



STRINNEWS

JANUARY 10, 2014

FUNGI MAY DETERMINE THE FUTURE OF SOIL CARBON



Photo: Adriana Corrales

When scientists discuss global change, they often focus on the amount of carbon in the atmosphere and vegetation. But soil contains more carbon than air and plants combined. This means that even a minor change in soil carbon could have major implications for the Earth's atmosphere and climate. New research by Smithsonian Tropical Research Institute scientist Benjamin Turner and colleagues points to an unexpected driver of soil carbon content: fungi.

“This finding puts soil biology at the front and center of the debate about the factors that drive soil carbon storage,” said Turner, who collaborated with researchers at the University of Texas at Austin and Boston University.

Previous studies considered soil degradation, climate and plant productivity to be the most important regulators of soil carbon content. However, findings published this week in *Nature* by researchers including Turner suggest that soil biology plays a greater role. Some types of symbiotic fungi can lead to 70 percent more carbon in the soil. The role of these fungi is currently not considered in global climate models.

The majority of plants team up with fungi, exchanging plant carbon for soil nutrients supplied by the fungus. These mutually beneficial relationships can be broadly grouped

into three major categories: arbuscular mycorrhizas (AM), ectomycorrhizas, and ericoid mycorrhizas. The AM symbiosis is most common, occurring in approximately 85 percent of plant families, while ecto- and ericoid mycorrhizas (EEM) occur in a few common families.

After an exhaustive number of model runs on data from more than 200 soil profiles from around the globe, the authors found that soils supporting EEM plant communities contained 70 percent more carbon per unit nitrogen than soils supporting AM-dominated plant communities. The effect is significant at the global scale, because it is independent of biomass accumulation, temperature, precipitation and soil clay content.

The marked difference in soil carbon levels between AM and EEM ecosystems is due to the way the two kinds of mycorrhizal fungi acquire nutrients. EEM fungi produce enzymes that allow them to access organic forms of nitrogen, which are not available to AM fungi. By depleting nitrogen from the soil organic matter, EEM fungi limit the activity of the microorganisms that break down dead organic matter and return the carbon to the atmosphere. AM ecosystems impose fewer restrictions on the growth of carbon-consuming microbes.

◀ This *Amanita* species mushroom, an ectomycorrhizal fungus, is a symbiont of *Oreomunnea mexicana*, a common canopy tree at the Fortuna Forest Reserve in Panama.

Este hongo de la especie *Amanita*, hongo ecto-micorrízico, es un simbiote de la *Oreomunnea mexicana*, un árbol del dosel común en la Reserva Forestal de Fortuna en Panamá.



TUPPER SEMINAR

Tues., Jan. 14, 4pm

Loren McClenachan

Colby College
Tupper Auditorium
TBA

BAMBI SEMINAR

Thur., Jan. 16th, 7pm

WALTER CARSON

Plant Community Ecology,
University of Pittsburgh
Barro Colorado Island
[Consequences of changing disturbance and browsing regimes within the eastern deciduous forest of the United States with an emphasis on browsing refugia](#)

“This study shows that trees and decomposers are really connected via these mycorrhizal fungi, and that you can’t accurately predict future carbon cycling without thinking about how the two groups interact,” said Colin Averill, the study’s lead author, currently a graduate student at UT Austin. “We need to think of these systems holistically.”

Turner said the study provides strong evidence to support a theory published in 2011 by researchers in the United Kingdom and New Zealand. The results suggest any widespread shift in the species composition of forests could change the amount of carbon stored in soil, with consequences for atmospheric carbon dioxide concentrations.

“These findings will help to refine Earth-system models and promote debate on the extent to which soil microbes influence the global carbon cycle,” said Turner.

Averill, C., Turner, B.L, Finzi, A.C., 2014. Mycorrhizal-mediated competition between plants and decomposers drives soil carbon storage. *Nature*. 505, in press.

