen, *Phytophthora palmivora*.

Understanding natural chemical interactions may lead to the identification of useful biological control strategies, to environmentally friendly strategies for wastewater treatment,

**Q**uien se interesa en el estudio de las diversas formas de vida en países mega diversos como Panamá, porque ha vivido en ellos o bien los ha visitado, queda generalmente sorprendido por la abundancia y proliferación de organismos, colores y formas que van apareciendo ante su mirada.

Junto a esta diversidad biológica, coexiste la diversidad química. Ese cúmulo de sustancias que median, desde, las funciones biológicas más elementales para la supervivencia de un organismo hasta las relaciones más complejas que se desarrollan entre los diversos miembros de un ecosistema.

Basta observar cómo el fruto o semilla de una determinada especie de planta va cambiando de color durante su proceso de maduración; esto significa que a lo interno del fruto (o semilla) se están produciendo reacciones químicas que provocan esos cambios visibles. Estos cambios pueden ser percibidos por un organismo consumidor; el cual ha aprendido evolutivamente si este fruto es consumible o no.

Por ejemplo, algunos escarabajos tienen la capacidad de secuestrar toxinas de sus plantas hospederas para luego utilizarlos en sus mecanismos de defensa frente a sus enemigos biológicos. Estas toxinas en muchos casos producen coloraciones en el escarabajo que “indican” al depredador que su consumo es tóxico.

Patrones similares pueden ser determinantes en la supervivencia de las semillas de especies vegetales que pueden contener metabolitos secundarios que utilizan como sus armas de defensa frente a organismos patógenos.

En el caso de los hongos endófitos, ellos desarrollan relaciones mutualistas con su planta hospedera; generando un equilibrio entre los hongos patógenos y los benéficos evitando que los primeros proliferen y destruyan el organismo hospedero como suele ocurrir con los hongos fitopatógenos del cacao, café o el guandú, otras especies de vegetales, todas ellas de importancia económica.

Estudios rigurosos y continuos de las relaciones químicas entre esto huéspedes y sus hospederos permitirán el desarrollo de estrategias para el control biológico, que en sentido estricto se fundamenta en que un organismo genera sustancias químicas que combaten al patógeno potencial. Es impresionante ver como, en ensayos in vivo, una cepa de un hongo endófito no conocido restringe el crecimiento de *Phytophthora palmivora*,



Cacao pods / Frutos del Cacao

the development of drugs and agrochemicals, and also to methods for regenerating soils and plant species.

Basic research by Lissy Coley and Tom Kursar from the University of Utah about the chemical defenses used by young leaves on Barro Colorado Island to deter herbivorous insects. This led to the development of the Panama International Collaborative Biodiversity Group, ICBG - Panama, based on the initial hypothesis that young leaves contain larger quantities of defense chemical. This research group was selected by the United Nations as a model group for the implementation of the Convention on Biological Diversity (CBD).

So these intricate, multidimensional chemical relationships, observed among different members of the biotic community, are more numerous in the tropics and are undoubtedly a limitless source of possibilities for the development of research projects. They will help us understand our ecosystems and provide solutions for society's problems. They are also a source of new challenges for both young and experienced scientists interested in chemical ecology of the tropics. T

hongo fitopatógeno del arroz.

Estas interacciones químicas pueden conducir a la determinación de aplicaciones útiles para desarrollar controles biológicos, o tener usos ambientales para el tratamiento de aguas residuales, el desarrollo de agroquímicos o medicamentos; y también para encontrar vías de regeneración de suelos y especies vegetales.

Así, estudios básicos realizados en la Isla Barro Colorado por Lissy Coley y Tom Kursar de la Universidad de Utah, relacionados con las defensas químicas empleadas por las hojas jóvenes frente a insectos herbívoros permitieron el desarrollo en Panamá del Proyecto de los Grupos Colaborativos Internacionales para la Biodiversidad mejor conocido como el ICBG – Panamá, fundamentado en la hipótesis inicial que las hojas jóvenes contenían mayores cantidades de sustancias químicas para poder defenderse de sus depredadores. Este grupo fue seleccionado, posteriormente, por las Naciones Unidas como un grupo modelo para la aplicación del Convenio de Diversidad Biológica (CDB).

De esta forma, estas intrincadas relaciones químicas, multidimensionales, que se observan y comprueban entre los diversos miembros de una comunidad biótica, existen en mayor proporción en los trópicos; y son sin lugar a dudas una fuente inagotable de posibilidades para el desarrollo de investigaciones que conduzcan a entender nuestros ecosistemas y proveer soluciones a problemas de la sociedad. Así mismo, constituyen una fuente de nuevos desafíos para nuevos y experimentados científicos interesados en la ecología química de los trópicos. T



# STRI REWIND

## REBOBINA



**Lissy Coley and Tom Kursar, now at the University of Utah, grind leaves to extract plant defense chemicals.**

Lissy Coley y Tom Kursar, ahora en la Universidad de Utah, triturando hojas de una planta para extraer productos químicos de defensa.

### PANAMA DRUG DISCOVERY PROJECT ENDS

The active ingredients in half of our pharmaceuticals are based on chemicals from natural sources. Understanding which organisms produce chemical compounds as chemical defenses drastically reduces the costs of developing new medicines.

The Panama International Cooperative Biodiversity Group was founded in 1998 to seek new treatments for cancer, AIDS, malaria, dengue, chagas disease, trypanasomas and leishmaniasis.

The project, which officially ended this year, created significant and long-lasting research partnerships between Panamanian and U.S. research institutions and trained dozens of students in microbiology, chemistry and taxonomy.

By documenting species richness and increasing awareness of the potential economic value of biodiverse ecosystems, the project linked drug discovery to conservation. 

### FINALIZA PROYECTO DE DESCUBRIMIENTO DE FÁRMACOS EN PANAMÁ

Los ingredientes activos de la mitad de los fármacos se basan en productos químicos procedentes de fuentes naturales. Entender que muchos compuestos químicos sirven como defensas nos enseña dónde buscar compuestos interesantes y reduce drásticamente los costos de desarrollo de nuevos medicamentos.

El Panama International Cooperative Biodiversity Group fue fundado en 1998 para buscar nuevos tratamientos para el cáncer, el SIDA, la malaria, el dengue, la enfermedad de Chagas, la trypanasomas y la leishmaniasis.

El proyecto, que terminó oficialmente este año, creó asociaciones de investigación significativa y duradera entre las instituciones panameñas y estadounidenses. También formó decenas de estudiantes de la microbiología, la química y la taxonomía.

Al documentar la riqueza de especies y al aumentar la concienciación del valor económico potencial de los ecosistemas biodiversos, el proyecto vinculó el descubrimiento de fármacos a la conservación. 





Smithsonian Tropical Research Institute