



Reensamblaje de redes de interacción de especies- Resistencia, resiliencia y recuperación funcional de un ecosistema de selva tropical (Unidad de Investigación DFG FOR 5207)

#2, 2023

Índice

I. Columna del orador del proyecto	I
CM: En medio de todo, pero ahora con una nueva coordinadora	4
CM: Árboles, genética y permisos	6
SP 1: Modelando el ensamblaje de las redes ecológicas	8
SP 1: Teoría y modelización	10
SP 2: Artrópodos de la hojarasca y descomposición	12
SP:2 Redes tróficas y alcaloides: ranas y fauna de la hojarasca	14
SP 3: Polinizadores diurnos y nocturnos	16
SP4: Dispersión de Semillas por Aves Frugívoras, Murciélagos y Roedores	18
SP4: Los murciélagos y la dispersión de semillas	21
SP5: Reclutamiento de plántulas de árboles y sus interacciones con herbívoros durante la recuperación del bosque	23
SP 6: Los escarabajos estercoleros y los procesos del ecosistema	25
SP7: Interacciones entre insectos saproxílicos y las consecuencias para la descomposición de la madera	29
SP7: Madera muerta e insectos saproxílicos	31
SP X - Los monos arañas y la dispersión de semillas	34

I. Columna del orador del proyecto

Nico Blüthgen, TU Darmstadt, editado por E. Villa.

¡Qué equipo!

En el primer **Boletín de REASSEMBLY** reflexionamos sobre los primeros 12 meses de nuestro trabajo, haciendo analogía a la sucesión forestal en el que las plántulas llegan y crecen hasta convertirse en árboles jóvenes. Mi columna intentó reflexionar en cómo hemos superado los obstáculos o desafíos al convertirlos en oportunidades e historias de éxito. El segundo año fue igualmente fascinante y lleno de nuevos descubrimientos. Muchos logros aunque con menos desafíos y mucha más rutina. En 2023, todos los subproyectos lograron completar la mayor parte de su arduo y exigente trabajo de campo. Se compartieron ideas emocionantes y análisis estadísticos de toda la cronosecuencia; y se lograron los primeros trabajos y contribuciones en conferencias. Los primeros resultados muestran que la mayoría de las plántulas crecieron hasta convertirse en árboles jóvenes, lograron sobrevivir a ataques de orugas hambrientas y pecaríes y al lodo. Este año, tuvimos que superar el vacío temporal del coordinador científico, que como cualquier vacío natural en un bosque maduro, ante la repentina caída de árboles, ha

sido recolonizado, por un árbol pionero transportado por un ave lejana. Edith ha asumido con habilidad la coordinación, y ahora estamos de vuelta en el camino correcto. Lo más importante es que todo el equipo continuó desarrollándose, a través del intercambio regular de ideas y de discusiones científicas durante nuestras reuniones, en línea, en persona, correos electrónicos u otros mensajes. Obviamente, pasar tiempo juntos en la selva o en el agradable laboratorio de Chocó también estrecho nuestros lazos, así como disfrutar de las comidas en Canandé y apreciar como estás han mejorado enormemente.

Hay muchas más historias y metáforas que agregar. Sin embargo, para este Boletín, le cederé la palabra a David quien es, además de Martín y yo, uno de los fundadores originales de REASSEMBLY. ¿Quizás debería decir que un experto en hormigas mundialmente conocido ha sido el "fundador de nuestra gran colonia de REASSEMBLY, polidómica y poliginosa? De cualquier manera, sin su sólido trabajo científico y su red colaborativa, sin su inspiración, motivación personal y habilidades sociales, REASSEMBLY no se habría desarrollado de la misma manera. Ahora tengo desde el verano pasado, el honor de ser el anfitrión de su sabático de dos años, tiempo en el que tendrá un puesto de investigador y docente en mi laboratorio en Darmstadt. Aprovechando que ahora su oficina está a unos pasos, le cedo la palabra.

REASSEMBLY desde una perspectiva ecuatoriana

David Donoso, EPN Quito & TU Darmstadt

Sobre hombros de gigantes

En 1802, Humboldt llegó por primera vez a Ecuador y describió a los ecuatorianos como "seres extraños y únicos que duermen pacíficamente rodeados de volcanes rugientes, viven pobres entre riquezas incomparables y se vuelven felices escuchando música triste". Humboldt viajó por todo Ecuador y, aunque estaba interesado en innumerables asuntos académicos, fue quizás mejor conocido por sus investigaciones sobre la ecología de los volcanes de gran altura, un tema de gran interés para la época. En sus viajes por el país y más allá, Humboldt no viajó sólo, sino que recibió ayuda de apasionados ecuatorianos de la época, como Carlos de Montúfar, científico de renombre, pero también independentista y una fuerza importante en la liberación de Ecuador de España. Doscientos años después, a medida que la ciencia alemana evoluciona en su sofisticación, continúa su interés en el estudio tropical que fascinó a Humboldt: la biodiversidad y la geografía. Y al igual que en la época de Humboldt, el éxito de estas investigaciones dependerá de la interacción eficaz con los lugareños.

Al menos tres factores ayudan a que REASSEMBLY se convierta en un proyecto colaborativo internacional exitoso. En primer lugar, los

objetivos y metas son compartidos, claros, simples y alcanzables. Este es el factor en el que REASSEMBLY tiene más éxito. El objetivo principal de REASSEMBLY (es decir, construir conocimiento sobre la recuperación de bosques tropicales) es lo más simple posible, y todos los PIs y estudiantes están apasionados por ello. En segundo lugar, los tomadores de decisiones y los ejecutores de esa visión mantienen una visión compartida de resultados positivos. Para que la colaboración sea exitosa, ambas partes deben ver esta colaboración como algo positiva. Las actitudes positivas hacen que los obstáculos diarios, que en REASSEMBLY no son pocos, sean solucionables. Y solo hace falta una conversación con Katrin (Heer y Krauth), Karin Römer o Timo, para reconocer que Reassembly está cargado de positivismo. En tercer lugar, las colaboraciones exitosas comienzan con buenas relaciones en la cúpula pero se mantienen sobre alianzas entre todos. Aunque no es ningún secreto que Nico y yo hemos desarrollado una buena amistad a lo largo de los años, REASSEMBLY se mantiene vivo gracias a los numerosos ejemplos de camaradería y mini-colaboraciones surgidas después del inicio del proyecto, entre REASSEMBLY y personas locales en Canandé y Darmstadt, entre estudiantes en los diferentes subproyectos y entre científicos alemanes y ecuatorianos. Quizás el mejor ejemplo de la materialización de estos tres factores sea proporcionado por el excelente artículo sobre los sonidos de Jörg Müller y su equipo. Una rápida inspección de las personas en las líneas de coautores y agradecimientos revela rápidamente la complejidad de las interacciones con personas locales, científicos ecuatorianos y no ecuatorianos, que trabajan en REASSEMBLY o no, pero todos contribuyendo generosamente a esta simple idea de investigación. Estos son buenos indicios de que los colegas ecuatorianos y alemanes comparten el objetivo de una Unidad de Investigación exitosa.