LOS HONGOS PUEDEN DETERMINAR EL FUTURO DEL CARBONO EN EL SUELO

Cuando los científicos discuten el cambio global, a menudo se enfocan en la cantidad de carbono en la atmósfera y la vegetación. Pero los suelos contienen más carbono que el aire y las plantas combinados. Esto significa que incluso un pequeño cambio en el carbono del suelo podría tener implicaciones importantes para la atmósfera y el clima de la Tierra. Una reciente investigación por el científico Benjamin Turner y sus colegas del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales apunta a un controlador inesperado del contenido de carbono del suelo: los hongos.

“Este hallazgo pone a la biología de los suelos al frente y centro del debate sobre los factores que impulsan el almacenamiento de carbono en el suelo”, comentó Turner, quien colaboró con investigadores de la Universidad de Texas en Austin y la Universidad de Boston.

Estudios previos consideraban que la degradación del suelo, el clima y la productividad de las plantas son los reguladores más importantes del contenido de carbono del suelo. Sin embargo, los resultados publicados esta semana en la revista *Nature* por investigadores incluyendo a Turner sugieren que la biología del suelo juega un papel más importante. Algunos tipos de hongos simbióticos pueden conducir a un 70 por ciento más de carbono en el suelo. El papel de estos hongos en la actualidad no es considerado en los modelos climáticos globales.

La mayoría de las plantas se unen con los hongos, intercambiando el carbono de las plantas por nutrientes del suelo suministrados por el hongo. Estas relaciones de beneficio mutuo se pueden agrupar en tres categorías principales: las micorrizas arbusculares (MA),



Photo: C. Ziegler

▲ Data for this research was collected from more than 200 soil profiles around the globe.

Los datos para este estudio fueron recogidos de más de 200 perfiles de suelos en todo el mundo.

las ectomicorrizas y las micorrizas ericoides. La simbiosis MA es más común, ocurriendo aproximadamente en el 85 por ciento de las familias de plantas, mientras que las micorrizas ecto y ericoides (MEE) se producen en unas pocas familias comunes.

Después de una serie exhaustiva de ejecuciones del modelo con datos de más de 200 perfiles de suelos de todo el mundo, los autores encontraron que los suelos que mantienen las comunidades vegetales MEE contenían un 70 por ciento más de carbono por unidad de nitrógeno que los suelos que mantienen las comunidades vegetales dominadas por MA. El efecto es significativo a escala global, ya que es independiente de la acumulación de biomasa, la temperatura, la precipitación y el contenido de arcilla del suelo.

La marcada diferencia en los niveles de carbono en el suelo entre los ecosistemas de MA y de MEE se debe a la forma en que los dos tipos de hongos micorrícicos adquieren nutrientes. Los hongos MEE producen enzimas que les permiten acceder a las formas orgánicas de nitrógeno, que no están a disposición de los hongos MA. Al disminuir el nitrógeno de la materia orgánica del suelo, los hongos MEE limitan la actividad de los microorganismos que descomponen la materia orgánica muerta y devuelven el carbono a la atmósfera. Los ecosistemas MA imponen menos restricciones en el crecimiento de los microbios que consumen carbono.

“Este estudio muestra que los árboles y los descomponedores están realmente conectados a través de estos hongos micorrízicos y que no se puede predecir con exactitud el futuro ciclo del carbono sin pensar en cómo los dos grupos interactúan”, comentó Colin Averill, autor principal del estudio, actualmente estudiante de posgrado en UT Austin. “Tenemos que pensar en estos sistemas de manera integral”.

Turner comentó que el estudio proporciona fuerte evidencia para apoyar una teoría publicada en el 2011 por investigadores

en el Reino Unido y Nueva Zelanda. Los resultados sugieren que cualquier cambio generalizado en la composición de especies de los bosques podría cambiar la cantidad de carbono almacenado en el suelo, con consecuencias para las concentraciones de dióxido de carbono en la atmósfera.

