



CIENCIA MÁS TECNOLOGÍA

1.º de febrero de 2023 - Año 8, n.º 84

¡Que el bioplástico no te engañe!

Este tipo de plástico, mercadeado como amigable con el ambiente, se comporta de la misma manera que el plástico convencional y no se degrada en medios naturales. Así lo probó un grupo de científicos en un experimento.





Alrededor de un 70 % de las botellas y las bolsas plásticas van al medio ambiente o a los vertederos, y más de 13 millones llegan al mar cada año. Foto: Laura Rodríguez.

La realidad oculta de los bioplásticos

La mayoría de los bioplásticos se comportan igual que los plásticos convencionales y pueden permanecer en la naturaleza cientos de años, aunque son mercadeados como una alternativa ecológica.

Patricia Blanco Picado
patricia.blancopicado@ucr.ac.cr

El plástico se ha convertido en una plaga que inunda todo el planeta. Se estima que entre cinco y diez millones de toneladas de plástico se arrojan cada año a la tierra y a los océanos. Esto ha llevado a acuñar el término *plastisfera*, para referirse a los nuevos ecosistemas de plástico creados por los seres humanos.

Costa Rica no escapa a esa realidad, pues también contribuimos a la contami-

nación ambiental con plástico. En suelo nacional se producen alrededor de 550 toneladas diarias de este material, de las cuales el 80 % va a dar al mar. Esto equivale a cerca de 35 camiones cargados de basura.

En las últimas dos décadas se han desarrollado plásticos de origen biológico como una alternativa a los de origen petroquímico o fósil. Sin embargo, tales materiales no constituyen una solución, porque no se degradan en medios naturales. Para su compostaje requieren de procesos industriales.

Bolsas, platos, vasos y pajillas, entre otros artículos de un solo uso, se comercializan en tiendas y supermercados con etiquetas y términos como *oxobiodegradables*, *biodegradables*, *biológicos*, *compostables* y *verdes*.

Esos productos “tienen los mismos impactos ambientales que los plásticos de origen petroquímico y no constituyen alter-

nativas para suprimir el plástico tradicional”, afirma Alberto Quesada, de la Fundación Mar Viva.

Dicha organización, interesada en sensibilizar acerca del tema, publicó recientemente un análisis sobre la contaminación marina por plásticos.

Para someter a prueba esos nuevos materiales y conocer sus efectos en el ambiente, la Universidad de Costa Rica (UCR) realizó un estudio con la participación del Centro de Investigaciones en Productos Naturales (Ciprona) y las escuelas de Química y de Biología. Asimismo, formó parte el Centro Nacional de Innovaciones Biotecnológicas (Cenibiot).

El artículo científico que da a conocer los resultados se titula *Biodegradación de plásticos en condiciones de compostaje casero y fue publicado en la revista Environmental Challenges*, en abril del 2022.

El objetivo del experimento consistió en evaluar el grado de biodegradabilidad

de materiales identificados como ácido poliláctico (PLA) y oxobiodegradable (OXO), los cuales son presentados como biodegradables. Igualmente, se consideraron otros plásticos como el polietileno (derivado del petróleo) y la celulosa (existente en la naturaleza).

Dichos materiales se evaluaron en un sistema de compostaje casero durante 78 semanas, bajo condiciones típicas de un país tropical.

La prueba de compostaje se adaptó de dos normas, una australiana y otra india, que establecen que el material plástico tiene que alcanzar el 90 % de degradación o la misma degradación del material de referencia, en este caso de la celulosa, a las 31 semanas.

Los investigadores compararon los valores de masa de los materiales para medir los cambios en la materia.

A las 31 semanas de compostaje, la masa de los plásticos analizados no sufrió



Los plásticos de origen biológico se ofrecen como una alternativa a los plásticos derivados del petróleo. Sin embargo, no pueden degradarse en medios naturales, porque requieren procesos industriales para su compostaje. Foto: Laura Rodríguez.

ningún cambio. Solo el papel (celulosa) tuvo una reducción significativa (del 85 %) en su masa.