Legado Alemán en el Ecuador

REASSEMBLY no es ni la primera ni la última Unidad de Investigación en Ecuador. En el sur de Ecuador, un gran grupo de científicos alemanes y ecuatorianos ha estado activo (o está activo) durante los últimos 25 años, en proyectos como RESPECT. Estas unidades de investigación han tenido éxito en graduar a un gran número de estudiantes de doctorado ($n = 66$) y se nutren de una larga cooperación con varias universidades como la UTPL, UNL, UDA y UC; y ONGs como NCI y Jocotoco que operan en el sur de Ecuador. Al igual que nosotros, RESPECT publica un boletín, el boletín Tabebuia.

Colaborar con socios locales y capacitar a estudiantes tiene consecuencias en Ecuador. La evidencia del impacto de Alemania en el país se puede medir por el número de asociaciones formadas por ecuatorianos 'después' de su formación o residencia en Alemania. Hasta donde sabemos, hay tres asociaciones en Ecuador y una en Alemania que juntas reúnen a unos 300 ecuatorianos. Una de ellas, la AEPEA (Asociación Ecuatoriana de Profesionales con Estudios en Alemania), es la asociación más joven y activa (fundada en 2019) que busca aumentar el intercambio de personas y recursos entre los dos países. Su contraparte en Alemania, NEZLA e.V. - Verein für nachhaltige Entwicklung und Zusammenarbeit in Lateinamerika, está interesada en aumentar los vínculos directos entre Ecuador y las agencias de financiación alemanas (como DAAD, GIZ y DFG).

Regresando a Alemania. ¿Cómo enriquecen las colaboraciones académicas a la academia alemana?

Además de trabajar en un clima agradable y disfrutar de deliciosos mangos y ceviches, trabajar en Ecuador ofrece importantes beneficios para los alemanes. En primer lugar, viajar a lugares remotos como Canandé, Buenaventura o el Parque Nacional Podocarpus que permite a los alemanes explorar la biodiversidad a la que de otra manera no tendrían acceso en su país. Trabajar con expertos locales proporciona beneficios

intangibles como la reducción de riesgos y una mayor rapidez para sortear la burocracia. A partir de estas experiencias en Ecuador, los alemanes regresan a sus laboratorios con investigaciones importantes que enriquecen sus interacciones diarias en sus universidades de origen. Transferir conocimientos a países con menos recursos promueve el equilibrio en el mundo, haciendo que la academia sea un lugar más amigable y abierto para trabajar. En resumen, realizar investigaciones en Ecuador ayuda a aumentar la comprensión entre los pueblos, reduce las desigualdades del sistema de investigación y brinda a los alemanes oportunidades únicas de investigación, y a veces, seamos honestos, también pueden ampliar sus interacciones con moscas de la familia Oestridae, leishmaniasis e infecciones por estafilococos.



Figura 1: Foto de los miembros de REASSEMBLY en Choco Lab 2022. Empezando del fondo a la izquierda, Mark Oliver Rödel, Eva Tamargo López, Thomas Schmitt, Sebastián Escobar, William J. Castillo, Diego Marin, Lukas Werner, Heike Feldhaar, Connie Tremlett, Ana Falconi, Nina Grella, David Donoso, Karla Neira Salamea, Arianna Tartara, Lady Condoy, Anna Rebello Landim, Bryan Tamayo, Carsten Dormann, Ugo Mendes Diniz, Nico Blüthgen, y Elis Martinelli

Medidas de éxito de REASSEMBLY

Al entrar en el tercer año en REASSEMBLY, la mayor parte del trabajo de campo ya se ha realizado y la mayoría de los conjuntos de datos finalmente están completos. Y como científicos, nuestras riquezas más preciadas, los artículos científicos, pronto comenzarán a emerger. Nuestro trabajo nos brindará la oportunidad de demostrar el impacto de nuestra colaboración. Para nosotros en Reassembly, esto no solo se traduce en el número de coautorías, sino también en la cantidad de información que el proyecto producirá sobre los bosques tropicales. Si

Humboldt puso el Tableau Physique del Chimborazo en el mapa mundial, la Cronosecuencia Chocoana de Canandé será el mejor legado de Reassembly.



Figura 2: Foto de algunos miembros de REASSEMBLY en Casa Amalia en Quito Ecuador 2022. De derecha a izquierda Connie Tremlett, Thomas Schmitt, Heike Feldhaar, Nico Blüthgen y David Donoso

Enlaces de interés

- RESPECT <https://www.calameo.com/accounts/7122185>
- Boletín Tabebuia de RESPECT https://vhrz669.hrz.uni-marburg.de/tmf_respect/
- AEPA <https://aepea-ecuador-es.alumniportal.com/quienes-somos.html>.

CM: Modulo de coordinación

Edith Villa Galaviz (nueva coordinadora científica), TU Darmstadt

Cambios en el modulo de coordinación (CM)

¡Que año más desafiante para CM! El modulo de coordinación tuvo que enfrentar una temporada de campo sin un coordinador científico justo cuando se tenía que repetir el P-REX, coleccionar datos ambientales e instalar un equipo nuevo. La nueva coordinadora (yo) comenzó a trabajar desde México en mayo y oficialmente en Darmstadt desde junio. A pesar de esta "perturbación" gracias a la ayuda, trabajo y consejos de los miembros de REASSEMBLY, CM resistió. Y gracias a que Chocólab continuó su trabajo, a Nico y su energía infinita, y a Karen que cubrió el puesto de coordinadora cuando más se necesitaba el proyecto siguió su curso.

