



¿CÓMO ENFRENTAN LOS INVERTEBRADOS DEL SUELO EL MICRO PLÁSTICO?

Carlos Barreto^{1*}, Matthias C. Rillig^{2,3†}, Walter R. Waldman^{4†} and Stefanie Maaß^{3,5†}

¹ Department of Biology, Biotron Experimental Climate Change Research Centre, Western University, London, ON, Canada

² Plant Ecology, Institute of Biology, Freie Universität Berlin, Berlin, Germany

³ Berlin-Brandenburg Institute of Advanced Biodiversity Research (BBIB), Berlin, Germany

⁴ Center of Science and Technology for Sustainability, Federal University of São Carlos, Sorocaba, Brazil

⁵ Plant Ecology and Nature Conservation, Institute of Biochemistry and Biology, Universität Potsdam, Potsdam, Germany

JOVENES REVISORES:



ASTÈRE

EDAD: 8



JUNIE

EDAD: 10

Los bichos del suelo son un grupo diverso de organismos colectivamente conocido como invertebrados del suelo. Las lombrices terrestres, los chanchos de la humedad, las arañas, los colémbolos, los ácaros, y algunos insectos forman parte de este grupo. Su gran diversidad, y la variedad de maneras en que estos organismos interactúan, hacen que el estudio de la vida en el suelo sea complejo y difícil de entender. Desafortunadamente, estos organismos deben lidiar con la contaminación del suelo. Uno de los contaminantes más abundantes a día de hoy, son pequeñas partículas de plástico denominadas micro plásticos, las cuáles han estado presentes en nuestros suelos por décadas. Pero aquí cabe la pregunta ¿hacen daño los micro plásticos a los invertebrados del suelo? Aunque muchos de los estudios acerca de cómo afectan determinados contaminantes a los invertebrados del suelo han sido hechos usando lombrices terrestres como modelo, también existen algunos

estudios que han usando colémbolos, ácaros o nematodos como modelos. En este artículo, resumimos lo que estos estudios nos enseñan.

¿QUIÉNES SON ESTOS DISCRETOS SÚPER HÉROES DEL SUELO Y QUÉ HACEN AHÍ?

En el suelo hay muchos bichos, pero... ¿por qué no los podemos ver a todos? Los bichos pequeños del suelo se llaman **invertebrados del suelo**, y tienen una enorme diferencia de tamaño entre ellos. ¡Algunas especies son incluso más pequeñas que el diámetro de uno de tus cabellos! Basados en esta diferencia de tamaño, podemos clasificar a los invertebrados del suelo en tres grandes grupos [1] (Figura 1). Los macro invertebrados son tan grandes como una lombriz terrestre, un chanco de la humedad, una araña, un ciempiés, un milpiés o un escarabajo. Miden más de dos mm y dado su tamaño, pueden cavar sus propias galerías en el suelo. Los meso invertebrados miden un poco menos (entre 0.1–2 mm) y viven en los espacios en el suelo que están llenos de aire. Los colémbolos [2], los ácaros y ciertas lombrices son ejemplos de este grupo. Los micro invertebrados por su parte son tan diminutos (<0.1 mm) que solo se los puede ver con ayuda de un microscopio. Estos habitan en el agua que se aloja en los poros del suelo. Los nematodos, rotíferos y los osos de agua (tardígrados) son ejemplos de este grupo de minúsculos seres.

INVERTEBRADOS DEL SUELO

Pequeños animales sin esqueleto interno que habitan en el suelo.

Figura 1

Ejemplos de invertebrados del suelo y sus diferentes tamaños. (A) oso de agua, (B) animal rueda, (C) nematodo, (D) gusano acuático, (E) colémbolo, (F) ácaro, (G) araña, (H) escarabajo, (I) chanchito de humedad, (J) lombriz de tierra, (K) ciempiés, (L) milpiés. Las ilustraciones no representan el tamaño real de estos invertebrados.

