

¿Cuál es el impacto de los huracanes en los ecosistemas forestales?

Puerto Rico alberga una diversidad de paisajes, convirtiéndolo en un laboratorio natural para los ecólogos. Desde los bosques pluviales de montaña hasta los arrecifes de coral costeros, la isla está repleta de una gran variedad de ecosistemas llenos de vida. El **Programa de Investigación Ecológica a Largo Plazo de Luquillo** y el Bosque Experimental de Luquillo tienen su base en la Estación de Investigación de Campo El Verde, en el Bosque Nacional de El Yunque. Aquí, los ecólogos estudian los cambios que experimentan los ecosistemas forestales, incluyendo su respuesta a huracanes y sequías.



Programa de Investigación Ecológica a Largo Plazo de Luquillo

Bosque Nacional El Yunque, Puerto Rico

Área de estudio:

Ecología

Proyecto de investigación:

Explorar la respuesta de los bosques a perturbaciones como huracanes y sequías

Financiación:

El proyecto Data Jam y sus mentores científicos han sido parcialmente financiados por becas de la Fundación Nacional de la Ciencia de EE.UU. (NSF): DRL-2049061 (The Learning Partnership); BSR-8811902, DEB-9411973, DEB-9705814, DEB-0080538, DEB-0218039, DEB-0620910, DEB-1239764, DEB-1546686 (LTER). El Instituto Internacional de Dasonomía Tropical, el Servicio Forestal de los Estados Unidos y la Universidad de Puerto Rico han brindado apoyo adicional.

Las opiniones, resultados y conclusiones o recomendaciones expresadas en este material son responsabilidad exclusiva de los mentores y no necesariamente reflejan los puntos de vista de la NSF, el Instituto Internacional de Dasonomía Tropical o la Universidad de Puerto Rico.

Habla como un ... ecólogo:

Biodiversidad: la variedad de organismos presentes en un ecosistema.

Dosel: la parte superior de un bosque.

Ecosistema: la combinación de componentes vivos y no vivos en un entorno, junto con sus interacciones.

Huracán: una tormenta tropical extrema caracterizada por fuertes vientos y lluvias intensas. Los huracanes más severos, clasificados como de categoría 5, tienen vientos superiores a las 157 mph (257 km/h).

Morfología forestal:

las características físicas de un bosque, incluyendo el tamaño de los árboles y la forma del paisaje circundante.

Resiliencia: la capacidad de un ecosistema para recuperarse después de haber sido perturbado.

Sotavento: el lado de un objeto o área que está protegido del viento.

Pesticida: una sustancia química utilizada para eliminar plagas.