“Estos hallazgos ayudarán a mejorar los modelos del sistema terrestre y promover el debate sobre el grado en que los microbios del suelo influyen en el ciclo global del carbono”, comentó Turner.

RAINFOREST RODENTS RISK THEIR LIVES TO EAT

Hungry rodents that wake up early are much more likely to be eaten than rodents getting plenty of food and shut-eye, according to new results from a study at the Smithsonian Tropical Research Institute in Panama. The study was published in the journal *Animal Behavior*, early online edition, Dec., 2013.

Scientists equipped agoutis, common rainforest rodents, and ocelots, their feline predators, with radio collars and tracked them 24/7 via an automated telemetry system on Barro Colorado Island. Agoutis were most active in the daytime. Ocelots were most active at night.

“Agoutis eat tree seeds. Ocelots eat agoutis,” said Patrick Jansen, research associate at the Smithsonian Tropical Research Institute and assistant professor at Wageningen University. “Where food is hard to find, agoutis spend more time foraging and are more likely to be eaten by an ocelot.”

To determine when it was dangerous for agoutis to be active, scientists first recorded daily activity patterns of agoutis as well as ocelots. Camera traps placed across the island photographed all animals that passed in front of the lens and recorded the time.

During the day, thousands of agoutis were active, but few ocelots prowled the island. Around sunset, as agoutis sought the shelter of their burrows, the ratio of ocelots to agoutis jumped, and then dropped again around sunrise.

Radio signals produced by an animal’s transmitter collar were simultaneously picked up by radio towers around the island. Researchers could “watch” the animals’ activity online.

When an animal stopped moving, scientists saw a flat line, much like the electrocardiogram of a heart-attack victim, on their screens. When agoutis died, researchers quickly arrived on the scene to determine the cause of death. Placing a video camera at the scene allowed them to know if a predator returned to eat the remains. Seventeen of 19 dead agoutis found in the study were killed by ocelots. Most kills happened just before sunrise and just after sunset, when relatively few agoutis are active.

Scientists compared daily activity patterns of agoutis between parts of forest with contrasting abundance of palm seeds. First, they



Photo: C. Ziegler

▲ Scientists equipped agoutis, common rainforest rodents, and ocelots, their feline predators, with radio collars and tracked them 24/7 via an automated telemetry system on Barro Colorado Island. Agoutis were most active in the daytime. Ocelots were most active at night.

Los científicos equiparon a agutías (*Dasyprocta*), roedores comunes de la selva y a ocelotes, sus depredadores felinos, con collares de radio y los rastrearón 24/7 a través de un sistema de telemetría automatizada en la Isla Barro Colorado. Los agutías eran más activos durante el día. Los ocelotes eran más activos durante la noche.

determined at what times agoutis entered and exited their burrows based on changes in radio signals. Second, they placed camera traps at the entrances and recorded the time an agouti entered and exited.

Both methods showed that agoutis in areas with less food left their burrows earlier and entered their burrows later than agoutis in food-rich areas. Hungry agoutis were much more active at twilight and were more likely to get killed by an ocelot.

“We knew that hungry animals tend to take more risks” said Jansen. “But this is the first study to so thoroughly document the behavior of both predator and prey.”

Next, Jansen will examine what the differences in predation risk mean for seed dispersal by agoutis, which bury seeds as food reserves in numerous scattered caches. “Obviously, once an ocelot kills an agouti, the agouti can no longer eat its food reserves,” Jansen said. “These seeds may germinate and establish a new tree. Hungry agoutis plant trees but may never see the fruit of their labor—a fascinating feedback loop.”

This study was supported by U.S. National Science Foundation and the Netherlands Organization for Scientific Research. The Automated Telemetry System was funded by the Frank Levinson Family Foundation.