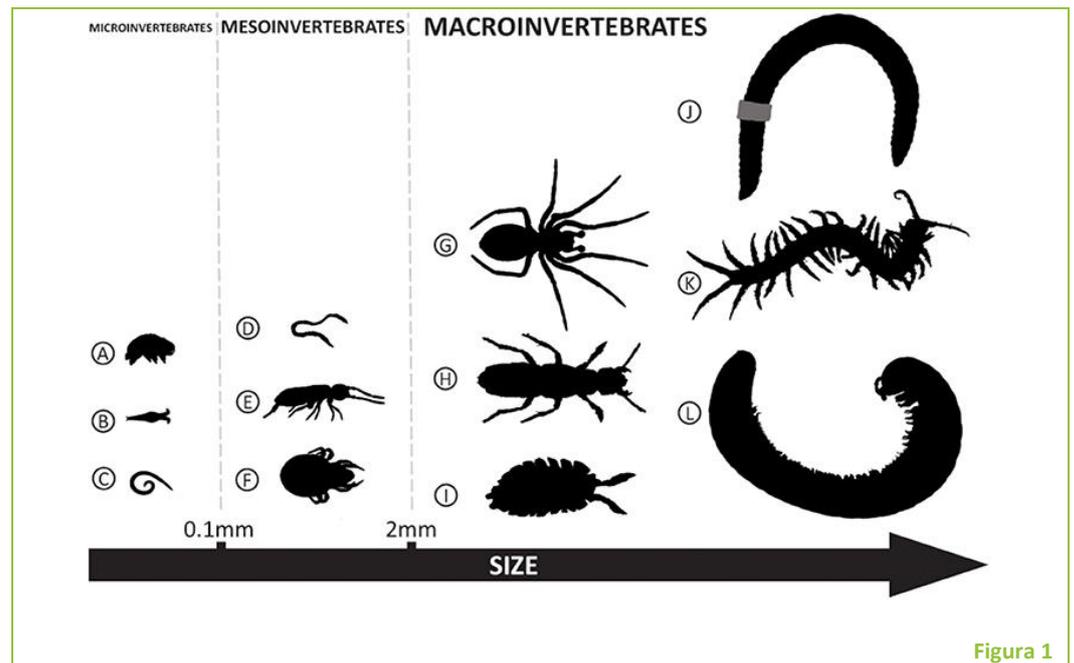


Figura 1

Cada invertebrado del suelo se alimenta de diferentes cosas [3]. Las arañas, por ejemplo, generalmente se alimentan de otros invertebrados del suelo. Los colémbolos en cambio, se alimentan de bacterias y hongos. Algunos, como las lombrices terrestres, se alimentan de hojarasca. Estas relaciones con la comida se entretajan en una compleja red alimenticia que se compone de muchas especies (Figura 2) e interacciones.

Figura 2

Ejemplos de invertebrados del suelo. Los micro invertebrados (<0.1 mm) incluyen a los (A) osos acuáticos (Tardígrados) y (B) nematodos; los meso invertebrados (entre 0.1 y 2 mm) incluyen a (C) ciertas lombrices, (D–G) los colémbolos, y (H, I) los ácaros; los macro invertebrados (> 2 mm) incluyen a (J) los chanchos de la humedad, (K) los escarabajos, (L) las lombrices terrestres, (M) los milpiés, (N) los ciempiés, y (O) las arañas (Créditos de las fotografías: A, C–O: Frank Ashwood; B: Devdutt Kamath).



Figura 2

Todos los invertebrados del suelo son importantes para el buen funcionamiento del mismo. Por ejemplo, los osos acuáticos pueden colonizar nuevos ambientes, y de esta manera sirven de alimento para otros invertebrados que les siguen. Los nematodos ayudan a circular los nutrientes contenidos en el suelo, asistidos por colémbolos, ácaros, chanchos de la humedad y lombrices terrestres. Los chanchitos de la humedad, colémbolos y algunos ácaros [4] ayudan a descomponer hojas y otros materiales presentes en el suelo que alguna vez fueron parte de algún ser vivo [5], y de paso, también ayudan a almacenar carbono en el suelo. Las galerías abiertas por las lombrices terrestres, permiten al agua infiltrarse en el suelo. Algunos invertebrados del suelo incluso se alimentan de otros organismos que pueden causar enfermedades a las plantas, y al hacerlo, protegen a dichas plantas. Estas pequeñas criaturas, cada una a su manera, contribuyen a mantener la salud del suelo, lo que a la larga es importante para producir alimentos de calidad y saludables para todos.