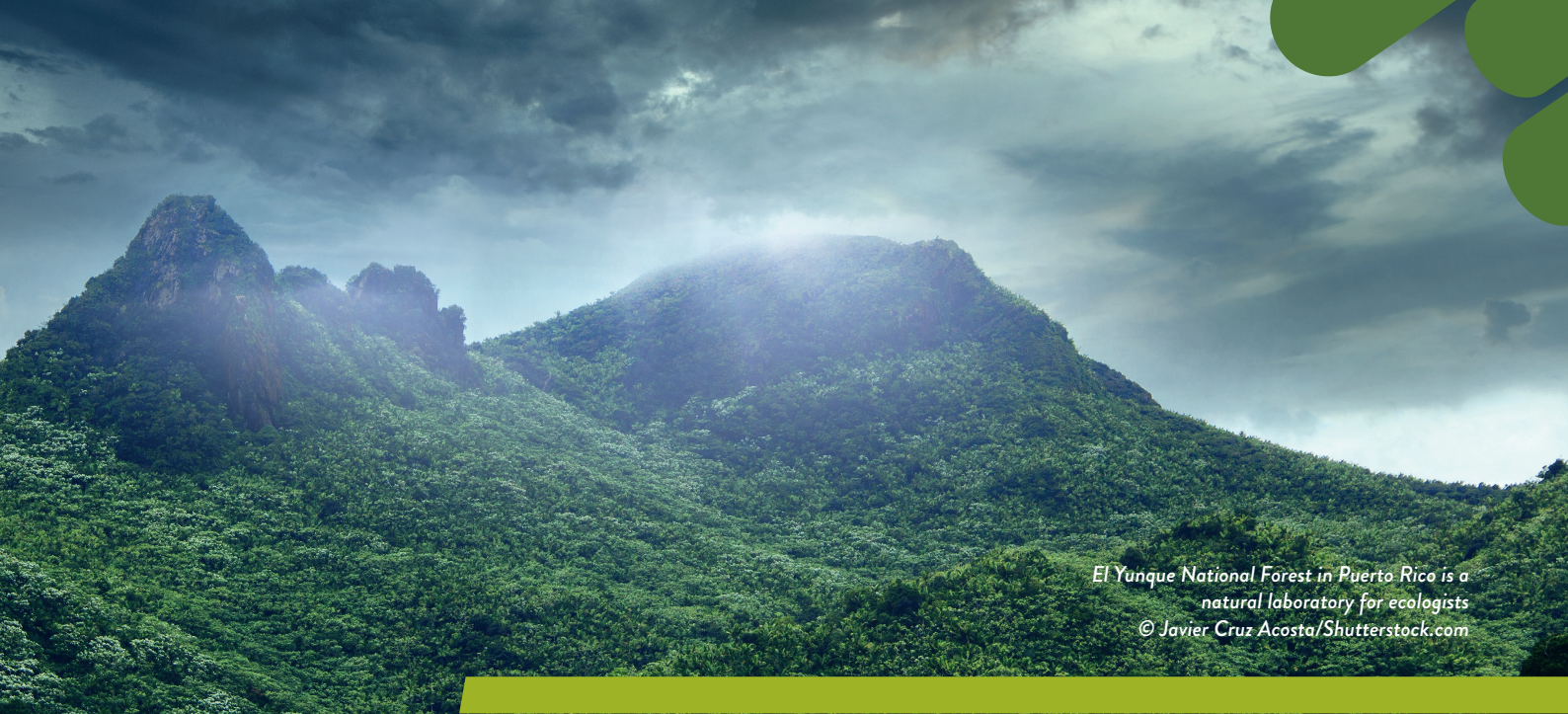
Viento dominante: la dirección habitual del viento en una región específica.

Densos bosques verdes cubren las montañas que se alcanzan desde las relucientes aguas azules del Caribe, rodeadas de playas de arena blanca y salpicadas de animados pueblos. Así es Puerto Rico, también conocida como la Isla del Encanto, y es fácil entender por qué recibe este apodo! Con selvas tropicales exuberantes, manglares oscuros y arrecifes de coral coloridos, la isla es un paraíso para los ecólogos. «Puerto Rico cuenta con una gran diversidad de ecosistemas y una biodiversidad increíble», afirma Omar

Gutiérrez del Arroyo Santiago. «Es un lugar único para estudiar».

Un laboratorio natural para la investigación ecológica

En el noreste de Puerto Rico, en las laderas de las montañas de Luquillo, se halla el Bosque Nacional El Yunque. Este bosque pluvial montañoso alberga al Programa de Investigación Ecológica a Largo Plazo de Luquillo. Aquí, los científicos se adentran en el estudio de cómo responde el ecosistema forestal ante perturbaciones naturales, como los huracanes y las sequías, así como



*El Yunque National Forest in Puerto Rico is a natural laboratory for ecologists
© Javier Cruz Acosta/Shutterstock.com*

ante los efectos de la intervención humana, como la deforestación y la construcción de presas, además del cambio climático. Los ecólogos de Luquillo abordan todos los aspectos del dinámico ecosistema, desde el impacto de las sequías y los huracanes en los suelos y la vegetación, hasta la influencia del uso del suelo en las poblaciones animales.

¿Cómo afectan los huracanes a los suelos?

Omar concibió un proyecto de investigación para examinar los efectos de la sequía en los gases de efecto invernadero y la disponibilidad de nutrientes en los suelos. «Instalé sensores en parcelas experimentales distribuidas por todo el bosque, los cuales recopilaban datos continuos del suelo, como la temperatura, la humedad y el pH, a lo largo de tres años», explica. «Cada pocas semanas, visitaba las parcelas para recolectar muestras de suelo y aire, las cuales eran analizadas en el laboratorio para determinar su composición química».