LOS ROEDORES DEL BOSQUE TROPICAL ARRIESGAN SUS VIDAS PARA COMER

Según recientes resultados de un estudio en el Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales en Panamá los roedores hambrientos que se despiertan temprano son mucho más propensos a que se los coman que aquellos que consiguen mucha comida y luego “toman una siesta”. El estudio fue publicado en la revista *Animal Behavior*, edición temprana en línea, diciembre de 2013.

Los científicos equiparon a agutíes (*Dasyprocta*), roedores comunes de la selva y a ocelotes, sus depredadores felinos, con collares de radio y los rastrearon 24/7 a través de un sistema de telemetría automatizada en la Isla Barro Colorado. Los agutíes eran más activos durante el día. Los ocelotes eran más activos durante la noche.

“Los agutíes comen semillas de árboles. Los ocelotes comen agutíes”, comentó Patrick Jansen, investigador asociado en el Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales y profesor asistente en la Universidad de Wageningen. “Cuando los alimentos son difíciles de encontrar, los agutíes pasan más tiempo en busca de comida y tienen más probabilidades de que un ocelote se los coma”.

Para determinar el momento en que era peligroso para los agutíes estar activos, los científicos primero registraron los patrones de actividad diaria de los agutíes, así como de los ocelotes. Cámaras trampa colocadas por toda la isla fotografiaron todos los animales que pasaban delante del lente y registraron el tiempo.

Durante el día, miles de agutíes eran activos, pero pocos ocelotes rondaban la isla. Cerca del atardecer, a medida que los agutíes buscaban el refugio de sus madrigueras, la proporción de ocelotes a agutíes despuntó y luego descendió de nuevo alrededor de la salida del sol.

Las señales de radio producidas por el collar transmisor de un animal fueron recogidas simultáneamente por las torres de radio alrededor de la isla. Los investigadores pueden “ver” la actividad de los animales en línea.

Cuando un animal dejaba de moverse, los científicos veían en sus pantallas una línea plana, al igual que el electrocardiograma de una víctima de ataque al corazón. Cuando morían los agutíes, los investigadores iban rápidamente al lugar para determinar la causa de la muerte. La colocación de una cámara de video en el lugar les permitía conocer si un depredador volvía para comer los restos.

Diecisiete de 19 agutíes muertos encontrados en el estudio fueron matados por ocelotes. La mayoría de las muertes ocurrieron justo



Photo: Christian Ziegler

▲ To determine when it was dangerous for agoutis to be active, scientists first recorded daily activity patterns of agoutis as well as ocelots. Camera traps placed across the island photographed all animals that passed in front of the lens and recorded the time.

Para determinar el momento en que era peligroso para los agutíes estar activos, los científicos primero registraron los patrones de actividad diaria de los agutíes, así como de los ocelotes. Cámaras trampa colocadas por toda la isla fotografiaron todos los animales que pasaban delante del lente y registraron el tiempo.

antes del amanecer y justo después de la puesta del sol, cuando relativamente pocos agutíes están activos.

Los científicos compararon los patrones de actividad diaria de los agutíes entre partes del bosque con abundancia contrastante de semillas de palma. En primer lugar, se determinó en qué momento los agutíes entraban y salían de sus madrigueras en base a los cambios en las señales de radio. En segundo lugar, colocaron cámaras trampa en las entradas y registraron el tiempo en que un agutí entró y salió.

Ambos métodos mostraron que los agutíes en zonas con menos comida dejaron sus madrigueras antes y entraron en sus madrigueras más tarde que los agutíes en zonas ricas en alimentos. Los agutíes hambrientos fueron mucho más activos al anochecer y tenían más probabilidades de que un ocelote los cazara.

“Sabíamos que los animales hambrientos tienden a tomar más riesgos”, comentó Jansen. “Pero este es el primer estudio que documentara a fondo el comportamiento de ambos, depredadores y presas”.