MICRO PLÁSTICOS

Pequeñas partículas de plástico (<5 mm) que pueden ser tóxicas para seres acuáticos o terrestres.

LA AMENAZA DEL MICRO PLÁSTICO

Desafortunadamente, los hogares de estos organismos han sido inundados con sustancias contaminantes, como los **micro plásticos**. Los micro plásticos son pequeñas partículas (<5 mm) que se originan de muchas maneras (Figura 3;

Apartado 1). Por ejemplo, cuando los automóviles avanzan por la carretera, sus neumáticos se desgastan y liberan minúsculas partículas, las cuales son transportadas por el viento y terminan en los suelos. De la misma forma, cuando lavamos nuestra ropa, pequeñas fibras se desprenden de cada prenda

Figura 3

Ejemplos de micro plásticos.

(A) Colémbolo sobre partículas de urea-formaldehído. (B) Colémbolo cerca de partículas de plástico derivadas de una botella de gaseosa. (C) Micro cuentas de polipropileno. (D) Fibras de polipropileno. (E, F) Nematodos adultos junto a fibras de poliestireno. (G) Partículas formadas por el desgaste de neumáticos. (H) Esponja de poliuretano vista al microscopio. (I) Polipropileno molido (Créditos de las fotografías: A, B, C: Reinhart and D. Daphi, C, I: Stefanie Maaß, D: Carlos Barreto, E, F: Shin Woong Kim, G: Eva Leifheit, H: Walter Wadman).