Aunque Omar esperaba documentar la respuesta de los suelos de El Yunque ante la sequía, Luquillo es un laboratorio natural y no se pueden controlar las condiciones. En septiembre de 2017, a la mitad del proyecto de investigación de Omar, el huracán María azotó la isla. Esta tormenta mortal devastó a Puerto Rico, causando daños valorados en más de 90,000 millones de dólares y cobrándose la vida de casi 3,000 personas. Esta trágica situación le dio a Omar la oportunidad de reconsiderar el enfoque de su investigación.

«Mis sensores recopilaban datos continuos durante todo el huracán», explica Omar. «Desde una perspectiva científica, era



El Yunque se encuentra en el noreste de Puerto Rico

extraordinario contar con datos tan detallados del suelo antes, durante y después de un huracán», prosigue. Gracias a su campaña de muestreo de suelos, Omar descubrió que tras el huracán María hubo un notable aumento en los niveles de nitrógeno y hierro en el suelo. «Los cambios en las concentraciones de nutrientes afectan a todos los organismos del suelo», explica. «Por ejemplo, el nitrógeno es esencial para el crecimiento de las plantas, y el incremento de nitrógeno en el suelo después del huracán María probablemente estimuló el crecimiento de las plantas y permitió que la vegetación respondiera rápidamente a la apertura del dosel», concluye. En un par de años, la composición química del suelo había vuelto a niveles anteriores al huracán y la vegetación estaba volviendo a crecer. El suelo forestal había recuperado su funcionalidad.

¿Cómo afectan los huracanes a los árboles?

Alyssa Brown investiga la resistencia del bosque de El Yunque frente a los huracanes. «La resiliencia se compone de la resistencia, que se refiere al daño que recibe un ecosistema durante una perturbación, y la respuesta, que es la reacción del ecosistema a esa perturbación», explica.

En septiembre de 1989, el huracán Hugo azotó Puerto Rico. Aunque tuvo una intensidad similar al huracán María (ambos de categoría 5), el daño causado por el huracán Hugo en los bosques de la isla fue considerablemente menor. «El huracán Hugo golpeó Puerto Rico en la misma dirección que el viento predominante, mientras que el huracán María lo hizo en dirección contraria», señala Alyssa. «Quiero determinar si esto explica por qué el huracán María causó la caída de muchos más árboles», concluye. Si un árbol está acostumbrado a soportar el impacto del viento proveniente de una dirección específica, Alyssa sospecha que desarrollará una resistencia frente a las fuerzas que llegan desde esa dirección. Esto sugiere que los árboles pueden resistir mejor los huracanes que soplan en la misma dirección que el viento predominante.

Para poner a prueba su hipótesis, Alyssa está recolectando núcleos de los troncos de árboles que crecen en El Yunque, tanto en el lado donde llega el viento (barlovento) como en el lado protegido del viento (sotavento). Al perforar los árboles, extrae una fina varilla de madera, similar a un lápiz. De regreso al laboratorio, examinará los anillos de crecimiento de los ➔

núcleos con un microscopio para detectar posibles diferencias en las células de cada lado del árbol.

Por otro lado, el profesor Alex Sloan ha investigado cómo responden los árboles con diferentes características vitales a la rotura de sus troncos. En una parcela experimental del bosque, deliberadamente rompió los troncos de varios árboles y observó su recuperación. «Muchas especies de rápido crecimiento murieron como resultado de este daño, lo que sugiere que tienen poca resistencia a los daños mientras crecen bajo la sombra de las copas de los árboles», explica. «Sin embargo, los árboles de crecimiento lento pudieron rebrotar y recuperarse. Esto indica que estas especies tienen mayores probabilidades de sobrevivir después de sufrir daños por la caída de ramas o los fuertes vientos durante los huracanes», concluye.

¿Cómo afectan los huracanes a los camarones?