CM en el campo

1. Repetición del experimento de perturbación (P-REX)

Con un equipo encabezado por Karen (SP6), a quien Bryan, nuestro fantástico gerente de las parcelas apoyó al máximo junto con el resto del Chocólab, CM logró repetir el P-REX. Ellos organizaron un equipo de parabiólogos y estudiantes y repitieron el experimento P-REX en la mitad de las parcelas perturbadas en 2022. Midieron la biomasa de la vegetación debajo del dosel antes de retirarla, y lo hicieron de manera bastante detallada. Tomaron datos de biomasa de los diferentes grupos de plantas (e.g., hierbas, pastos, enredaderas), hojarasca, y con la ayuda de Becha, una estudiante de doctorado en UpscaleR, se midió el establecimiento de plántulas después de un evento de perturbación. El equipo también estableció un experimento de depredación de semillas donde pusieron un número conocido de semillas de girasol y contaron el número de semillas removidas por los depredadores. Parte de los objetivos era ver, si la presencia de la cáscara afectaba la depredación de las semillas y, por supuesto, si los efectos variaban con la perturbación y la regeneración natural del bosque (Fig. 3). Observaron que la remoción de semillas aumenta conforme el tiempo de regeneración del bosque incrementa; y que tal efecto presenta mayor variabilidad en las semillas con cáscara que sin ella.

Con la ayuda de Arianna (SP2), quien afortunadamente señaló una falla en el protocolo de CM, fue posible medir la descomposición por microorganismos. Dicha información formará parte de un trabajo en el que Arianna está actualmente trabajando. Asimismo, Nina y Ana (SP7) establecieron un experimento de descomposición de madera mientras que Santiago y Ana (SP4) evaluaron la lluvia de semillas. Finalmente, con la ayuda de Diego, el técnico de David, se colocaron trampas para evaluar la recuperación de la comunidad de artrópodos en el suelo. Pero esto no termina aquí, Nico, Karen, y yo organizamos un experimento de exclusión de hormigas sugerido por David. El experimento tenía como objetivo probar si la "protección" que ofrecen las hormigas a las plantas ante los insectos herbívoros y los hongos es afectada por la perturbación y si esta cambia a lo largo de la cronosecuencia. Con la ayuda de Chocólab, Karen organizó la plantación de 1152 plántulas, y yo, con consejos de Eva (SP5), establecí un protocolo para medir la herbivoría, que Bryan puso en práctica en el campo con la ayuda de todo Chocólab (incluida yo). En diciembre pasado logramos completar dos rondas de muestreo y ¡ya muero por ver los resultados!

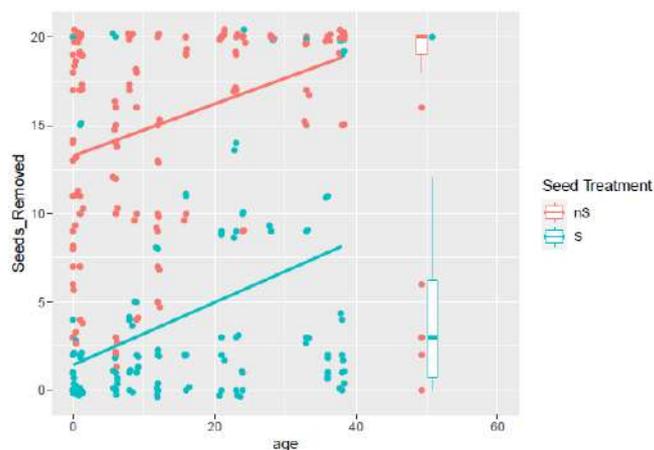


Figura 3: Número de semillas de girasol con cáscara (s) vs sin cáscara (ns) removidas en el experimento P-REX a lo largo de la cronosecuencia. Los diagramas de caja a la derecha muestran la variación entre las parcelas de bosque primario y que no se incluyeron en la regresión lineal.

2. Datos base o de contexto

Además de establecer el P-REX, el coordinador científico y el Chocólab están a cargo de recopilar datos ambientales, base o de contexto. Recolectamos datos de humedad y temperatura ambiental de las parcelas, humedad del suelo, temperatura del suelo y precipitación. Este año con la ayuda de Felicity y Karen, instalamos dos pluviómetros, uno en Canandé y otro en Tesoro. Y desde junio Adri en Tesoro y el resto de Chocólab en Canandé han estado tomando mediciones de precipitación. En noviembre, instalamos registradores de suelo en el experimento P-REX para ver si hay diferencias en la humedad y temperatura del suelo en áreas recientemente perturbadas, áreas con un año de regeneración (P-REX 2022) y áreas de control. Esperamos que los datos estén disponibles en la primera mitad del 2024. Sin embargo, la temperatura y la humedad no son la única información que obtuvimos del suelo. Sebastián coordinó el muestreo de suelo y envió muestras a un laboratorio en UDLA para evaluar composición química del suelo en las parcelas de REASSEMBLY. Las muestras analizadas hasta ahora muestran que la textura del suelo no es homogénea en todas las parcelas de REASSEMBLY, ya que los niveles de limo parecen ser más altos en las parcelas de agricultura. Compartiremos con gusto los datos cuando estén terminados.

Desde 2022, CM ha estado tomando datos de humedad y temperatura de las parcelas, tarea que la nueva coordinadora continuó sin más... ¡ojalá hubiera sido así. Tomar dichos datos fue la principal causa de angustia en el Chocólab. Utilizamos el mismo equipo de descarga que en 2022 para extraer datos de los registradores instalados en el campo. Sin embargo, el equipo tenía un defecto en la memoria y fue una hazaña acceder a la información. Por supuesto, no fue hasta que intentamos descargar los datos que nos dimos cuenta que el equipo no funcionaba. Los datos estaban allí, pero no había forma de extraerlos. Tuvimos que devolver el equipo al vendedor, quien descargó los datos y los envió al fabricante para traducirlos a un formato "legible para humanos". Incapaces de usar los dispositivos de descarga, Chocólab consiguió una computadora para uso en el campo. Katrin, Julio (el asistente del gerente de la estación desde 2023) y yo tuvimos varias sesiones de Zoom para aprender a configurar y descargar los datos conectando el registrador a la computadora. Katrin y Julio capacitaron a los parabiólogos, y gracias a ello hemos podido continuar con la descarga de datos. Esta situación nos enseñó que las cosas pueden salir mal de muchas maneras, especialmente cuando se instalan equipos en lugares con alta humedad, como



Canandé. Mi consejo es que el mejor plan B son las personas, enseña a otros, difunde el conocimiento. "No pongas todos tus huevos en una sola canasta".

