



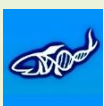
LOS ESCARABAJOS COPRÓFAGOS AYUDAN A MANTENER LOS ECOSISTEMAS SANOS

Paul Manning¹, Xin Rui Ong², Eleanor M. Slade²

¹Dalhousie University, Canada

²Asian School of the Environment, College of Science, Nanyang Technological University, Singapore

YOUNG REVIEWERS:



FDR-HB_

PERU IGEM

TEAM

EDAD: 14 – 17

Los escarabajos coprófagos son un grupo de insectos que utilizan principalmente el excremento (“caca”) de mamíferos para la alimentación y la nidificación. Estos escarabajos son importantes para la descomposición de excremento en el suelo, lo que permite la circulación de nutrientes del excremento a través del ecosistema. Con sus actividades, estos escarabajos proveen muchos beneficios al estado y funcionamiento de paisajes tanto naturales como aquellos modificados por la acción humana. Ejemplo de ello son la dispersión de semillas, la reducción de la carga de parásitos en el ganado, la estimulación del crecimiento en plantas, y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero del excremento. En este artículo exploraremos el ciclo de vida de los escarabajos coprófagos para después profundizar en la importancia de los escarabajos coprófagos en los ecosistemas tropicales y agrarios.

CONCEPTOS BÁSICOS DE LOS ESCARABAJOS COPRÓFAGOS

Muchos lectores ya estarán familiarizados con los escarabajos coprófagos a través de los documentales de naturaleza, y es que una vez que has visto a un escarabajo rodando una bola de excremento (caca de animal), es difícil olvidar esta imagen. Sin embargo, probablemente los lectores desconozcan que estos escarabajos coprófagos se pueden encontrar alrededor de todo el mundo (Figura 1A–D), incluyendo todos los continentes menos Antártica. Este grupo de escarabajos recibe su nombre debido al uso que hacen del excremento de animales para la alimentación y la nidificación, aunque algunas especies de escarabajos coprófagos optan por la carne, hongos y fruta en descomposición, ¡E incluso milpiés y hormigas muertas! Como todos los escarabajos, los escarabajos coprófagos tienen dos pares de alas: un par de alas flexibles en el interior, que sirven para volar, y un par de alas rígidas en el exterior, que sirven de armadura. Todos los escarabajos coprófagos tienen antenas que se ensanchan al final en forma de maza, y los machos de algunas especies tienen cuernos impresionantes que utilizan para luchar por las hembras (Figura 1C). Existen más de 7000 especies diferentes de escarabajos coprófagos, y todavía se descubren nuevas especies cada año.

Figura 1

Ejemplos de escarabajos coprófagos en ambientes templados y tropicales. **(A)** el endocóprido *Aphodius rufipes* es una especie nocturna que se encuentra en ecosistemas de gran influencia agraria. Es una fuente importante de alimento para murciélagos. **(B)** El paracóprido *Ontophagus coenobita* vive en ecosistemas agrarios, y normalmente transporta pequeños ácaros que utilizan a los escarabajos coprófagos para moverse entre el estiércol. **(C)** Macho de *Proagoderus watanabei*, un paracóprido que se encuentra en Sabah, Malasia, alimentándose de excrementos. **(D)** *Paragymnopleurus maurus*, una especie telecóprido que se encuentra en Sabah, Malasia, empuja una bola de excremento con sus patas traseras por seguridad.



Figura 1

Los escarabajos coprófagos se pueden clasificar en tres grupos principales de acuerdo con sus hábitos de alimentación y nidificación (Figura 2). El primer grupo son los escarabajos coprófagos endocópridos. Los endocópridos llegan a una bosta de excremento y rápidamente colonizan su interior. Dentro de la bosta se aparean y ovopositan. Una vez eclosionados los huevos, las larvas (el estado inmaduro de los escarabajos) pasan todo su desarrollo alimentándose dentro de la bosta, que les sirve tanto de casa como de alimento (Figura 2A). El segundo grupo son los paracópridos. La hembra de los escarabajos paracópridos llega a la bosta y empieza a cavar un túnel en el suelo. De esta manera arrastran pequeños fragmentos del excremento hacia el túnel, formando porciones que se denominan bolas de bosta. A continuación, los machos compiten por una hembra y su túnel, y lo defenderán hasta que se

MATERIA ORGÁNICA

Compuestos que proceden de los restos de organismos muertos como plantas, hongos y animales.