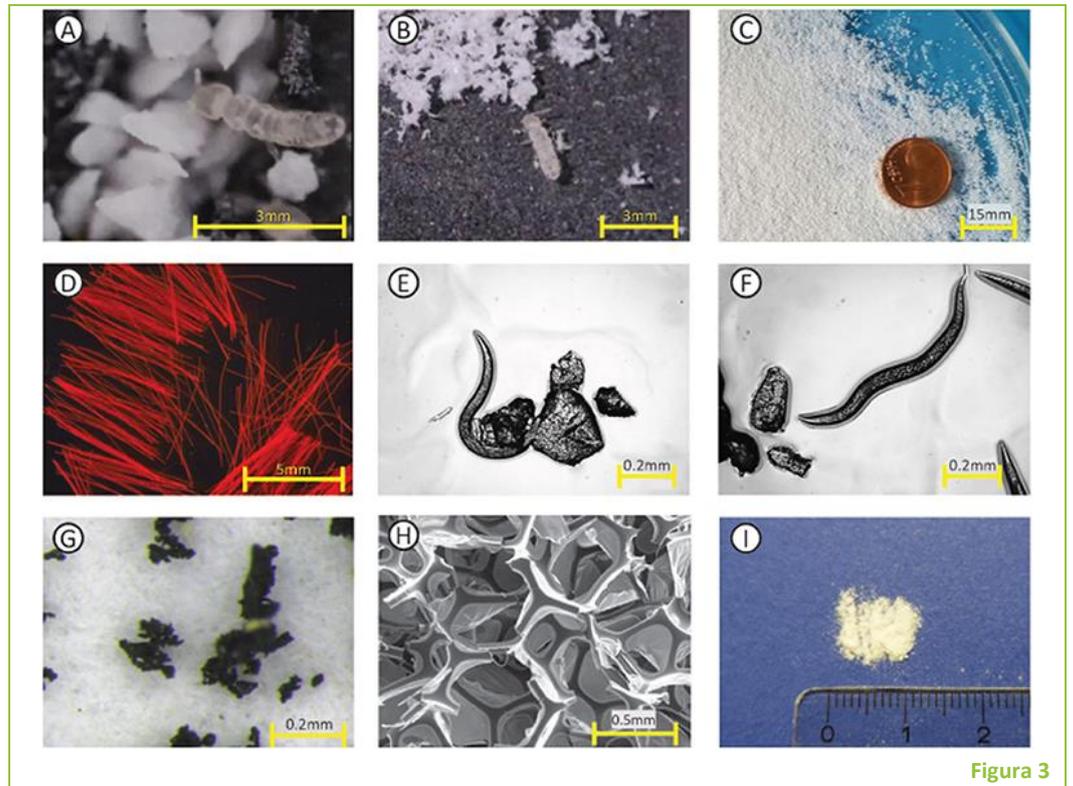


Figura 3

y son liberadas en el agua. Tan solo un abrigo de lana sintética (fleece) puede liberar alrededor de ¡un millón de fibras por cada ciclo de lavado! El agua repleta de fibras termina mezclándose con las aguas servidas, que en algunos casos se re-utiliza para fertilizar los campos que producen nuestros alimentos. Los micro plásticos también pueden llegar al suelo a través de las bolsas de basura o simplemente con la lluvia.

Los micro plásticos tienen un rango amplísimo de propiedades químicas y físicas, y a menudo también contienen **aditivos**. Esto hace que los micro plásticos sean aun más peligrosos para el medio ambiente, especialmente una vez que han empezado a degradarse. Las partículas de plástico se vuelven quebradizas debido a la acción del sol, el agua y las partículas de suelo que friccionan contra ellas. Con el tiempo, las partículas de micro plástico se degradan en partículas incluso más pequeñas denominadas nano plásticos. También, a medida que avanza la **degradación**, los aditivos presentes en el plástico empiezan a desprenderse y **filtrarse** en el suelo. Algunos organismos también pueden consumir partículas de plástico, con lo cual los aditivos también permean en sus tejidos. Desafortunadamente, aun no sabemos muy bien qué pasa exactamente cuando estos aditivos son liberados en el medio ambiente.

Es claro que las partículas de micro plástico pueden afectar el suelo, pero ¿cómo afectan a los invertebrados del suelo? [6] Si miramos a las lombrices terrestres, con su incesante apetito por hojarasca, y su incansable hábito de

ADITIVOS

Substancias químicas que hacen al plástico más colorido, flexible o menos inflamable.

DEGRADACIÓN

La ruptura o separación gradual de un objeto en partes más simples y pequeñas.

FILTRACIÓN

Sucede cuando una sustancia líquida es liberada de su fuente sólida. También se le conoce como lixiviado.

cavar, es fácil imaginarse que estos animalitos ingieren con regularidad micro plásticos y luego los entierran profundo en el suelo. No olvidemos que los micro plásticos no solo pueden ser transportados al comerlos, sino meramente al entrar en contacto e impregnarse en la piel de los invertebrados. Quizá algo positivo de este proceso, es que al enterrarlos, los micro plásticos se degradan más lentamente debido a que los rayos solares no pueden penetrar en el suelo, y además porque a esa profundidad la actividad microbiana es más lenta. En otras palabras, a mayor profundidad del suelo, mayor será el tiempo de degradación del micro plástico.

Apartado 1 | Origen del micro plástico en el suelo.

Objeto	Tipo de plástico	Comentario
Pintura	Resinas epoxicas y alkyd	Estos micro plásticos se forman cuando se pule superficies pintadas o cuando se remueve la pintura vieja de las superficies que cubría.
Bolsas plásticas	Poliétileno de baja densidad (PEBD)	Cuando se descarta bolsas plásticas inapropiadamente, estas terminan sobre el suelo, donde son degradadas por el sol, eventualmente formando micro plásticos.
Acolchados o coberturas plásticas para cultivos agrícolas.	Poliétileno de baja densidad (PEBD)	Algunos agricultores utilizan coberturas plásticas para proteger sus plantas de la pérdida de agua. Estas cubierta eventualmente se degradan debido a su exposición al sol y terminan formando micro plásticos.
Neumáticos (llantas)	Poliisopreno (caucho natural)	Aunque los neumáticos son fabricados primordialmente de caucho natural, también se les añade aditivos cuya toxicidad está por comprobarse.
Espojas de empaque	Poliestireno (PS)	Las esponjas de embalaje se usan mucho como aislantes en la construcción y como empaques para proteger productos durante su transporte. Cada rotura o daño producido a estas esponjas, produce micro plásticos.
Brillantina o brillo	Poliétileno tereftalato (PET)	La brillantina se distribuye muy fácilmente porque se desprende de cosméticos o de juguetes.
Botellas de agua o gaseosa	Polipropileno (PP) o poliétileno tereftalato (PET)	La descomposición de plásticos erróneamente desechados también puede contaminar el suelo
Ropa	Poliéster o poliamida	Estas fibras sintéticas se rompen liberando micro fibras durante el lavado, las cuales terminan en el suelo debido a que las aguas servidas se pueden reutilizar para riego de cultivos.