CM en la oficina

Cuando no estamos organizando reuniones, escribiendo correos electrónicos u ocupados con otras responsabilidades, Nico y yo trabajamos en artículos de síntesis. Él escribe el artículo de síntesis del P-REX, dentro de sus resultados exploratorios, él observó que los pastos se recupera parcialmente después de la perturbación (Fig. 4), mientras que las enredaderas y las palmeras se recuperan muy poco o nada. Por otro lado, yo estoy trabajando en una síntesis donde estudio el recambio de especies y comparo entre grupos taxonómicos. En el estudio utilicé modelos nulos para determinar las preferencias de hábitat de las especies y así poder saber si son pioneras, intermedias o clímax. Los resultados preliminares muestran diferencias entre los grupos en la proporción de especies pioneras y clímax. Por ejemplo, la proporción de especies pioneras es mayor en grupos móviles como las aves que en especies sésiles, como árboles o plántulas. (Fig. 5).

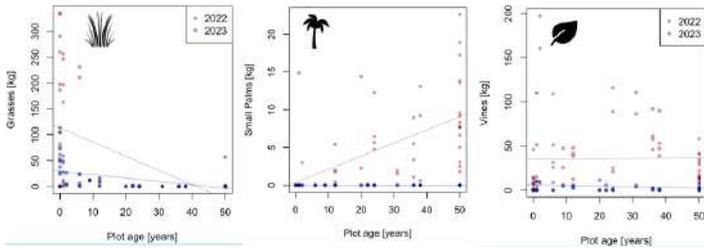


Figura 4: Biomasa (kg) de pastos, palmeras y enredaderas removida en el experimento P-REX en 2022 (rojo) vs un año después (2023; azul) a lo largo de la cronosecuencia. De izquierda a derecha: pastos, palmeras y enredaderas.

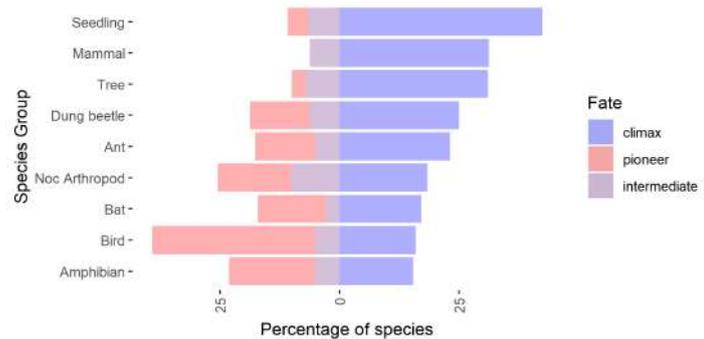


Figura 5: Porcentaje de especies pioneras (rojo), intermedias (morado claro) y clímax (rojo) de los diferentes grupos de especies estudiadas en REASSEMBLY. Los grupos de especies incluidos fueron: plántulas, mamíferos, árboles, escarabajos de estiércol, hormigas, artrópodos nocturnos (Noc Arthropod), murciélagos, aves y anfibios. Las barras están dispuestas de manera especular con el porcentaje de pioneras e intermedias a la izquierda y el porcentaje de clímax a la derecha de cero. En ambos casos, los porcentajes son valores positivos. El destino o Fate se refiere a la categoría establecida según el modelo nulo basada en la amplitud de nicho de la especie.

Taller sobre los artículos de síntesis

En septiembre tuvimos un taller en Bad Homburg para discutir los artículos de síntesis. Durante el taller, los autores principales de los

artículos de síntesis presentaron sus propuestas y en algunos casos resultados preliminares. La discusión fue bastante productiva y los autores obtuvieron muy buenos comentarios e ideas por parte de los miembros de REASSEMBLY, por lo que estamos avanzando. Sin embargo, el logro más grande de la reunión fue aminorar la preocupación de que las síntesis pudieran afectar de algún modo los artículos individuales, mostrando un gran espíritu de colaboración dentro de la unidad de Investigación.

Colaboradores de CM

Como puede esperarse siempre hay más ideas que poder humano, y no da la vida para hacerlo todo. Afortunadamente, este año tuvimos tres grandes colaboradores que nos ayudaron a llevar las ideas al campo. La Dra. Felicity Newell ha estado colaborando con nosotros en varios proyectos. Ella ha brindado valiosa información espacial y datos ambientales de las parcelas de REASSEMBLY así como ayuda en la selección de nuevas parcelas para la segunda fase. En septiembre-octubre, tuvimos a Ronja Nusser, una estudiante de maestría de la Universidad de Wuerzburg, quien trabajó junto con SP7, ella midió el dosel y el microclima en las parcelas. En noviembre, nos visitó Tim Lehman, un estudiante de maestría supervisado por Martin Ehbrecht (Universidad de Gottingen), quien escaneó la mayoría de las parcelas de REASSEMBLY utilizando el método LIDAR. Gracias a ellos, tendremos excelentes mediciones del dosel en las parcelas, entre otras mediciones. Ronja y Tim nunca habían estado en Canandé o en los trópicos antes, pero hicieron un buen trabajo. Su éxito dependió en gran medida a la comunicación con sus supervisores y a tener un parabiólogo que los guiara y ayudara a resolver situaciones inesperadas en el campo.

Ante la dificultad rodéate de un gran equipo y sigue adelante

Los cambios siempre causan turbulencias y CM se enfrentó a un gran vacío este año, afortunadamente, los miembros de la Unidad de Investigación REASSEMBLY han sido muy pacientes conmigo y por ello les estoy muy agradecida. En el último boletín, Connie (la antigua coordinadora) destacó la importancia de las personas dentro de REASSEMBLY y yo no podría estar más de acuerdo. Comenzar como la nueva coordinadora justo a la mitad del proyecto fue un gran desafío. Pero gracias a todas las personas en Canandé y en Darmstadt he podido sacar el trabajo. El equipo de Choco Lab (Bryan, Katrin, Julio y todos los parabiólogos que apoyan a todos los SP) han sido de gran ayuda y apoyo. Gracias a ellos, aprendí que construir un buen equipo es esencial para poder alcanzar los objetivos. Y que lo que hace a un buen líder no es tener todas las respuestas, sino la habilidad de hacer que los miembros se sientan cómodos y puedan contribuir compartiendo sus ideas. Después de todo, un equipo es un grupo de personas que trabajan juntas para lograr un objetivo.