Próximamente, Jansen examinará qué significan las diferencias en el riesgo de depredación para la dispersión de semillas por los agutíes, que entierran las semillas como reservas de alimentos en numerosos escondites dispersos. “Obviamente, una vez que un ocelote mata a un agutí, este ya no puede comer sus reservas de alimentos”, comentó Jansen. “Estas semillas pueden germinar y establecer un nuevo árbol. Los agutíes hambrientos plantan árboles, pero puede que nunca lleguen a ver el fruto de su trabajo -un fascinante círculo de retroalimentación”.

Este estudio fue apoyado por la Fundación Nacional de Ciencias de los EE.UU. y la Organización Holandesa para la Investigación Científica. El Sistema Automatizado de Telemetría fue financiado por la Fundación de la Familia Frank Levinson.

HACKING THE WOOD-WIDE WEB

Tiny bluish flowers on translucent stems sprout almost impossibly from the dark brown forest floor. Unlike most of the plant kingdom, *Voyria tenella* cannot photosynthesize so it needs to get another plant to do the job. In this case, it saps carbohydrates from an intermediary: mycorrhizal soil fungi that channel nutrients to trees in return for carbohydrates produced by photosynthesis.

Voyria is a parasite that survives off the ‘wood-wide web,’ an underground nutrient exchange where trees may be connected by fungal networks. “These plants demonstrate that there can be a meaningful transfer of carbohydrates from plant to plant because we know that *Voyria* can’t get carbohydrates from anywhere else,” said Merlin Sheldrake, a STRI Predoctoral Fellow who studies at Cambridge. The flower also sheds light on the mutualism it hacks.

On Panama’s Gigante Peninsula, Sheldrake found *Voyria* does not grow on a forest plot experimentally enriched with phosphorus. This is likely because the trees rely less on fungi for P and go straight to the soil instead, while providing fewer carbohydrates to fungi. The fungi, in turn, seem to cut off *Voyria*’s carb supply entirely. By studying this disrupted mutualism’s effects on trees (the cheaters), fungi (the cheated) and *Voyria* (the cheated cheater), Sheldrake aims to better understand the stability of the 400 million-year-old symbiosis between plants and their fungal partners.

Questions/comments
Preguntas/comentarios
STRINews@si.edu

“HACKEANDO” LA GRAN RED DEL BOSQUE

Minúsculas flores azuladas en tallos translúcidos brotan casi de manera imposible en el suelo de color marrón oscuro del bosque. A diferencia de la mayor parte del reino vegetal, la *Voyria tenella* no puede hacer fotosíntesis así que necesita de otra planta para que haga el trabajo. En este caso, ella roba los carbohidratos de un intermediario: los hongos micorrizas del suelo que canalizan los nutrientes a los árboles a cambio de los carbohidratos producidos por la fotosíntesis.

La *Voyria* es un parásito que vive de la “gran red del bosque”, un intercambio de nutrientes bajo tierra donde los árboles pueden estar conectados por redes de hongos. “Estas plantas demuestran que puede haber una transferencia significativa de carbohidratos de una planta a otra porque sabemos que la *Voyria* no puede obtener los carbohidratos de ningún otro lugar”, comentó Merlin Sheldrake, becario pre-doctoral de STRI quien estudia en Cambridge. La flor también brinda información sobre el mutualismo que hackea.

En la Península Gigante en Panamá, Sheldrake ha encontrado que la *Voyria* no crece en una parcela de bosque experimental que ha sido enriquecida con fósforo. Esto es probablemente debido a que los árboles dependen menos de los hongos para obtener fósforo y en cambio, van directamente a la tierra, mientras que proporciona carbohidratos a los hongos. Los hongos, a su vez, parece que cortan por completo el suministro de carbohidratos a la *Voyria*. Mediante el estudio de este efecto perturbado del mutualismo en los árboles (los tramposos), los hongos (los engañados) y la *Voyria* (la tramposa engañada), Sheldrake pretende comprender mejor la estabilidad de la simbiosis de 400 millones de años entre las plantas y sus socios los hongos.