Los huracanes no solo tienen un impacto en la vegetación del bosque, sino que también influyen en el paisaje forestal más amplio, así como en los animales que consideran El Yunque su hogar. La Dra. Stefani Cruz Rosa inició su investigación en Luquillo poco después del huracán María, cuando el bosque aún se encontraba en proceso de recuperación. «Los huracanes alteran la morfología del bosque», explica. Además de los vientos extremos que rompen ramas y derriban árboles, las precipitaciones intensas modifican el curso de los arroyos. «Este bosque es un entorno dinámico y en constante cambio», añade Stefani. «Mi objetivo era comprender cómo los organismos se adaptan a estos cambios naturales», prosigue. Stefani examinó cómo los cambios en los cursos de agua afectaban a los camarones. Midió los flujos de agua en varios arroyos y charcas, y recolectó camarones de cada ubicación. «Algunas charcas se secaron por completo cuando los arroyos cambiaron de curso, pero algunos camarones sobrevivieron trasladándose a nuevas áreas», concluye.

¿Qué más influye en las poblaciones de camarones?

Marla Valeria Santos-Crespo estudia las poblaciones de camarones en ríos de todo Puerto Rico. «Me interesa saber cómo influye el uso del suelo que rodea los ríos en la calidad del agua, y cómo afecta esto a las poblaciones de camarones», explica. «Recolectó y analizó muestras de agua y camarones de ríos que están rodeados

“

Este bosque supone un entorno dinámico y en constante cambio.

”

por distintos entornos, y por tanto se ven afectados por distintas actividades». Por ejemplo, el agua del Río Sabana es relativamente limpia, ya que fluye a través del bosque protegido de El Yunque, y contiene una población sana de camarones. El Río Piedras está contaminado porque atraviesa la ciudad de San Juan, y en él viven muy pocos camarones. Por último, el Río Coamo está contaminado por pesticidas, ya que atraviesa tierras agrícolas.

«Los camarones son un importante indicador de la salud del ecosistema», explica Stefani. «Si faltan camarones, el ecosistema no está en equilibrio», afirma. Marla también investiga cómo la calidad del agua afecta a los camarones. Ella coloca a los camarones en tanques con distintas concentraciones de contaminantes y observa cómo influye esto

en su comportamiento, por ejemplo, cómo se mueven e interactúan con otros camarones.

¿Qué más podemos aprender de El Yunque?

«Me interesa estudiar cómo cambian las comunidades de especies después de las perturbaciones», comenta el profesor Jesús Gómez. Para investigarlo, evaluó cómo se vieron afectadas por el huracán María las redes tróficas de los organismos que habitan en las montañas de Luquillo. Jesús también llevó a cabo experimentos para disminuir artificialmente el nivel del agua en los arroyos, simulando así condiciones de sequía, y luego observó cómo respondían las especies. «Me intriga conocer cómo los ecosistemas se adaptan al cambio climático», añade. «Los proyectos de investigación ecológica a largo plazo, como los de Luquillo, nos permiten observar cómo han cambiado los ecosistemas en el pasado, lo que nos ayuda a comprender cómo podrían cambiar en el futuro», explica.

A medida que el cambio climático continúe, los fenómenos meteorológicos extremos, como los huracanes y las sequías, serán más frecuentes y severos. Los ecólogos, como los que trabajan en el Programa de Investigación Ecológica a Largo Plazo de Luquillo, desempeñan un papel vital en ayudarnos a comprender cómo responderán los ecosistemas a estos cambios.

El Proyecto Data Jam de Luquillo

Los datos proporcionan una poderosa herramienta para entender el mundo, pero muchas personas encuentran dificultades al tratar de comprender e interpretar datos científicos básicos. En respuesta a esta necesidad, la Fundación Nacional de la Ciencia de EE.UU. ha resaltado la importancia de reformar la enseñanza de la estadística e involucrar a los estudiantes en prácticas de análisis e interpretación de datos. Los ecólogos mencionados en este artículo actúan como mentores para profesores y estudiantes de secundaria que participan en el Proyecto Data Jam de Luquillo.