Una dedicación especial para Tarsilo

Este año ha sido especialmente complicado para Tarsilo (la mula de REASSEMBLY). El pobre se enfermó y tuvo una infección en la pata por lo que estuvo "incapacitado" durante los últimos seis meses. Por fortuna, Tarsilo se está recuperando bajo el cuidado de Tío Gordo y la atención médica de "ojito" (un guardabosques de la reserva de Canandé). Tarsilo disfrutó tanto su estadía en el potrero de Tío Gordo que cuando fue llevado a otro potrero, se escapó y regresó al potrero de Tío Gordo causando gran preocupación en el Chocólab. Espero que Tarsilo tenga mejor suerte en el 2024.

CM: Modulo de coordinación

Sebastián Escobar, Universidad de Las Américas

Lo que todos deben conocer sobre mi trabajo

Como parte del Módulo de Coordinación (CM), soy principalmente responsable de obtener datos sobre la estructura del bosque y la diversidad de árboles. También estoy a cargo de preparar una biblioteca de códigos de barras genéticos para todas las especies de árboles encontradas dentro de nuestro sistema de parcelas. Además, gestiono todos los permisos requeridos para que estudiantes e investigadores realicen su trabajo de campo y muestreo dentro de Ecuador. Formo parte de la Universidad de Las Américas (UDLA) como investigador postdoctoral y trabajo directamente con María José Endara, una experta en ecología tropical y herbivoría. También colaboro directamente con Juan Guevara, quien ha estado activamente involucrado en la identificación de árboles en el herbario. Durante este año, he coordinado actividades con David Donoso, Felicity Newell, Edith Villa y Nico Blüthgen, con quienes estamos escribiendo un artículo que describe el diseño experimental de nuestras parcelas. Los parabiólogos Fredy Cedeno, Jerson Loor y Franklin Quiroz fueron colaboradores clave y contribuyeron sustancialmente en la finalización del censo de árboles.

Activities

1. Estructura forestal e inventario

Durante el primer semestre de 2023, los árboles de cuatro parcelas en Casa Rosero, que quedaron pendientes del año pasado, fueron etiquetados y se midió su diámetro a la altura del pecho (DAP) y altura. También se cambiaron las etiquetas y clavos de alrededor de 20 parcelas por unos de aluminio, que permanecerán sujetos a los troncos de los árboles permitiendo su identificación en el futuro. Este año censamos 30 parcelas, completando las 62 parcelas que forman parte de REASSEMBLY. El trabajo de campo durante este segundo año fue un poco menos desafiante porque ya nos habíamos acostumbrado al ritmo de esta actividad y cada miembro del equipo conocía su papel. Además, las 12 parcelas activas de cacao y pasto fueron censadas dentro de este año, reduciendo el tiempo en el campo ya que pudimos terminar dos o tres de estas parcelas por día. En contraste, las parcelas en bosque primario tomaron entre tres y cinco días para completarse.

Este año, se censaron y midieron 2792 árboles, lo que da un total de 7546 árboles dentro de las 62 parcelas. De estos, alrededor del 90 % de los individuos han sido identificados hasta el nivel de especie. Por lo tanto, aún se requiere trabajo adicional en el herbario para completar la identificación de todas las muestras recolectadas. Sin embargo, los individuos no identificados se clasificaron como morfoespecies, lo que permitió la obtención de índices de diversidad alfa por parcela como la riqueza de especies. En total, se recolectaron alrededor de 120 muestras de madera o corteza de árboles que no presentaban hojas durante el censo o que estaban demasiado altas para alcanzarlas. La idea es identificar las especies de estos árboles utilizando códigos de barras genéticos. Un primer paso para lograr este objetivo es generar un protocolo exitoso de extracción de ADN a partir de muestras de madera. Esta actividad es la tesis de pregrado de la estudiante de UDLA Daniela Fierro, la cual está cerca de ser completada. Un segundo estudiante de pregrado desarrollará una tesis basada en la identificación de las muestras restantes de madera durante el primer semestre de 2024. Esto aumentará la cantidad de individuos completamente identificados dentro de nuestro censo, proporcionando estimaciones más precisas sobre la diversidad de especies.

2. Artículo sobre la descripción del proyecto

Durante el último trimestre de 2023, CM comenzó a escribir un artículo dirigido por mí que describe el sitio de estudio donde se lleva a cabo REASSEMBLY. Este artículo tiene como objetivo proporcionar el contexto teórico y el diseño de la cronosecuencia implementada en el proyecto. Además describe las características espaciales de las 62 parcelas, como su ubicación, las distancias entre ellas, la elevación y su falta de correlación con el tiempo de regeneración (Fig. 6), entre otros aspectos. El artículo también incluirá datos abióticos de las parcelas, como temperatura, cobertura del dosel, humedad, composición del suelo y composición del paisaje derivados de datos satelitales. Estos datos pueden incluirse como covariables en los modelos lineales mixtos implementados por estudiantes e investigadores dentro del proyecto.

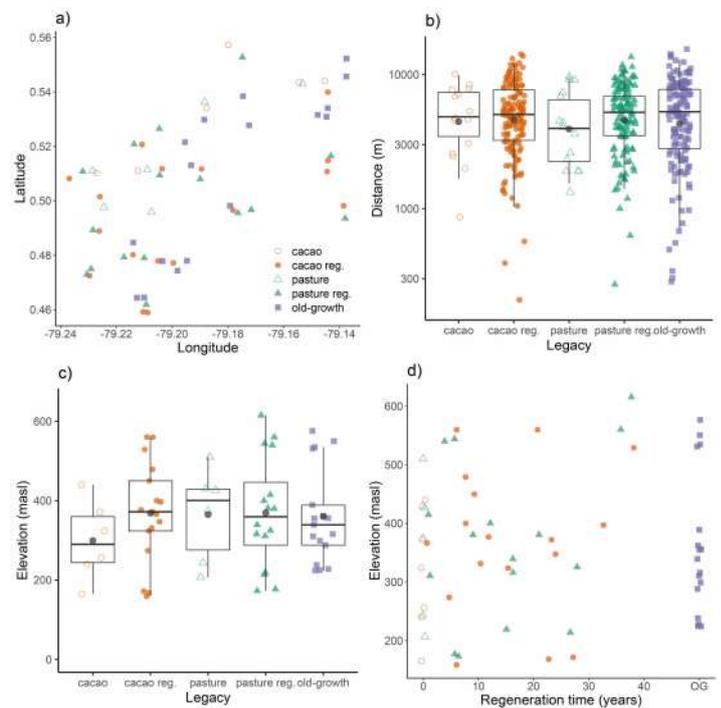


Figura 6: Características espaciales de las parcelas. a) Ubicación de las 62 parcelas de estudio en las reservas de Canandé y Tesoro Escondido en las selvas tropicales de tierras bajas del noroeste de Ecuador. b) Distancias entre parcelas dentro de cada tipo de legado de uso de la tierra. El eje Y está transformado como logaritmo para facilitar la visualización de los valores bajos. c) Distribución altitudinal de cada tipo de legado de uso de la tierra. d) La elevación no está correlacionada con el tiempo de regeneración en las parcelas de cacao y pasto activas y en regeneración. Las parcelas de bosque primario (OG) no se incluyeron en los análisis porque su tiempo sin intervención humana es desconocido. Los círculos oscuros en todos los diagramas de caja representan los valores medios.