LOS MICRO PLÁSTICOS PODRÍAN AFECTAR LA SALUD DE LOS SERES DEL SUELO

Hay reportes de que los micro plásticos enferman a las lombrices terrestres y colémbolos. Un estudio mostró que luego de comer micro plásticos, las lombrices terrestres presentaron inflamación y heridas en sus organos digestivos. Por si fuera poco, la ingesta de micro plástico disparó la actividad del sistema inmune de estos animalitos a niveles superiores a lo normal [7]. Al ingerir micro plásticos, las comunidades de bacterias benéficas que viven en el tracto digestivo de ciertos colémbolos se modifican [8]. Tanto las lombrices

terrestres como como los colémbolos que consumieron plástico crecieron más lentamente, tuvieron menos crías, y murieron más frecuentemente que su pares que no los consumieron.

Esto suena a muy malas noticias para los bichos del suelo. Afortunadamete, no todas las noticias son malas: los científicos por ejemplo no han confirmado que las partículas de micro plásticos se acumulen en el organismo con el tiempo. Esto implica que a la larga las especies que los ingieren no sufrirían mayores daños. Sin embargo, existe la posibilidad de que aunque no se acumulen, estos micro plásticos se trasladen a través de la red alimenticia que conforman los organismos del suelo. Por ejemplo, desde microorganismos como hongos o bacterias hacia colémbolos, de ahí a ácaros predadores, luego posiblemente a aves como los pollos. Esto significa que finalmente los micro plásticos podrían terminar jen nuestro cuerpo! Calma, aún no sabemos con certeza como se trasladan los micro plástico por la red alimenticia, pero la investigación en este campo avanza rápidamente.

A pesar de todas estas preocupaciones, los científicos también han reportado datos que nos permiten ser optimistas. Por ejemplo, un grupo de científicos encontró que ciertas bacterias que se alojan en el tracto digestivo de la lombriz terrestre son capaces de digerir micro plásticos rápidamente [10]. Esto abre la posibilidad a que se utilice esas mismas bacterias para remover el plástico que ya está contaminando nuestros suelos. ¿Pasa lo mismo con otros invertebrados del suelo? Simplemente, aun no lo sabemos.

¿QUÉ PODEMOS HACER PARA PROTEGER A LOS INVERTEBRADOS DEL SUELO?

Te preguntarás por qué los científicos no han progresado rápidamente para entender cuáles son las secuelas del micro plástico en el suelo y en los organismos que ahí habitan. La respuesta es que estudiar micro plásticos no es facil. Por ejemplo, aun no temenos un método confiable con el cual podamos medir la cantidad en que los diferentes tipos de micro plásticos existen en el suelo. Por otro lado, la mayoría de estudios sobre micro plásticos que se han hecho hasta ahora, han sido cortos y se han realizado dentro de un laboratorio, mientras que lo que necesitamos son estudios a largo plazo y en suelos reales. La enorme variedad de micro plásticos que existe hace imposible la tarea de estudiarlos todos en condiciones reales, pero al mismo tiempo, los estudios hechos en laboratorios son informativos solo hasta cierto punto. Otra razón por la que no podemos contar únicamente con estudios de laboratorio, es porque solo una fracción pequeña de los organismos que viven en el suelo se pueden mantener vivos en esas condiciones. Pero no te preocupes, los científicos estamos dando nuestro mejor esfuerzo para resolver estos problemas. Mientras tanto, te recordamos ¡*tu* también puedes ayudar de muchas maneras!