Figura 2

Tres estrategias diferentes de nidificación utilizadas por los escarabajos coprófagos. **(A)** los endocópridos ponen sus huevos directamente en el excremento donde las larvas pasan su desarrollo completo. **(B)** Los escarabajos paracópridos cavan túneles en el suelo, donde forman pequeñas bolas de excremento conocidas como bola de bosta. Las hembras ponen los huevos en esas bolas de bostas, donde las larvas se alimentan. **(C)** Los escarabajos telecópridos construyen una bola de excremento y la hacen rodar hacia un lugar seguro para después enterrarla en el suelo y poner sus huevos.

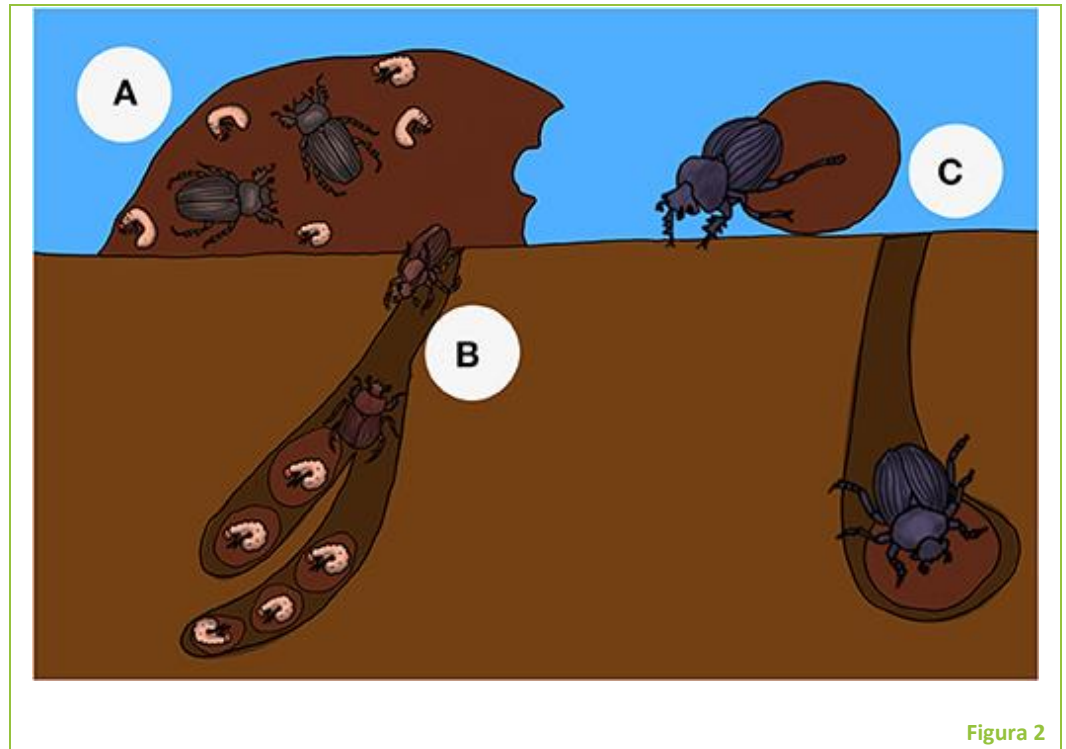


Figura 2

LOS ESCARABAJOS COPRÓFAGOS EN ECOSISTEMAS TROPICALES FORESTALES

Los escarabajos coprófagos forman redes de interacción con los mamíferos que producen los excrementos de los que se alimentan. Además, tanto los mamíferos como los escarabajos coprófagos interactúan con las plantas cuyas semillas dispersan en el excremento. Sin embargo, si alguno de estos mamíferos se extingue, esto podría afectar tanto a los escarabajos coprófagos que se alimentan del excremento como a la distribución de las plantas cuyas semillas ayudan a dispersar [1] (Figura 3B). Por ello, hemos estudiado las interacciones entre los mamíferos y los escarabajos coprófagos bosques de Brasil, Singapur y Malasia. Estos bosques tropicales han perdido **biodiversidad** debido a la deforestación, la **fragmentación** y la caza. Por lo tanto, esperamos que a medida que los bosques están cada vez más degradados y fragmentados en pequeños parches, el número de mamíferos descenderá y, por lo tanto, también veremos menos escarabajos coprófagos. Predijimos que las complejas interacciones entre mamíferos, escarabajos coprófagos y plantas se simplificarían en áreas más degradadas y en parcelas aisladas, en comparación