Además, presentamos un estudio de caso sobre cómo la estructura del bosque y la diversidad de árboles aumentan con el tiempo de regeneración a lo largo de la cronosecuencia en antiguas plantaciones de cacao y pastizales. (Fig. 7). Los análisis preliminares incluyen el área basal como variable de respuesta para explicar la estructura del bosque, sin embargo, esto se cambiará por la biomasa sobre el suelo en la versión final. Utilizamos modelos lineales mixtos con el área basal y la riqueza de especies de árboles como variables de respuesta, el tiempo de regeneración transformado en raíz cuadrada, la elevación y el legado de uso de la tierra (plantación de cacao o pastizal) como efectos fijos, y si las parcelas son P-REX como efectos aleatorios. Los bosques primarios no se inclu-



yeron en los modelos porque no hay certeza sobre el tiempo que estos bosques han permanecido sin perturbación humana. Determinamos que los mejores modelos incluían el tiempo de regeneración y el legado de uso de la tierra (cacao y pasto). Estimamos que las parcelas de cacao tardarían 65 años en recuperar su área basal a los niveles de los bosques primarios mientras que los pastizales tardarían 70 años. En términos de riqueza de especies, las parcelas de cacao tardarían 39 años y los pastizales 41 años en recuperarse. Obtuvimos valores de resistencia negativos para el área basal y la riqueza de especies porque redujimos a cero los árboles encontrados en las parcelas de cacao y pasto activas (Fig. 8). La lógica detrás de esto es que estamos estudiando la regeneración natural y, por lo tanto, no queríamos incluir árboles que no fueron dispersados naturalmente sino que quedaron en pie cuando se taló el bosque. La resistencia fue consistentemente mayor para las parcelas de cacao que para las de pasto. En cuanto a la resiliencia, fue menor para el área basal que para la riqueza de especies, lo cual es consistente con las estimaciones de recuperación total.

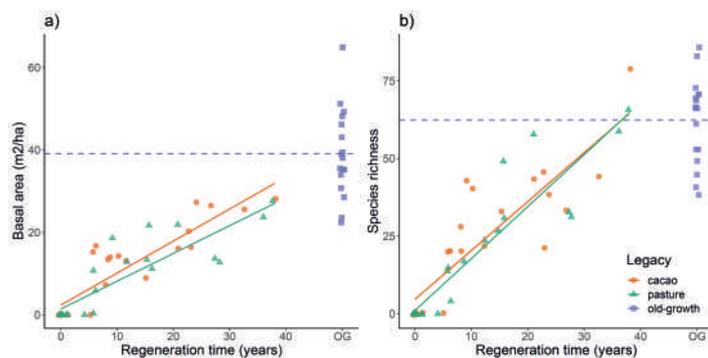


Figura 7: a) El área basal y la riqueza de especies de árboles aumentan con el tiempo de regeneración en las parcelas de cacao y pasto. Las líneas horizontales punteadas muestran el valor medio del eje Y para los bosques primarios (OG).

3. Biblioteca de códigos de barras genéticos

La construcción de la biblioteca de códigos de barras genéticos ya ha comenzado. Hasta el momento, hemos realizado la extracción de ADN de más de 1000 muestras de plantas correspondientes a las 728 especies y morfoespecies identificadas hasta ahora. El ADN ya ha sido cuantificado y diluido a una concentración similar, lo que permite obtener cantidades similares de productos de PCR. Actualmente, se están realizando las PCR del gen ITS2 en placas de 96 pocillos y esperamos enviar estas muestras para su secuenciación en MacroGen en Corea hasta marzo de 2024.

4. Permisos de investigación

Una actividad importante gestionada por CM es la obtención de todos los permisos necesarios requeridos por los estudiantes e investigadores para recolectar y transportar sus muestras. Este año, se obtuvieron 19 permisos de movilización y se procesaron 18 permisos de exportación, tres de los cuales fueron permisos de exportación CITES.

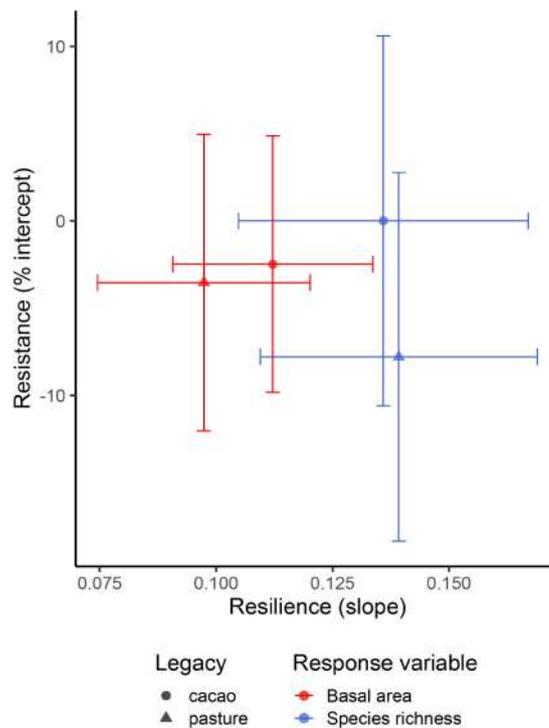


Figura 8: Dinámica de recuperación de parcelas activas y en regeneración de cacao y pasto. Las líneas representan 95 % de intervalo de confianza.

Planes para el 2024

El artículo de descripción del sitio se presentará a principios de 2024. La identificación de todas las muestras de plantas se completará durante el primer trimestre del año siguiente. Esta información será útil para completar un par de artículos que se escribirán durante 2024. El primer artículo es una síntesis que buscará entender los patrones de diversidad filogenética a lo largo de la cronosecuencia en plantas y animales y cómo interactúan entre sí. El segundo artículo busca entender los cambios en la diversidad alfa y beta de las comunidades de árboles a lo largo de la cronosecuencia de regeneración de bosque.