Si bien las personas investigadoras reportaron los hallazgos de las primeras 78 semanas del compostaje en el artículo, afirmaron que a las 180 semanas la celulosa ni siquiera se veía y el resto de los plásticos permanecieron exactamente igual.

¿Qué es un plástico?

Un plástico es un material que consiste en un polímero, al cual se le añaden otros compuestos (aditivos) para darle determinadas propiedades.

“Normalmente, los aditivos se agregan a los polímeros para que estos tengan ciertas características, como color y algunas propiedades físicas”, explica la Dra. Rosaura M. Romero Chacón, química y una de las investigadoras participantes en el estudio.

El problema es que hay algunos aditivos que lo que provocan es que los plásticos se descompongan en partículas más pequeñas y son peligrosos.

Por su parte, un bioplástico es un polímero derivado de fuentes renovables, biodegradable o ambos. Sin embargo, a muchos de ellos se les han agregado otros compuestos que hacen que ya no sean biodegradables.

Lo anterior implica que ese material solamente es degradable bajo condiciones industriales, en las cuales se requieren temperaturas de al menos entre los 50 y 60 °C para poder procesarlo, y superiores

a 60 °C para su higienización (eliminación de microorganismos patógenos). En condiciones ambientales típicas, no es posible la degradación.

Para la especialista, cuando se desee hablar de biodegradación hay que conocer cuáles son las cualidades de un determinado plástico, su composición química (incluyendo los aditivos) y las condiciones que requiere para ser degradado.

La palabra oxo está relacionada con un cambio químico que les hacen a los plásticos convencionales (derivados del petróleo), pero que solo logra facilitar la fragmentación del plástico, no así su degradación.

En la degradación del plástico pueden intervenir factores como la luz ultravioleta y la temperatura, aunque también puede ser degradado por hongos y bacterias.

“(…) se reconoce que esta degradación depende en gran medida de la naturaleza del polímero, las condiciones ambientales y los microbios a los que están expuestos los plásticos, por lo que es usual observar una lenta tasa de degradación e incluso la inhibición de esta”, afirman los autores del estudio.

Destacan los especialistas que no existe suficiente evidencia científica de si estos materiales “amigables” con el ambiente tienen ventajas sobre los plásticos convencionales, por su capacidad de fragmentarse en microplásticos. Este hecho preocupa ante los posibles riesgos ecológicos y para la salud humana de estas pequeñas partículas.

“Los microplásticos y los nanoplasticos eran vistos hace unos cuantos años solo

como un problema para el ambiente, pero ahora estamos empezando a ver las consecuencias en la salud humana”, recuerda el Dr. Keilor Rojas Jiménez, biólogo y otro de los científicos que participó en la investigación.

De acuerdo con Rojas, los nanoplasticos se pueden acumular en los sitios más recónditos del cuerpo humano, como los pulmones. Asimismo, causan variaciones en la microbiota intestinal.

“No solo representan un problema físico, sino también químico, por los aditivos que contienen”, subraya.

Para los expertos, existe un serio problema de etiquetado de los productos que se comercializan, ya que brindan al consumidor una impresión errónea de lo que realmente son.

Cambios en los microorganismos

El plástico es colonizado por los microorganismos. Esto significa que las superficies plásticas constituyen una matriz donde esos organismos viven y se reproducen. “Son como un oasis para los microorganismos”, comenta Rojas.

Esto motivó a los científicos a incluir en el estudio citado el análisis de la microbiota que vivía en el plástico del compostaje, para entender su composición y cuáles son los efectos de esos ecosistemas que se forman en las partículas de plástico.

Según Rojas, lo primero que se observó es que no hay diferencias en la

estructura de la comunidad microbiana de los plásticos corrientes y los bioplásticos.

Otro aspecto señalado en el estudio es que los grupos de microorganismos principales que había al principio del compostaje no eran los mismos del final. La tendencia es que conforme aumenta el tiempo, las comunidades naturales disminuyen y aumentan otras poblaciones.