BIODIVERSIDAD

La variedad de vida en la Tierra

FRAGMENTACIÓN

El proceso de ser dividido en parches más pequeños.

con las interacciones en los grandes y sanos bosques tropicales. Para testar nuestra predicción, preparamos trampas de cebo con excremento de los distintos mamíferos presentes en hábitats que van desde los bosques hasta las plantaciones de aceite de palma. Estudiamos tanto grandes áreas de

Figura 3

Interacciones simplificadas entre mamíferos, escarabajos coprófagos y semillas en (A) un ecosistema no perturbado, (B) un ecosistema moderadamente degradado, y (C) un ecosistema muy degradado o fragmentado. La pérdida de especies e interacciones se muestra en gris. Tres tipos de interacciones son posibles: 1) mamífero-semilla – sólo los mamíferos dispersan las semillas; 2) mamífero-escarabajo coprófago – no hay dispersión de semillas; 3) – tanto los mamíferos como los escarabajos coprófagos dispersan las semillas. En ecosistemas degradados moderadamente o fragmentados (B), los escarabajos coprófagos pueden cambiar sus preferencias de alimentación hacia otro tipo de excremento. Esto no ocurre en ecosistemas muy degradados o fragmentados (C), donde los escarabajos coprófagos y sus interacciones se pierden.

RESILIENTE

Capaz de resistir a cambios en el ambiente.