SP I: Teoría y modelización

Timo Metz, TU Darmstadt editado por E. Villa.

Quiénes somos y qué hacemos



Figura 9: Rara observación de un teórico en su hábitat natural.

SP_I es el subproyecto teórico de REASSEMBLY, este busca patrones y reglas generales en el ensamblaje de las redes ecológicas. Estamos interesados en desarrollar modelos teóricos que nos ayuden a comprender qué patrones de ensamblaje de redes podemos esperar en los datos de campo, y por qué tienen sentido.

Está compuesto por dos PIs (investigadores principales) y dos estudiantes de doctorado. Los PIs son Barbara Drossel, una física teórica, y Carsten Dormann, un ecólogo con un fuerte enfoque en el análisis estadístico. Mi colega de doctorado es William Castillo, quien trabaja en el análisis estadístico de redes ecológicas en el grupo de Carsten Dormann. Yo, Timo Metz, soy físico y biólogo, que combina estos dos campos de estudio en el grupo de investigación de Barbara Drossel, para modelar el ensamblaje de las redes ecológicas. También me uní recientemente al grupo de investigación de nuestro orador del proyecto, Nico Blüthgen, quien también se encuentra en Darmstadt, para facilitar parte del trabajo de síntesis de REASSEMBLY y refinar los modelos teóricos utilizados en nuestro subproyecto. Para el desarrollo de modelos y proyectos de síntesis, trabajo junto con todos los diversos subproyectos. Esto hace que mi trabajo sea muy interesante, ya que tengo la oportunidad de aprender muchas cosas sobre los diversos taxones estudiados en REASSEMBLY y tengo el privilegio de discutir con todos los brillantes miembros de REASSEMBLY sus increíbles hallazgos.

Impresiones desde el campo

Bueno, ¿quién iba a adivinar que el primer titular del boletín del teórico sería *impresiones del campo*? ¡Sorpresa! Es verdad. Este año fui a la estación de la Reserva Canandé, para acompañar y apoyar a otros alumnos de doctorado con su trabajo de campo; y también para ¡hacer mi propio trabajo de campo! Aquí unas fotografías como prueba.



Figura 10: Yo con la mula Tarsilo de camino a casa del Medio.



Figura 11: Hermosa de vista de la reserva.

En pocas palabras, me la pase increíble. Durante mi estadía, fui al campo con algunos de nuestros estudiantes de doctorado y también pasé muchos días junto a nuestra nueva integrante del proyecto, Felicity Newell. Aprendí como mis compañeros de doctorado recolectan algunos de los datos y experimenté personalmente el arduo y físicamente agotador proceso detrás de los puntos de datos que analizo en casa. Además, observé las dificultades que se enfrentan en el camino y experimenté la creatividad que es necesaria para obtener buenos datos en las difíciles condiciones del Chocó. La humedad siempre presente, mucha lluvia, el barro profundo y el cansancio hacen que el muestreo de datos sea difícil. Sin embargo, afortunadamente, también pude experimentar los aspectos positivos del campo, como el increíble paisaje del Chocó, la felicidad de contribuir con buenos datos de campo y la invaluable amabilidad y amistad tanto de mis compañeros de REASSEMBLY como de los lugareños. Creo que mi tiempo en Ecuador ciertamente me proporcionó recuerdos inolvidables, pero también me ayudó a entender de dónde provienen los datos que utilizo y cómo se obtienen. Esto me lleva a mi próximo tema.

Porque los teóricos debemos ir al campo

Uno podría argumentar que un teórico no debería ir al campo en absoluto. Es un gasto de dinero y tiempo; y, cuando se vuela a Ecuador, también se contribuye al cambio climático. Por lo que, "diversión y buenos recuerdos" no son una razón suficientemente buena para ir. En general, como teórico, intento identificar patrones generales y desarrollar ideas sobre qué reglas podrían regir la dinámica de un cierto sistema, en este caso, las redes de interacción entre especies en los bosques tropicales lluviosos. Aunque esto suene bastante abstracto, te daré un ejemplo: en REASSEMBLY, estamos interesados en cómo las redes de interacción entre especies "se reensamblan" con el tiempo. Es decir, cuál es la estructura de las redes de interacción en diferentes etapas de la recuperación del bosque húmedo. Una teoría puede ayudarnos a comprender por qué surge un cierto patrón. Por ejemplo, podríamos explorar si los patrones de red que observamos en los bosques se vuelven más estables con el tiempo de recuperación, o tal vez no. Además, también podríamos identificar si los patrones de red son simplemente un efecto secundario del desarrollo de otras propiedades del ecosistema, como la abundancia de especies y la riqueza de especies. Los modelos son una herramienta útil de un teórico que también puede ayudar a otros a primero a generar una hipótesis y entender por qué un patrón que observamos tiene sentido.

Sin embargo, como teórico, mi trabajo es idealizar. "abstraer" la compleja realidad que enfrentamos, para que el problema se vuelva lo suficientemente simple para poder entenderlo y describirlo. Para hacer eso, debemos conocer muy bien el objeto de estudio; de lo contrario, no es muy fácil saber qué suposiciones podemos realizar. Para lograrlo tenemos que estudiar el objeto de estudio *in situ*, porque de lo contrario es muy difícil estimar qué suposición es biológicamente intuitiva y cuál no lo es. Y, además del propósito puramente científico de ir al campo, creo que la ecología es un campo de la ciencia que necesita tanto la teoría como la práctica. Por lo tanto, también tiene sentido que los científicos empíricos y teóricos trabajen estrechamente juntos. Esto puede incluir conversaciones en conferencias, talleres y en el laboratorio, pero también incluye la visita ocasional del teórico al campo, ponerse las botas de goma y ayudar a obtener buenos datos.

Volviendo a la teoría: Continuemos con la modelización

Mientras aún sueño despierto con mi tiempo en la Reserva Canandé, tengo trabajo de modelización por hacer. Este año, hubo dos desarrollos importantes. El modelo para el ensamblaje de redes mutualistas (véase el boletín del año pasado) ha sido sometido para publicación. Incluimos un conjunto finito de especies a partir del cual ensamblamos la red. De esta manera, permitimos estudiar qué tan predecible es el ensamblaje de las redes y en qué medida el ensamblaje es influenciado por diversas propiedades del ecosistema y del ensamblaje, como el tamaño del conjunto de especies y la tasa de inmigración. Este trabajo culminó en un artículo, que ahora está en proceso de ser sometido.