Todos debemos esforzarnos para minimizar el ingreso de más plásticos, de cualquier tamaño, al medio ambiente. ¡Tal vez tu ya conoces algunas de las formas más importantes! Debemos evitar el uso de utensillos de plásticos de un solo uso como vasos o pajillas. Como medida preventiva, podrías escoger tu tasa y pajilla (popote, sorbete) de metal favoritas y guardarlas en tu lonchera.

También es importante poner nuestros plásticos en el recipiente apropiado, o separarlos para entregarlo al reciclador más cercano. Estas simples acciones pueden reducir enormemente la cantidad de plástico que termina en el agua o en el suelo. También deberíamos evitar usar cosméticos que contengan micro plástico, como los acondicionadores de cabello. Por suerte, ahora hay muchos productos libres de micro plásticos y es posible que incluso exista una aplicación en tu teléfono inteligente que te permita seleccionarlos. En cuanto a la tarea de reducir la cantidad de micro fibras plásticas, evita echar a la basura la ropa que ya no usas solo porque ya no las quieres. En lugar de ello, podrías intentar venderla, donarla, transformarla a tu gusto, o incluso destinarla a otro uso. Únamos fuerzas para proteger a estos pequeños héroes del suelo de la contaminación con micro plástico. Vadrá la pena.

REFERENCIAS

- [1] Coleman, D. C., Callaham, M. A., and Crossley, D. A. Jr. 2018. *Fundamentals of Soil Ecology*, 3rd Edn. London: Academic Press. p. 376.2.
- [2] Potapov, A. 2020. Springtails — worldwide jumpers. *Front. Young Minds*8:545370. doi: 10.3389/frym.2020.5453703.
- [3] Erktan, A., Pollierer, M., and Scheu, S. 2020. Soil ecologists as detectives discovering who eats whom or what in the soil. *Front. Young Minds*8:544803. doi: 10.3389/frym.2020.5448034.
- [4] Barreto, C., and Lindo, Z. 2020. Armored mites, beetle mites, or moss mites: the fantastic world of oribatida. *Front. Young Minds*8:545263. doi: 10.3389/frym.2020.5452635.
- [5] Barreto, C., and Lindo, Z. 2020. Decomposition in peatlands: who are the players and what affects them? *Front. Young Minds*8:107. doi: 10.3389/frym.2020.001076.
- [6] de Souza Machado, A. A., Horton, A., Davis, T., and Maaß, S. 2020. Microplastics and their effects on soil function as a life-supporting system. In: *The Handbook of Environmental Chemistry*, eds D. He and Y. Luo. Cham: Springer. p. 1–24.7.
- [7] Rodriguez-Seijo, A., Lourenço, J., Rocha-Santos, T. A. P., da Costa, J., Duarte, A.C., Vala, H., et al. 2017. Histopathological and molecular effects of microplastics in *Eisenia andrei* Bouché. *Environ. Pollut.*220:495–503. doi: 10.1016/j.envpol.2016.09.0928.
- [8] Zhu, D., Qing-Lin, C., Ana, X., Yanga, X., Christiec, P., Ked, X., et al. 2018. Exposure of soil collembolans to microplastics perturbs their gut microbiota and alters their isotopic composition. *Soil Biol. Biochem.*116:302–10. doi: 10.1016/j.soilbio.2017.10.0279.
- [9] Huerta Lwanga, E., Mendoza Vega, J., Quej, V.K., de los Angeles Chi, J., Sanchezdel Cid, L., Chi, C., et al. 2017. Field evidence for transfer of plastic debris along a terrestrial food chain. *Sci. Rep.* 7:14071. doi: 10.1038/s41598-017-14588-210.