Entre los microorganismos identificados, están las proteobacterias (la mayor cantidad de patógenos está en este grupo), como *Escherichia* y *Pseudomonas*.

Otro grupo identificado en el compostaje son los lactobacilos, que tienen una función biológica importante en la degradación de la comida y actúan como probióticos. Al inicio eran abundantes y luego fueron disminuyendo.

También se detectaron poblaciones de actinomicetes, cuya abundancia está asociada con la salud del compost.

Para el biólogo, la presencia del plástico varía la composición de los microorganismos que cumplen funciones biológicas y ecosistémicas. Además, constituye un riesgo de asociarse con potenciales patógenos existentes en el medio.

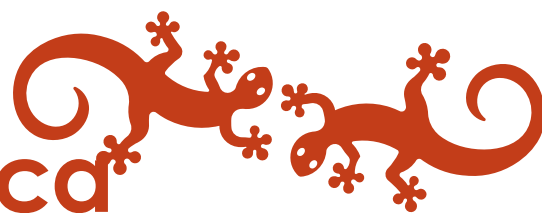
“Estamos cambiando la estructura de las comunidades naturales de microorganismos por poblaciones que pueden constituir un riesgo para el ambiente y para los humanos”, advierte.

Los plásticos potencian la contaminación del ambiente, porque van a estar allí por cientos de años. Es un problema de grandes dimensiones, concluye el investigador. ■



La *Nototriton kenorum* es una de las cinco especies descubiertas durante una serie de expediciones que se llevaron a cabo en el país. Foto: cortesía de Erick Arias.

Se suman nuevas especies a las salamandras de Costa Rica



Los parques nacionales albergan cinco especies de salamandras descritas para la ciencia.

Karol Quesada Noguera
karol.quesadanoguera@ucr.ac.cr

Mediante un proyecto colaborativo de investigación entre la Escuela de Biología de la Universidad de Costa Rica (UCR) e investigadores independientes, en el 2012 se inició la recolección de muestras de salamandras en distintas zonas de nuestro país, con el objetivo de conocer más de la diversidad de este grupo.

Hasta el momento, el equipo científico ha descubierto cinco nuevas especies de dichos anfibios, los cuales se distinguen por existir en el planeta desde antes que los dinosaurios, en el período Triásico.

La primera especie se encontró en el 2018 y las otras cuatro en el 2022.

El equipo de trabajo está conformado por Brian Kubicki, investigador principal del proyecto, encargado de realizar el trabajo de campo y las comparaciones morfológicas; así como por su esposa Aura Reyes Suazo, quien colabora con las comparaciones de especies. Por último, Erick Arias Piedra, investigador independiente de anfibios, se dedica al análisis genético y a la interpretación de los datos.

El artículo científico con los resultados de la descripción de las recientes cuatro especies de salamandras se publicó en octubre del 2022 en la revista *Zootaxa*, especializada en taxonomía zoológica.

El trabajo proporciona una revisión actualizada de los miembros del género *Nototriton* presentes en Costa Rica e incluye una propuesta sobre un nuevo subgénero y cuatro nuevas especies.

Los anfibios se dividen en tres grandes grupos: las ranas y sapos, los cecilios (anfibios sin extremidades, parecidos a las serpientes) y las salamandras.

Costa Rica posee una única familia de salamandras, que son los pletodóntidos (Plethodontidae). Estos, a su vez, se dividen

en tres géneros distintos: *Bolitoglossa*, *Oedipina* y *Nototriton*.

Las especies encontradas forman parte del género *Nototriton* y se caracterizan por ser muy pequeñas, en su etapa adulta llegan a medir tres centímetros, incluyendo la cola. "Son como salamandras miniaturizadas", explica Arias.

Este grupo se encuentra entre los 1 000 y 1 600 metros de altitud y está distribuido únicamente entre Guatemala y Costa Rica.