Esta iniciativa brinda a los estudiantes de Puerto Rico la oportunidad de desarrollar habilidades críticas en análisis de datos mientras realizan investigaciones ecológicas del mundo real con relevancia local. Los estudiantes exploran, analizan y resumen datos ecológicos a largo plazo recopilados en El Yunque para responder a sus propias preguntas científicas sobre los fenómenos ambientales del bosque.

Más información: schoolyard.ITER.network

De la escuela a la *ecología*

La ecología, aunque es una rama de la biología, se beneficia enormemente de otras disciplinas para comprender los ecosistemas y proteger el medio ambiente. Esto implica que tus intereses personales pueden tener cabida en una carrera en ecología.

«Si tienes interés en la informática, desarrolla tus habilidades de codificación, ya que la programación es una herramienta clave para el análisis de datos», señala Jesús. «El dominio de las matemáticas es esencial para realizar análisis estadísticos. Y si tienes pasión por el arte, ten en cuenta que el dibujo es una destreza valiosa en la ciencia, ya que los ecólogos suelen hacer esbozos de los organismos que estudian, ya sea en el campo o en el laboratorio. Además, la capacidad de escribir y hablar en público es fundamental, pues los científicos deben comunicar sus ideas de manera clara a personas no especializadas. Así que, sigue tus intereses académicos: te proporcionarán perspectivas únicas para abordar el medio ambiente, y todas ellas pueden ser aplicadas a la protección de los ecosistemas», explica.

En la universidad, una licenciatura en biología, ecología, conservación o ciencias ambientales podría allanar el camino hacia una carrera en ecología.

«Además de enfocarte en la ecología, es importante tomar clases en otras disciplinas», aconseja Alyssa. «Reflexiona sobre cómo estos temas impactan en la ecología y viceversa», prosigue.

Explora las opciones de carrera en *ecología*

Las crisis climáticas y de biodiversidad representan grandes desafíos para el medio ambiente. «Necesitamos más ecólogos para comprender cómo están siendo afectados los ecosistemas», señala Stefani.

Mientras algunos ecólogos pasan sus días observando o recolectando animales salvajes en el campo (ya sea en bosques, océanos, desiertos, u otros entornos), otros realizan experimentos en laboratorios para investigar cómo reaccionan las especies ante los cambios ambientales, o trabajan con computadoras para desarrollar modelos y simulaciones de ecosistemas en evolución. Hay oportunidades accesibles para que cualquiera pueda contribuir a los esfuerzos de conservación.

«La ecología es una profesión sumamente diversa», explica Stefani. «Cada día es diferente: un día puedo estar recolectando camarones en un río, al siguiente analizando muestras de agua en el laboratorio, y al otro procesando datos en la computadora», prosigue.

Una carrera en ecología no sigue un horario de 9 a 5. Por ejemplo, si estás estudiando una especie que solo es activa al amanecer, esto podría significar levantarse a las 3 de la madrugada para recorrer varios kilómetros en un bosque oscuro con el fin de observar al animal. «Pero si tienes pasión por la naturaleza, es un sacrificio que vale la pena», afirma Jesús.

© VE.Studio/Shutterstock.com

Los mejores *consejos para comenzar una carrera en ecología*

«Explora la ecología en tu entorno local», sugiere Alyssa. No es necesario vivir en áreas remotas o realizar viajes exóticos para observar los ecosistemas. «Crecí en los suburbios y siempre disfruté descubriendo la fauna en mi vecindario. La ecología urbana se enfoca en estudiar los ecosistemas dentro de las ciudades», explica.

«Sumérgete en la naturaleza visitando museos de historia natural y reservas naturales», aconseja Marla. «Participa en proyectos de ciencia ciudadana donde el público registra observaciones de flora y fauna para contribuir con datos a estudios científico», prosigue.

«Tu celular es una herramienta valiosa», señala Jesús. «Úsala para buscar información sobre temas que te interesen y descarga aplicaciones como *iNaturalist* (www.inaturalist.org) y *eBird* (www.ebird.org) para identificar la fauna que te rodea», sugiere.