Photo: Sean Watson



Photo: Sean Matkison

◀ A special edition of the Gamboa Coffeehouse featured musician Cosmo Sheldrake (right) and his brother Merlin, an SI Predoctoral Fellow from Cambridge, who is featured on page 4.

Una edición especial del Gamboa Coffeehouse contó con el músico Cosmo Sheldrake (derecha) y su hermano Merlin, becario predoctoral del Smithsonian Institution y estudiante en Cambridge, quien aparece en la página 4.

➔ ARRIVALS

David DeFilippis

University of Wisconsin – Milwaukee
Explaining the Distribution and Dominance of Lianas and Tree Species Across the Panamanian Isthmus
Barro Colorado Island

Lesley Bulluck

Virginia Commonwealth University
Avian use of coastal mangrove forests in Panama

Ninon Meyer

Wageningen University and Research Centre
TEAM – Panama
Barro Colorado Island

Diana Gómez

Universität Oldenburg

María Pinzón

Universidad de Panamá

Kumar Shantanu

University of Delhi
Camille Madec
Uppsala University

Charlotte Jander

Yale University
The mechanism of host sanctions in the fig tree - fig wasp mutualism
Barro Colorado Island

Calixto Rodríguez and Maryory Montero

Universidad Autónoma de Chiriquí
Efectos del cambio climático sobre la vegetación epífita en un Bosque tropical montano
Fortuna

Laurel Symes and Hannah ter Hofstede

Dartmouth College
The sound of silence: Social cues and

the assessment of predation risk in Neotropical katydid
Barro Colorado Island

Felicia Aronson and Rebecca Certner

Northeastern University
Field Course - Three Oceans-
Northeastern University 2014
Bocas del Toro

Adam Dziewa and Carrie Kissman

St. Norbert College

Stephanie Beilke, Vicki Medland, Brandon Justinger and Linda Vang

University of Wisconsin- Green Bay
Field Course - Research Experience in Panama / University of Wisconsin-
Green Bay 2014
Barro Colorado Island, Gamboa,
Fortuna and Bocas del Toro

Jeanne Pouliot, Emily Murdock, Philippe Heine, Anna Zisa, Amanda Degray, Marisol Valverde, Angela Schneider, Meagan Deviaene, Kai Kafirissen, Frederic Hoffmann, Kaitlin Flahive, Mathis Messenger, Chloe Debyser, Karling Roberts, David Hageraats, Joel Moyer, William Miller, Sabrina Dabby, Camille Zolopa, Catherine Turner, Jehane Yazami, Courtney Quinn, Pauline Sillinger and Elizabeth Shebell

McGill University
Field Course - McGill PFSS 2014
Panama

Alonso Sanchez

Barro Colorado Island
Mammal census
Barro Colorado Island

➔ DEPARTURES

Carlos Jaramillo

To Castilletes Guajira, Colombia
To collect rock and fossils samples to study the origin of the tropical dry forest in South America.

Juan Maté

To Coiba National Park
To participate with ANAM in the Experts Mission for the Reactive Monitoring of the World Heritage site in Coiba National Park, Panama.

Oscar Puebla

To Bocas del Toro
To accompany the group of the IGERT course to the different STRI facilities.

Félix Rodríguez

To Bocas del Toro
For a safety inspection of Bocas del Toro Station Laboratory Facilities.

Rachel Page

To Austin, Texas
To discuss progress on a joint grant from the National Science Foundation on multimodal communication in frogs and bats, and to speak at the University of Texas at Austin Symposium, "Brain, behavior and evolution: three decades of scientific exploration."