"Para ponerlo en contexto, en estos diez años se lograron encontrar y recolectar, con los permisos del Minae (Ministerio de Ambiente y Energía), más individuos que en toda la historia de más de 80 años,



Todas las especies encontradas fueron comparadas con las ya conocidas para demostrar su unicidad, como es el caso de la *Nototriton vereh*. Foto: cortesía de Erick Arias.

desde que se empezaron a descubrir los primeros”, afirma Arias.

Las propiedades de los miembros del género *Nototriton* hacen que sea muy difícil ubicarlos y diferenciarlos una vez que han sido recolectados.

Según manifiesta el investigador, el trabajo es complejo, porque “son especies muy pequeñas, es todo un reto reconocer las diferencias. Lo que nos ayuda muchísimo es la parte genética. Para estos grupos se usan tres genes de la mitocondria, los secuenciamos y los comparamos con lo que ya había antes”.

Con ese objetivo se realizó un muestreo de todas las especies presentes en Costa Rica, luego se compararon las nuevas encontradas para comprobar que no fuesen una ya descrita. Posteriormente, se efectuaron mayores estudios microscópicos para describirlas y asignarles un nombre.

Diversidad de salamandras

Este grupo de anfibios es, por lo general, muy diverso en los países del norte del mundo, como Estados Unidos, Canadá, México y Guatemala.

Sin importar su tamaño, su posición geográfica y su edad relativamente joven, Costa Rica es el quinto país a nivel global con la mayor cantidad de especies.

Esta característica es muy relevante, porque se trata de un país tropical, ubicado bastante al sur del continente y aun así tiene una alta diversidad de salamandras, comenta Arias.

“Si todavía estamos encontrando vertebrados, qué nos espera en términos de insectos. Debe haber cientos de especies por descubrir”, añade. ■

Especies de salamandras del género *Nototriton* descubiertas en Costa Rica en los últimos cinco años:

1. *Nototriton costarricense*: se encontró cerca de la frontera con Panamá. Por su ubicación, fue posible identificar un único individuo. Aun cuando todas las especies comparten muchas características, esta se reconoce por sus orificios nasales extremadamente grandes, en comparación con el resto de las especies del género.

2. *Nototriton vereh*: se halló en Vereh, cerca del territorio indígena de Chirripó. Se caracteriza porque sus dedos no están separados. “Parece un guante”, indica Arias.

3. *Nototriton kenorum*: se localizó en Turrialba. Se distingue porque tiene unos orificios nasales casi inexistentes.

4. *Nototriton lateomuscus*: procede de San Ramón de Alajuela. Se diferencia por ser “más estilizada comparada con las demás”, describe el experto. Es una especie más larga y con patas más pequeñas, con una forma similar a una lombriz.

5. *Nototriton maximo*: es una especie que habita en los picos del Parque Nacional Rincón de la Vieja y en Monteverde. Entre sus características destaca que sus manos son mucho más pequeñas que las de las demás especies.



Las “abejas de las orquídeas” son las responsables de la dispersión de las semillas de tres especies de vainilla de interés comercial, que además son endémicas de Costa Rica. Foto: cortesía de Adam Karremans, Jardín Botánico Lankester.

El olor de la **vainilla** seduce a las abejas y a los roedores

La vainilla posee un aroma y un sabor que no solo encantan a los humanos. En el bosque, en donde esta orquídea crece de forma natural, algunos animales son atraídos por su olor y cumplen un rol importante en la dispersión de sus semillas.

Patricia Blanco Picado
patricia.blancopicado@ucr.ac.cr

Tres especies de orquídeas del género *Vanilla*, endémicas de Costa Rica, actúan como señuelos para insectos y mamíferos. Estos son atraídos por su fragancia y, sin proponérselo, se convierten en dispersores de las semillas de esta codiciada orquídea, por su importancia en la industria alimentaria y cosmética.

No todos los aromas de las plantas sirven para seducir a los animales, hay

algunos que son un mecanismo de defensa o que tienen la función de alejar a cualquier depredador que quiera acercarse.