Realiza voluntariado en organizaciones conservacionistas o ambientales para obtener experiencia práctica y conocer a personas con intereses similares. Puedes plantar árboles en un bosque comunitario, trabajar en un huerto escolar o participar en limpiezas de playas y ríos locales. «El voluntariado te dará la oportunidad de

sumergirte en la ecología», afirma Omar. En Puerto Rico, la Organización para la Sostenibilidad Ambiental (www.opaspr.org) y el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (www.drna.pr.gov) organizan proyectos de conservación.

Participa en proyectos de investigación ecológica. «Contacta a profesores universitarios y pregunta si tienen oportunidades para estudiantes de secundaria en sus laboratorios», sugiere Alex. «Ya sea recolectando datos, ingresándolos o analizándolos, todas las experiencias serán valiosas», concluye.

Conoce al equipo



Marla Valeria Santos-Crespo

Universidad de Puerto Rico

Cuando comencé la universidad, mi meta era convertirme en médica.

Sin embargo, todo cambió cuando mi profesor de biología me invitó a adentrarme en la selva tropical de El Yunque. ¡Fue allí donde me enamoré perdidamente de la ecología!

Mi experiencia como tutora de estudiantes me ha llevado a descubrir que mi verdadera pasión es la enseñanza. Aunque inicialmente consideraba trabajar para el gobierno recopilando datos y entregándolos a las comunidades para ayudarlas a proteger y conservar sus ríos, me he dado cuenta de cuánto disfruto trabajar con alumnos y enseñarles sobre ecología. Mi deseo es ayudar a las personas a comprender la importancia de los ríos y los ecosistemas, y espero inspirar a la próxima generación de ecólogos.

Todos dependemos de nuestro entorno natural, por lo tanto, todos debemos contribuir a su preservación. Tenemos la responsabilidad compartida de cuidar nuestro planeta. Ya sea que sueñes con una carrera en ecología o no, es fundamental que te preocupes por el medio ambiente y contribuyas a su protección. En Puerto Rico, contamos con una gran riqueza de recursos naturales, y me apasiona proteger la biodiversidad de nuestra isla.



Professor Jesús Gómez

Universidad de Puerto Rico, Mayagüez

Mi interés por la biodiversidad se despertó al ver documentales sobre la naturaleza.

Durante mis años de bachillerato en San Juan, tuve la oportunidad de trabajar como

voluntario en el Programa de Investigación Ecológica a Largo Plazo de Luquillo, lo que avivó mi pasión por la ecología. Disfruto guiando a los jóvenes estudiantes que visitan Luquillo. Ellos muestran una notable curiosidad por el bosque y plantean preguntas e ideas sobre ecología que invitan a la reflexión.

Mi investigación actual se centra en el control de la broca del café, un escarabajo que afecta a los cafetales, disminuyendo tanto la calidad como la cantidad de la cosecha.

Habitualmente se recurre a pesticidas para controlarlo, pero estoy explorando métodos de control biológico que sean más amigables con el medio ambiente.

Es crucial comprender que no vivimos aislados en una burbuja; todos formamos parte de un ecosistema global. Las sociedades dependen de los sistemas y recursos naturales, y es fundamental reconocer que lo que sucede en un entorno natural puede tener repercusiones en los seres humanos de otras partes del mundo.



Omar Gutiérrez del Arroyo Santiago

Instituto Internacional de Dasonomía Tropical

Desde pequeño, pasé gran parte de mi tiempo al aire libre explorando los bosques de Puerto Rico. Con un padre biólogo y una madre artista apasionada por la naturaleza, mi familia fue la que me inspiró en mi amor por la ecología. El Bosque Nacional de El Yunque representa

un oasis de tierra protegida en un entorno de desarrollo urbano y cambio climático. Es crucial valorar y preservar la riqueza ecológica que tenemos en Puerto Rico.

Durante mis años en la escuela secundaria y la universidad, participé como voluntario en diversos ecosistemas forestales tanto en Puerto Rico como en Estados Unidos.

Estas experiencias ampliaron mi horizonte hacia la amplia gama de investigaciones ecológicas en curso, me dieron la oportunidad de conocer nuevas personas y

de explorar lugares desconocidos.