STRINews@si.edu

Questions/comments
Preguntas/comentarios

Audino, L., Louzada, J. and Comita, L. 2014. Dung beetles as indicators of tropical forest restoration success: Is it possible to recover species and functional diversity? *Biological Conservation*, 169: 248-257. doi:10.1016/j.biocon.2013.11.023

Ripperger, S. P., Tschapka, M., Kalko, E. K. V., Rodríguez-Herrera, B. and Mayer, F. 2014. Resisting habitat fragmentation: High genetic connectivity among populations of the frugivorous bat *Carollia castanea* in an agricultural landscape. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 185: 9-15. doi:10.1016/j.agee.2013.12.006

Mayor, J. R., Wright, S. J. and Turner, B. L. 2014. Species-specific responses of foliar nutrients to long-term nitrogen and phosphorus additions in a lowland tropical forest. *Journal of Ecology*, 102(1): 36-44. doi:10.1111/1365-2745.12190

Suselbeek, L., Emsens, W., Hirsch, B. T., Kays, R., Rowcliffe, J. M., Zamora-Gutierrez, V. and Jansen, Patrick A. 2014. Food acquisition and predator avoidance in a Neotropical

rodent. *Animal Behaviour*, 88: 41-48. doi:10.1016/j.anbehav.2013.11.012

Barske, J., Fusani, L., Wikelski, M., Feng, N. Y., Santos, M. and Schlinger, B. A. 2013. Energetics of the acrobatic courtship in male golden-collared manakins (*Manacus vitellinus*). *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281(1776) doi:10.1098/rspb.2013.2482

Grote, S., Condit, R. S., Hubbell, S. P., Wirth, C. and Ruger, N. 2013. Response of Demographic Rates of Tropical Trees to Light Availability: Can Position-Based Competition Indices Replace Information from Canopy Census Data? *PLOS ONE*, 8(12): e81787 doi:10.1371/journal.pone.0081787

Hayes, P., Turner, B. L., Lambers, H. and Laliberte, E. 2013. Foliar nutrient concentrations and resorption efficiency in plants of contrasting nutrient-acquisition strategies along a 2-million-year dune chronosequence. *Journal of Ecology*, doi:10.1111/1365-2745.12196

Navia-Gine, W. G., Loaiza, J. R. and Miller, M. J. 2013.

Mosquito-Host Interactions during and after an Outbreak of Equine Viral Encephalitis in Eastern Panama. *PLOS ONE*, 8(12): 1-8. doi:10.1371/journal.pone.0081788

Ogden, F. L., Crouch, T. D., Stallard, R. F. and Hall, J. S. 2013. Effect of land cover and use on dry season river runoff, runoff efficiency and peak storm runoff in the seasonal tropics of central Panama. *Water Resources Research*, December online doi:10.1002/2013WR013956

Reiner-Drehwald, M. E., Salazar-Allen, N. and Chung, C. 2013. New combinations and synonyms in Neotropical Lejeuneaceae (Marchantiophyta), with description of *Lejeunea tamasii*, a new species from Barro Colorado Island, Panama. *Polish Botanical Journal*, 58(2): 419-426. doi:10.2478/pbj-2013-0041