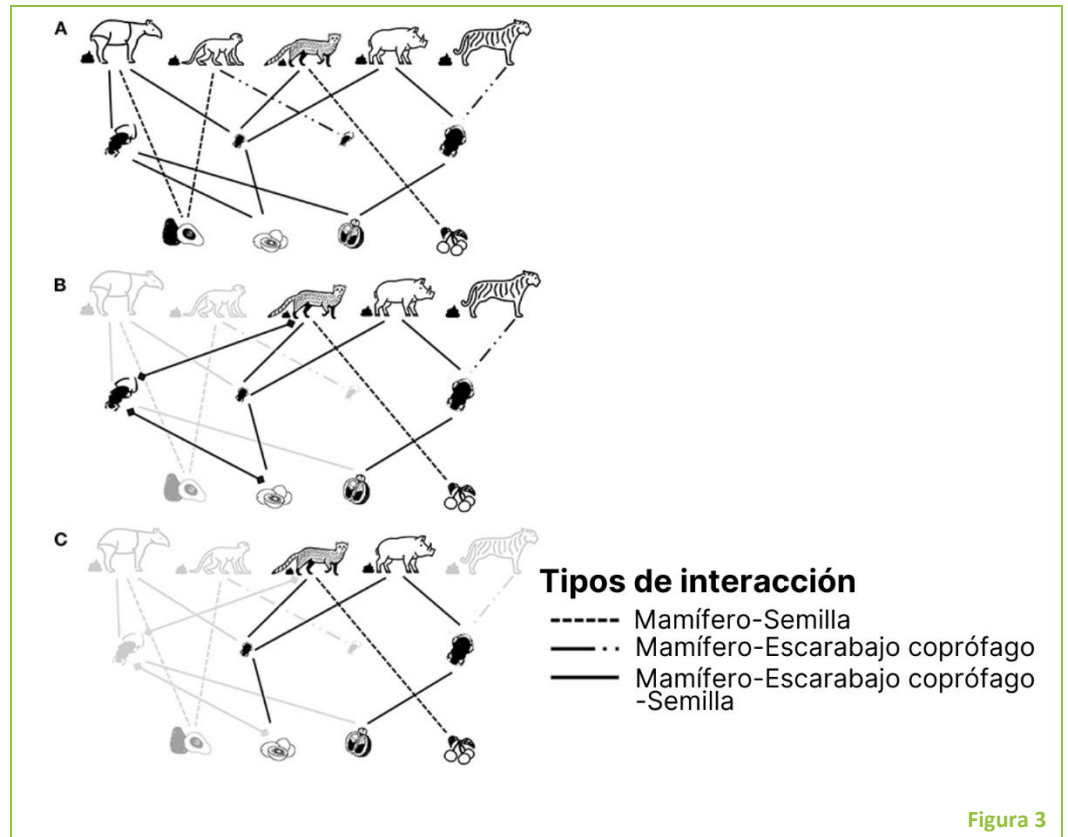


Figura 3

bosque como pequeños parches de bosque. A continuación, identificamos y contamos los escarabajos que eran atraídos hacia cada tipo de excremento en cada hábitat. Encontramos que las redes de escarabajos coprófagos-mamíferos de los bosques tropicales son bastante **resilientes**, indicando que no varían mucho en respuesta a la tala y a la fragmentación. Probablemente esto ocurra porque los escarabajos coprófagos no son muy exigentes con respecto al tipo de excremento que comen. Mientras que muchos escarabajos tienen un tipo de comida favorito, sólo unos pocos se especializan en un único tipo de excremento. De esta manera, si desaparece una especie de mamífero de la zona, la mayoría de los escarabajos coprófagos simplemente cambiarán al excremento de otra especie de mamífero para la siguiente comida (Figura 3B). ¡Incluso descubrimos que algunos escarabajos coprófagos se alimentan de excremento de pitón! Sin embargo, aunque las redes eran resilientes en áreas moderadamente degradadas, encontramos que, en los sitios muy degradados, como las plantaciones de aceite de palma y pequeños parches de bosque aislados, la red se volvía más simple, con menos escarabajos coprófagos y menos interacciones entre escarabajos y mamíferos [2] (Figura 3C).

El uso de trampas de cebo con excremento para atrapar escarabajos sólo nos dio información si los escarabajos son atraídos hacia el excremento, pero no nos informa realmente de si esos escarabajos se alimentan en ese tipo de excremento. Además, sólo se pudimos utilizar trampas de cebo con excremento de mamíferos que podíamos encontrar fácilmente, como animales

del zoo. Afortunadamente, nuevos métodos de laboratorio nos están permitiendo conocer de qué tipo exacto de excremento de mamíferos se alimentan los escarabajos. Por ello, en nuestro trabajo actual, estamos estudiando el tubo digestivo de los escarabajos para analizar el material genético de su contenido. Este método nos permite identificar de qué excremento de mamífero se estaban alimentando los escarabajos antes de ser capturados. Esperamos que esto nos permita reconstruir redes más complejas, incluyendo especies de mamíferos raras o difíciles de estudiar, además de las interacciones entre los mamíferos y los escarabajos coprófagos que viven en el dosel forestal – porque sí, ¡También hay escarabajos coprófagos en el dosel forestal!

LOS ESCARABAJOS COPRÓFAGOS EN ECOSISTEMAS AGRARIOS

ECOSISTEMA

Una comunidad de animales, plantas, bacterias, y hongos viviendo en un lugar concreto junto con los componentes no vivos de ese ambiente.

NEMATODOS

Un grupo de gusanos, también conocidos como gusanos redondos, que se encuentran en el suelo y ambientes acuáticos y que pueden ser parásitos en plantas y animales.

Los escarabajos coprófagos son componentes importantes de los **ecosistemas** agrarios, y muchos investigadores han estudiado cómo los escarabajos coprófagos ayudan a mantener la producción de comida [3]. Por ejemplo, las moscas que muerden y molestan a las vacas y otros animales de granja, ponen sus huevos en excremento, y la larva inmadura de mosca se alimenta del excremento cuando los huevos eclosionan. Los escarabajos coprófagos ayudan a mantener a los animales de granja, como ovejas, vacas y caballos, más sanos ya que entierran el excremento de animales de granja, por lo que no está disponible para las moscas para nidificar.

Los escarabajos coprófagos también ayudan a reducir las infecciones de parásitos en los animales de granja. Los **nematodos** parásitos, que son pequeños gusanos, son ingeridos por los animales que pastan en las praderas. Luego, los nematodos se reproducen en el interior del animal y sus huevos son defecados junto con el excremento. Cuando los huevos eclosionan, las larvas migran hacia la hierba y son ingeridos por los animales de granja como vacas y ovejas, aumentando así las tasas de infección. Sin embargo, cuando los escarabajos coprófagos excavan en el excremento, provocan que se desequen. Esto mata a los huevos y reduce el número de nematodos parásitos en los pastos, lo que reduce el número de animales infectados. Además, esta acción de excavar también ayuda a reciclar y remover el suelo, lo que contribuye al movimiento de nutrientes a través del suelo para que pueda estar disponible para las plantas. Debido a que los escarabajos coprófagos son relativamente pequeños y a menudo sigilosos, muchos granjeros pueden no darse cuenta de que los escarabajos coprófagos viven en sus granjas. Sin embargo, a pesar de su reducido tamaño, ¡Los escarabajos coprófagos le ahorran a la industria del ganado en el Reino Unido alrededor de unos 367 millones de libras al año [4]!