En el caso de la vainilla, se trataba de averiguar cuál es la función biológica de la vainillina, el compuesto aromático presente en los frutos de ocho de las 12 especies existentes en nuestro país.

En ese momento, no se sabía quiénes son los responsables de diseminar las semillas de la vainilla y, de esa manera, lograr su preservación, ya que solamente existían suposiciones de si eran unos u otros animales.

Tras cinco años de investigación en el campo, un equipo de especialistas de la Escuela de Biología, de la Universidad de Costa Rica (UCR), logró dilucidar el por qué del olor y sabor a vainilla en los frutos de esta orquídea.

El estudio se realizó en algunos parques nacionales y áreas protegidas, en donde se conservan poblaciones saludables de vainilla silvestre y de especies nativas.

El artículo científico con los resultados del trabajo se publicó en línea a mediados de diciembre del 2022 en *Current Biology*. Además, esta revista internacional dedicó su portada a dicho estudio.

“Esta investigación es importante porque se pudo probar una serie de elementos de los que antes se tenían dudas. Ahora sabemos que la vainilla tiene varios mecanismos de dispersión”, afirma Adam Karremans, investigador del Jardín Botánico Lankester (JBL), instancia que lideró el estudio junto con el Centro de Investigación en Biodiversidad y Ecología Tropical (Cibet) y la Escuela de Biología.

La vainilla es una planta de importancia mundial por ser la única fuente natural de la vainillina. Algunas especies poseen valor comercial, porque de ellas se extrae la vainilla, muy utilizada como saborizante en alimentos y bebidas, y como aromatizante en la industria cosmética y en aromaterapia.

Un aroma inconfundible

Según Karremans, en el bosque, en ciertas épocas del año, huele a vainilla. Es una fragancia muy fuerte que proviene del fruto de la vainilla cuando este se fermenta y se abre. Es de color negro y parece una flor colgando de las vainas de la orquídea. Por eso, los aztecas, grandes consumidores de vainilla, la llamaban “la flor negra”.

Lo que no se sabía es que el olor intenso de la vainillina atrae a los roedores y a las abejas, animales que dispersan las semillas de vainilla a otras zonas, incluso a kilómetros de distancia.

Los investigadores lograron tal descubrimiento al colocar cámaras de video cerca de las plantas y dar seguimiento a los animales que llegaban.

De esta manera, resolvieron el misterio sobre la dispersión de las semillas de la vainilla y la función biológica de la vainillina



Durante cinco años, científicos de la UCR estudiaron la vainilla en su medio natural y descubrieron diferentes formas de dispersión de sus semillas. Este conocimiento contribuye a mantener la variabilidad genética de esta orquídea de importancia mundial. Fotos: cortesía de Adam Karremans, Jardín Botánico Lankester.

en tres especies nativas y sus híbridos de interés comercial: *Vanilla odorata*, *Vanilla pompona* y *Vanilla planifolia*.

“Ahora sabemos que la vainilla tiene varios mecanismos de dispersión”, señala el experto en orquídeas.

Mauricio Fernández Otárola, especialista en abejas, explica que “las abejas son conocidas polinizadoras de muchos grupos de plantas, incluyendo las orquídeas, pero su papel como dispersoras de semillas es tremendamente raro en la naturaleza. Además, las ‘abejas de las orquídeas’ nunca habían sido registradas dispersando semillas y este es el primer caso de ese tipo en plantas monocotiledóneas”.

Eso último —destaca— es completamente atípico en las orquídeas y en las abejas. Existen cerca de cuatro casos conocidos a nivel mundial de este comportamiento y siempre en abejas sin aguijón (Meliponini), las cuales también se detectaron como dispersoras de semillas, según el estudio.

Sin embargo, es la primera vez que se identifica a un grupo diferente que realiza la dispersión de las semillas: el *Euglossini*, conocidas como las abejas de las orquídeas o cantarias. Además, estas emplean un mecanismo distinto.