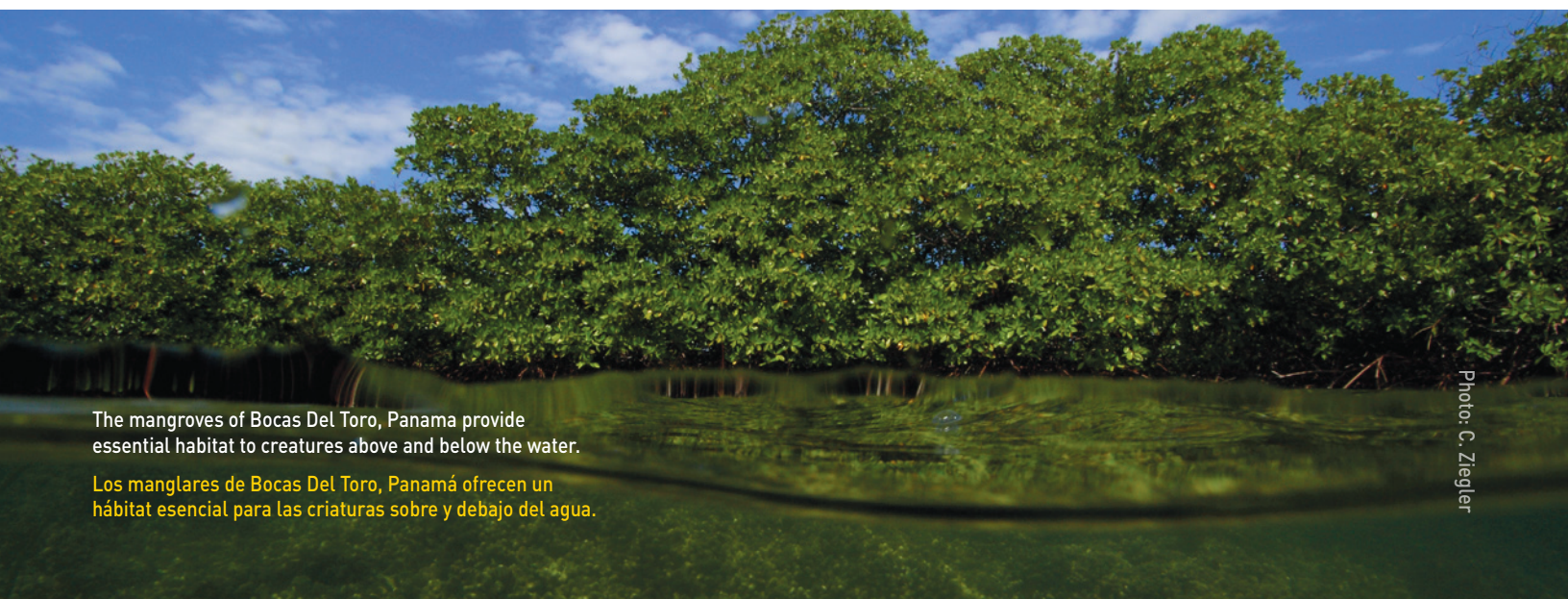
Schloder, C., Canning-Clode, J., Saltonstall, K., Strong, E. E., Ruiz, G. M. and Torchin, M. E. 2013. The Pacific bivalve *Anomia peruviana* in the Atlantic: a recent invasion across the Panama Canal? *Aquatic Invasions*, 8(4): 443-448. doi:10.3391/ai.2013.8.4.08

Stallard, R. F. and Murphy, S. F. 2013. A Unified Assessment of Hydrologic and Biogeochemical Responses in Research Watersheds in Eastern Puerto Rico Using Runoff Concentration Relations. *Aquatic Geochemistry*, doi:10.1007/s10498-013-9216-5

Leather, S. R., Basset, Y. and Didham, R. K. 2013. How to avoid the top ten pitfalls in insect conservation and diversity research and minimise your chances of manuscript rejection. *Insect Conservation and Diversity*, doi:10.1111/icad.12066

Srygley, R. B., Dudley, R., Oliveira, E. G. and Riveros, A. J. 2013. El Niño, Host Plant Growth, and Migratory Butterfly Abundance in a Changing Climate. *Biotropica*, doi:10.1111/btp.12081

van Breugel, M., Hall, J. S., Craven, D., Bailon, M., Hernandez, A., Abbene, M. and van Breugel, P. 2013. Succession of Ephemeral Secondary Forests and Their Limited Role for the Conservation of Floristic Diversity in a Human-Modified Tropical Landscape. *PLOS ONE*, 8(12) doi:10.1371/journal.pone.0082433



The mangroves of Bocas Del Toro, Panama provide essential habitat to creatures above and below the water.

Los manglares de Bocas Del Toro, Panamá ofrecen un hábitat esencial para las criaturas sobre y debajo del agua.