Sin embargo, los escarabajos coprófagos son sensibles al manejo de los pastos. En un estudio recolectaron escarabajos de una serie de granjas de ganado de Irlanda [5]. Compararon granjas convencionales que utilizan fertilizantes e insecticidas artificiales con granjas de agricultura ecológica, que no usan ninguno. Los investigadores encontraron que las granjas ecológicas tenían una mayor abundancia y números de especies de escarabajos coprófagos que el

PARASITICIDAS

Medicinas dadas a los animales para matar sus parásitos.

otro tipo de granjas. Después, nosotros descubrimos que el mayor número de especies de escarabajos coprófagos incrementa el crecimiento de plantas. Sin embargo, esto no tiene un beneficio sobre el número de poros en el suelo [6]

Los **parasiticidas** son también una gran amenaza para los escarabajos coprófagos que viven en ecosistemas agrarios. Existen productos químicos que se les da a los animales de granja para así protegerlos de parásitos como las garrapatas, las pulgas y los nematodos, ya que estos parásitos se alimentan de la sangre de los animales de granja y a veces transmiten enfermedades. Los parasiticidas normalmente son defecados con el excremento, por lo que los mismos productos químicos que matan a los parásitos pueden afectar también a los escarabajos cuando se alimentan del excremento. Desafortunadamente, hemos descubierto que los parasiticidas usados comúnmente para tratar a los animales de granja pueden matar a los escarabajos coprófagos o evitar su nidificación. Esto reduce la salud y el número de escarabajos coprófagos, y la cantidad de excremento que entierran [6]. Por ello, los granjeros pueden ayudar a la protección de los escarabajos coprófagos utilizando parasiticidas únicamente en esos animales con un alto número de parásitos, o eligiendo tratamientos que sean menos tóxicos para los escarabajos coprófagos.

LOS VALIOSOS Y FASCINANTES ESCARABAJOS COPRÓFAGOS

Como podéis ver, los escarabajos coprófagos son muy valiosos. Como ya sabéis, tienen muchos papeles ecológicos importantes tanto en los ecosistemas naturales como los agrarios, y pueden ayudarnos a saber más sobre la salud de los ecosistemas. Por ejemplo, ya que los escarabajos coprófagos están asociados a los mamíferos, si nos damos cuenta de que algunas especies de escarabajos coprófagos desaparecen de nuestros bosques, esto sugiere que los mamíferos de los bosques pueden estar desapareciendo también. Los suelos y plantas sanas necesitan nutrientes, los cuales los escarabajos coprófagos y otros animales del suelo ayudan a proveer. La desaparición de los escarabajos coprófagos y otros animales del suelo debido a perturbaciones ambientales y químicas podría causar la infertilidad de los suelos, y que las semillas de muchas plantas no sean dispersadas o no crezcan. Además, los comportamientos tan variados que muestran los escarabajos coprófagos les han puesto en el foco de numerosos estudios de comportamiento. Los descubrimientos incluyen escarabajos que navegan utilizando la vía láctea, y ¡Otros que dispersan semillas de una planta que engaña al escarabajo para parecer y oler como excremento de antílope! Por ello, mantened los ojos abiertos para encontrar estas fascinantes criaturas donde quiera que estéis, ya que nunca sabéis que descubrimientos podríais hacer.

CONTRIBUCIÓN AL ÁREA DE ESTUDIO

Los escarabajos coprófagos son un grupo de insectos que tienen un papel importante en los ecosistemas. Debido a que se alimentan y nidifican en el excremento, estos escarabajos mantienen los ecosistemas limpios y prósperos. En este artículo guiaremos al lector a través de la fascinante vida de los

escarabajos coprófagos – dónde viven, cómo se reproducen, y su gran diversidad. Además, explicaremos la importancia de los escarabajos coprófagos en dos ecosistemas muy diferentes: los bosques tropicales y los pastos agrarios. Ya que los escarabajos son sensibles a las perturbaciones, los tipos y número de escarabajos coprófagos que encontramos en un sitio nos informa del estado del ecosistema. La importancia ecológica, la rica diversidad y la distribución global de los escarabajos coprófagos los convierte en un punto de partida perfecto para profundizar en el mundo de la diversidad de los suelos.

AGRADECIMIENTOS

Estamos agradecidos a Chien C. Lee por permitirnos utilizar sus fotografías de escarabajos coprófagos tomadas en Sabah, Malasia – sus fotografías se pueden encontrar en www.chienlee.com.