Disfruto motivando a los estudiantes para que consideren una carrera en ecología. Mi trayectoria profesional es el resultado de combinar mis intereses en árboles, suelos y cambio climático. Si te gusta pasar tiempo en la naturaleza, una carrera en ecología te dará la oportunidad de integrar tus pasiones, mientras contribuyes a la vez con información valiosa que beneficia tanto al medio ambiente como a la sociedad en general.



Dr Stefani Cruz Rosa

Universidad Ana G. Méndez

Mi formación es sumamente interdisciplinaria, ya que me apasionan diversas áreas de la ciencia. Inicialmente, me interesaba la biología molecular y, durante mi doctorado, me enfoqué en estudiar los efectos de los contaminantes en los sistemas biológicos. Actualmente, imparto clases sobre nutrición y salud.

La salud de un ecosistema está estrechamente ligada a la salud humana. Si el ecosistema no se

encuentra en buen estado, nosotros tampoco lo estaremos. Es esencial conservar los ecosistemas para que todos podamos disfrutar de una buena salud. Además, es importante comprender que formamos parte de dicho ecosistema, no estamos separados de él.

Me apasiona el aspecto educativo de la ecología y disfruto compartiendo mi investigación científica con audiencias no especializadas. Si los científicos solo compartimos nuestros resultados con otros colegas de trabajo, no lograremos un impacto en la sociedad. Por el contrario, debemos involucrar a las comunidades locales en nuestro trabajo para que todos puedan contribuir a la investigación científica y aprender de ella.



Alyssa Brown

Universidad de Columbia

Desde siempre he sentido un gran interés por el entorno natural. Durante mis estudios universitarios, me especialicé en paisajismo y gestión del suelo, lo que me dio la oportunidad de aplicar mis intereses de manera práctica. En uno de mis proyectos, investigué alternativas

eficientes para el uso del agua en lugar de los tradicionales céspedes de hierba en Utah, una región afectada por sequías prolongadas.

Mi primera visita a Puerto Rico dejó una huella imborrable en mí. Quedé cautivada por su gente y fue la primera vez que experimentaba un entorno tropical. Sentía una curiosidad inmensa por las nuevas plantas y ecosistemas que descubría. Esta experiencia fue el motor que impulsó mi enfoque hacia la investigación en ecología.

Al comenzar mi máster en ecología, me preocupaba que mi formación científica fuera menos sólida que la de mis compañeros. Todos habían cursado muchas más asignaturas de ciencias que yo, mientras que mi formación se había centrado en negocios y diseño durante mi licenciatura en gestión del territorio. Sin embargo, pronto me di cuenta de que esta diversidad de conocimientos era en realidad una fortaleza, no una debilidad. ¡Había aprendido a pensar de manera diferente y podía abordar los problemas desde perspectivas únicas!



Professor Alex Sloan

Universidad de Puerto Rico, Bayamón

Durante mi etapa en la escuela superior, tuve la suerte de contar con un profesor de biología excepcional. Recuerdo claramente una de sus clases en la que nos trajo egagrópilas de búho para disecar. Los búhos, al no poder digerir la piel y los huesos de las presas que consumen, las regurgitan

en forma de egagrópilas. Al explorar el contenido de estas egagrópilas, pudimos descubrir qué había comido el búho.

Mi fascinación por la biología se vio aún más alimentada por una experiencia personal. Desde joven tuve problemas de visión, pero todo cambió cuando comencé a utilizar un microscopio. Quitar mis lentes, ajustar los del microscopio y observar minúsculos detalles con una claridad asombrosa me resultó increíblemente estimulante. Esta libertad visual fue lo que me hizo enamorarme de la biología.

Actualmente, mi investigación se centra en el bosque seco del suroeste de Puerto Rico, un ecosistema amenazado por especies invasoras e incendios. A pesar de ser un bosque seco, la mayoría de las plantas autóctonas no están adaptadas al fuego, dado que los incendios naturales son extremadamente raros en la región. Sin embargo, numerosas plantas introducidas, en especial las gramíneas invasoras, sí que están adaptadas al fuego y se propagan rápidamente cuando hay un incendio provocado por el ser humano.