Los machos del *Euglossini* lo efectúan al recolectar aromas de los frutos para el cortejo de las hembras, mientras que las abejas Meliponini lo hacen cuando las

hembras recogen materiales para construir el nido, agrega Fernández.

Por medio de la fotografía y del análisis de los detalles, los investigadores observaron que, durante el proceso de recolección de las fragancias, el macho del *Euglossini* se posa sobre el fruto y barre el compuesto aromático con los brazos. En esta acción se le pegan las semillas en el cuerpo.

Igualmente, las hembras meliponinas recolectan la pulpa de los frutos de vainilla para la construcción de su nido y, en este proceso, también remueven las semillas de los frutos de vainilla que transportan en su cuerpo.

Alimento para los roedores

Otra de las revelaciones de la investigación es que los frutos de la especie *V. pompona* caen al suelo cuando están a punto de madurar y sirven de alimento para los roedores y otros animales. Lo interesante es que ellos se comen las semillas enteras, no las trituran.

Lo anterior se pudo comprobar con una cámara trampa, que posee un sensor de movimiento infrarrojo. Con esta tecnología, lograron registrar a la cheringa o guatusa (*Dasyprocta punctata*) y a la rata espinosa



(Echimyidae). También a otro grupo de animales, los marsupiales.

Los investigadores fueron más allá y decidieron probar si dichos mamíferos son dispersores de las semillas, es decir, qué pasa en el tracto digestivo una vez que consumen los frutos. Para esto, los capturaron, les dieron de comer frutos de vainilla y luego recolectaron las heces. Así se dieron cuenta de que las semillas salen enteras.

“Normalmente, se considera a los roedores como depredadores, ya que se comen las semillas y las destruyen. En este caso no lo hacen, más bien las dispersan, eso es muy destacable”, revela Bernal Rodríguez Herrera, experto en mamíferos del CIBET y otro de los investigadores que participó en el estudio.

Rodríguez afirma que no se conocía que los roedores son dispersores de las semillas de la vainilla. Sin embargo, es una práctica común usar extracto de vainilla en los cebos para atraer a tales animales, por lo cual, posiblemente, es un olor que les gusta. “Lo que probamos es que en condiciones naturales también les atrae”, puntualiza.

Faltaba un último experimento y consistía en comprobar si las semillas germinaban. Esto lo realizaron con semillas de los frutos y de las heces de los animales, que colocaron en una especie de bolsas de té, para permitir el paso de la humedad y del agua. A los tres meses

y medio —cuando fueron a hacer la medición— encontraron que las semillas habían germinado.

Según expresa Karremans, “no se había podido demostrar que las semillas pasan enteras por el tracto digestivo de los animales, ni que pueden germinar. Tampoco se habían hecho pruebas de germinación en el sitio donde crecen las vainillas”.

Para Rodríguez, la investigación tuvo “resultados que sorprenden, abre una serie de preguntas, por lo que es científicamente provocador. Nos coloca a pensar más en la historia evolutiva de este grupo de plantas y sus interacciones”.

Karremans enfatiza en la importancia del conocimiento producido para la diversidad genética de estas plantas, ya que la mayoría de la vainilla que se cultiva en el planeta es por clones que se reproducen asexualmente.

“Identificar las poblaciones naturales de vainilla de interés comercial es muy importante para hacer un análisis del acervo genético que conserva Costa Rica en sus bosques, si estas especies están siendo protegidas. Si no hay dispersión de semillas de manera natural, todas las plantas que vemos en una población son clones o esquejes que se reproducen asexualmente. Entonces, no hay variabilidad genética y cualquier problema que haya en un cultivo es fulminante”, finaliza el botánico del JBL. ■



El 26 de enero del 2023 se cumplen 30 años de la primera conexión a internet en el país y en la región centroamericana. Esta acción fue concretada por la Unidad de Redes de la Universidad de Costa Rica (UCR), lo cual denota el aporte de nuestra Institución en el avance tecnológico de la región por décadas.