[10] Huerta Lwanga, E., Thapa, B., Yang, X., Gertsen, H., Salánki, T., Geissen, V., et al. 2018. Decay of low-density polyethylene by bacteria extracted from earthworm's guts: a potential for soil restoration. *Sci. Total Environ.* 624:753–7. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.12.144

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Frank Ashwood (Forestry Commission UK), Shin Woong Kim (Freie Universität Berlin), y a Devdutt Kamath (University of Guelph) por permitirnos usar sus imágenes de invertebrados del suelo para ilustrar este artículo. Agradecemos a C. Reinhart, D. Daphi, y a Eva Leifheit (Freie Universität Berlin) por las imágenes de micro plásticos. También queremos agradecer a Anderson Abel de Souza Machado, Alice A. Horton, y Taylor Davis por el trabajo en el capítulo sobre micro plásticos que sirvió para iniciar éste artículo. MR agradece el financiamiento de una ERC Advanced Grant (694368). Este trabajo también fue financiado en parte por el Ministerio Federal de Educación e Investigación de Alemania (BMBF) a través de la segunda fase del proyecto Bridging in Biodiversity Science-BIBS (ayuda número 01LC1501B). Agradecemos a Helen Phillips, Rémy Beugnon y Malte Jochum, editores de la colección Soil Biodiversity, por tan buena e importante iniciativa. Finalmente, queremos agradecer a nuestros jóvenes redactores por sus comentarios.

EDITED BY: Rémy Beugnon, German Centre for Integrative Biodiversity Research (iDiv), Germany

CITATION: Barreto C, Rillig M, Waldman W and Maaß S (2021) How Soil Invertebrates Deal With Microplastic Contamination. *Front. Young Minds.* 9:625228. doi: 10.3389/frym.2021.625228

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 Barreto, Rillig, Waldman and Maaß. 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.

JÓVENES REVISORES



ASTÈRE, EDAD: 8

My age is 8. I like reading, doing DIY, drawing, coloring, art, maths, writing, and history. My favorite books are Harry Potter and Percy Jackson.



JUNIE, EDAD: 10

I have many hobbies but the ones that I do the most are cooking, reading, drawing, and sewing. I go to a primary school in a big city in the UK and my age is 10. My favorite books are Percy Jackson, books by Judy Blume, Scarlet and Ivy, and North child.

AUTORES



CARLOS BARRETO

At a very young age, Carlos realized that he liked animals, maybe too much. In school, science was always his favorite discipline, all the way through to high school. That is when he decided that he wanted to do something that involved science and animals. He tried to be a vet; it did not work out. No regrets. So, he became an ecologista few years later, and since then, he has been working with little animals (mostly insects and mites) in tropical forests, iron ore and limestone caves, boreal forests, urban fields, and peatlands on three continents: South America, North America, and Europe. *cbarreto@uwo.ca; +orcid.org/0000-0003-2859-021X



MATTHIAS C. RILLIG

Matthias likes soil and all the critters in it, not just the animals. Actually, his favorite are the fungi. His favorite soil process is soil aggregation, the formation of the little crumbs of soil. Matthias is a professor at Freie Universität Berlin and gets to think about soil and what is going on in there all day. Currently he is very interested in how soils are being affected by a wide range of factors, including microplastics. +orcid.org/0000-0003-3541-7853



WALTER R. WALDMAN

Walter is a proud Brazilian chemist who loves music, chemistry, food, cinema, and polymers. His first experiment involved chewing gum and the hair of an ex-friend. The experiment did not end well for all the participants, but the adhesive power of polyisoprene was confirmed, and a polymer scientist was born that day. Now he tries to understand the role of polymer degradation on the impact of microplastics. When he has some free time, you can find him reading something about chemistry and polymers. And eating... +orcid.org/0000-0002-7280-2243

**STEFANIE MAAß**

Stefanie wanted to become a make-up artist or costume designer but due to lack of art skills, she moved on to something completely different: biology. When she was introduced to tropical insects and mites of tree bark during her studies, she became fascinated by their beauty and diversity. She then worked on soil insects and mites and has become a passionate and curious soil ecologist who wants to understand the feeding relationships, reactions to pollutants (like microplastics), and distribution patterns of her beloved soil creatures. [+orcid.org/0000-0003-4154-1383](https://orcid.org/0000-0003-4154-1383)

TRADUCTOR**JUAN F. DUEÑAS**

Juan is an Ecuadorian ecologist currently living and working in Berlin, Germany. Juan likes all critters, except for mosquitoes and stomach bugs, which he passionately hates. In his free time, Juan loves to climb, ride his bike and in general move. ORCID ID: 0000-0001-9770-3447