REFERENCIAS

- [1] Raine EH, Slade EM. 2019 Dung beetle–mammal associations: methods, research trends and future directions. *Proc. R. Soc. B* 286: 20182002. doi:10.1098/rspb.2018.2002
- [2] Ong XR, Slade EM & Lim MLM. Dung beetle-megafauna trophic networks in Singapore’s fragmented forests. *Biotropica*. In press. doi:10.1111/btp.12840
- [3] Nichols, E., Spector, S., Louzada, J., Larsen, T., Amezquita, S., Favila, M., & The Scarabaeinae Research Network. (2008). Ecological functions and ecosystem services of Scarabaeinae dung beetles. *Biological Conservation*, 141, 1461-1474. doi:10.1016/j.biocon.2008.04.011
- [4] Beynon, S. A., Wainwright, W. A., & Christie, M. (2015). The application of an ecosystem services framework to estimate the economic value of dung beetles to the UK cattle industry. *Ecological Entomology*, 40, 124-135. In review
- [5] Hutton, S. A., & Giller, P. S. (2003). The effects of the intensification of agriculture on northern temperate dung beetle communities. *Journal of Applied Ecology*, 40(6), 994-1007.
- [6] Manning, P., Slade, E. M., Beynon, S. A., & Lewis, O. T. (2017). Effect of dung beetle species richness and chemical perturbation on multiple ecosystem functions. *Ecological Entomology*, 42(5), 577-586.

EDITED BY: Helen Phillips, German Centre for Integrative Biodiversity Research (iDiv), Germany

CITATION: Manning P, Ong XR and Slade EM (2021) Soil Ecosystems Change With Time. *Front. Young Minds*. 9:543498. doi: 10.3389/frym.2021.543498

CONFLICTO DE INTERESES: Los autores declaran que este manuscrito ha sido escrito en ausencia de ninguna relación comercial, personal o financiera que pudiera constituir un conflicto de intereses potencial.

COPYRIGHT © 2021 Manning, Ong and Slade. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) and the copyright owner(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

YOUNG REVIEWERS

FDR-HB_PERU IGEM TEAM, EDAD: 14 – 17

We are a synthetic biology team with the international Genetically Engineered Machine (iGEM) in Lima, Peru. We are the only high school team in Latin America and are proud of our work with creating a detector for cadmium using bacteria. Most of us are second language learners and the age range of our group is 14–17 years old. We love GMOs!

AUTORES

PAUL MANNING

Paul es un investigador postdoctoral de la facultad de agricultura de la universidad de Dalhousie. Tiene un grado de agricultura por la universidad de Nueva Escocia, y un doctorado en zoología por la universidad de Oxford. Ha trabajado en ecología y toxicología de escarabajos coprófagos desde 2013. Su investigación tiene como objetivo entender cómo las comunidades de insectos sustentan funciones del ecosistema, como la descomposición del excremento, en ecosistemas agrarios. Paul también está interesado en dar a conocer los insectos a través de charlas con grupos comunitarios, trabajando con los jóvenes y participando en proyectos de ciencia ciudadana.

(Faculty of Agriculture, Dalhousie University, Truro, Nova Scotia, Canada)



XIN RUI ONG

Xin Rui es una estudiante de doctorado de la Escuela Asiática del medio ambiente en la universidad tecnológica de Nanyang. Se graduó de ciencias de la vida por la universidad nacional de Singapur, con especialización en biología ambiental. Xin Rui se introdujo al fascinante mundo de los escarabajos coprófagos durante sus años de estudiante y ahora investiga la diversidad de escarabajos coprófagos y sus interacciones con mamíferos en el sudeste asiático. (Asian School of the Environment at Nanyang Technological University, Singapore)



ELEANOR M. SLADE

Eleanor es investigadora principal de la Escuela Asiática del medio ambiente. Tiene un grado de zoología por la universidad de Leeds, un máster en ecología por la universidad de Aberdeen y un doctorado en zoología por la universidad de Oxford. Eleanor es una ecóloga cuya investigación se centra en la conservación, la gestión, y la restauración de bosques tropicales y ecosistemas agrarios. Está particularmente interesada en los invertebrados y ha estudiado escarabajos coprófagos y su importancia para el estado de los ecosistemas durante 17 años. Además, Eleanor está interesada en el uso de la ciencia para



asesorar políticas y prácticas en la industria del aceite de palma. (Asian School of the Environment at Nanyang Technological University, Singapore)

TRADUCTOR

PABLO CASTRO SÁNCHEZ-BERMEJO