En segundo lugar, he estado supervisando múltiples tesis de estudiantes que adaptan el modelo general de ensamblaje de redes para incluir ahora interacciones antagonicas, como aquellas entre plantas y herbívoros, donde un grupo se beneficia de la interacción mientras el otro sufre. Este trabajo también es de interés para otros subproyectos que trabajan con estas interacciones antagonicas. Una dificultad importante fue obtener una red especializada, que comúnmente se observa empíricamente para estos tipos de redes. Sin embargo, al final tuvimos éxito en obtener un primer modelo funcional, que ahora podemos usar para estudios posteriores.

Es hora de la síntesis: unir las piezas.

El año 2023 también ha sido el año de obtener los primeros datos. Dado que REASSEMBLY es un grupo de investigación formado por muchos investigadores que estudian diversos taxones, es un objetivo natural combinar los datos y buscar patrones generales y obtener perspectivas generales. El proyecto de síntesis que lidero sigue el marco de Resistencia-Resiliencia" (que mayormente se conoce por su abreviatura fácil de recordar Resi-Resi";)). La resistencia y la resiliencia son dos medidas de estabilidad diferentes. La resistencia se refiere a la fracción de una medida (como la riqueza de especies o la composición de la comunidad de especies) que queda después del aclareo con respecto a un bosque primario. La resiliencia se refiere a la velocidad de recuperación hasta el nivel de un bosque primario. Mi trabajo incluye calcular la resistencia y la resiliencia de varios taxones estudiados en REASSEMBLY (¡consulte los boletines de otros doctorandos para obtener más información!) y también realizar una investigación bibliográfica que tiene como objetivo comparar los resultados que obtenemos en REASSEMBLY con los resultados obtenidos en otros estudios. Idealmente, deberíamos encontrar algunas similitudes y diferencias entre taxones, por ejemplo, debido a diferencias en movilidad y sensibilidad a la deforestación. Además, deberíamos encontrar similitudes y diferencias entre estudios, por ejemplo, debido a diferencias en la cobertura forestal en las áreas de estudio individuales. Debido al proceso en curso del trabajo, no estoy compartiendo ningún resultado aquí todavía, ¡así que manténgase atento al boletín del próximo año :).

Perspectivas para el futuro

El próximo año, espero terminar el análisis de Resi-Resi", que se espera que culmine en un buen artículo. Para ello, necesito completar algunos análisis restantes y discutir con los miembros del proyecto que proporcionaron los datos sobre cómo interpretar todo de la mejor manera. En marzo de 2024, está planeado un taller en Quito, al que me gustaría asistir. Después, me gustaría visitar nuevamente la Reserva Canandé por un tiempo, para ayudar con parte del trabajo de campo y, con suerte, crear más recuerdos inolvidables.

SP I - Modelo basado en agentes para Idientificar riesgos de tala en el hábitat de *Ateles fusciceps fusciceps*

William J. Castillo & Malika Gottstein
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Quienes somos

Nosotros, William Castillo (con formación en física) y Malika Gottstein (con formación en ecología de primates), queremos identificar los riesgos de tala para los monos araña de cabeza marrón (*Ateles fusciceps fusciceps*) en el Chocó ecuatoriano. Estamos trabajando en colaboración con Citlalli Morelos-Juárez (Fundación Tesoro Escondido) y Felicity Newell (Universität Bern).

Motivación

El mono araña de cabeza marrón es una de las tres especies de primates del Chocó (Figura 12). La especie fue incluida como una de las 25 especies de primates más amenazadas a nivel mundial y está clasificada como en peligro de extinción [7]. La subespecie *A. f. fusciceps* es endémica del noroeste de Ecuador y su población se redujo a un tamaño de unos pocos cientos de individuos [2, 12].



Figura 12: Macho *Ateles fusciceps fusciceps* en la Reserva Tesoro Escondido.

Los monos araña de cabeza marrón son particularmente susceptibles a los cambios en su hábitat debido a sus requerimientos ecológicos y su historia de vida lenta, que se asocian con una baja tolerancia a la degradación del hábitat (Figura 13) [11].

En la provincia de Esmeraldas, en el noroeste de Ecuador, muchas de las especies arbóreas que dotan de alimento a los monos araña también son objeto de explotación como recursos maderables. Bajo los protocolos actuales de extracción, estas especies se ven significativamente afectadas y se predice que algunas desaparecerán en un futuro próximo [8].

Objetivos

La motivación general de este proyecto es desarrollar un modelo basado en agentes (ABM, por sus siglas en inglés) para los monos araña de cabeza marrón. En este estudio, empleamos datos de campo recopilados en la reserva Tesoro Escondido y datos disponibles en la literatura. Específicamente queremos responder a las siguientes preguntas:

- ¿Cómo evolucionarán las poblaciones de monos araña bajo el protocolo actual de tala y en diversos escenarios alternativos?

- Para que la subespecie sobreviva, ¿cuánto tendría que disminuir la tasa de destrucción del hábitat y/o cuánto de la selva degradada tendría que ser restaurada?



Figura 13: Hábitat de *A. f. fusciceps* en los alrededores de la Reserva de Tesoro Escondido.

Finalmente, queremos poder ofrecer recomendaciones para políticas públicas relacionadas con la conservación de los monos araña de cabeza marrón en el Chocó ecuatoriano basadas en los resultados de las simulaciones.

Métodos

Un modelo basado en agentes es una representación matemática (simulación) de las acciones e interacciones de agentes autónomos (individuos o entidades colectivas) con su entorno. Este modelo nos permite entender los mecanismos que rigen el sistema bajo estudio [4].

Cada agente simulado (*Ateles fusciceps fusciceps*) tiene un nivel de energía entre 0 y 2000 kcal. La energía consumida por día (*TEE*, por sus siglas en inglés) está descrita por la ecuación [5]:

$$TEE = 86 * \text{peso}^{0.792}, \quad (1)$$

que también considera la pérdida de energía asociada con el descanso, aunque esto no está representado explícitamente en el modelo.

Cuando el nivel de energía de un agente cae por debajo 1040 kcal, este se pondrá "hambriento". Entonces, se moverá buscando comida. En la naturaleza, se ha observado que los monos araña consumen aproximadamente entre 1 y 2,4 kg de frutas por día [3]. El valor nutricional de la fruta en Tesoro Escondido sugiere que 1kg equivale a 1040kcal. Por lo tanto, 2,4kg de frutas tendrían un valor estimado de 2000kcal.

Los agentes pueden ser machos o hembras y se dividen en dos categorías según su edad: juveniles (de 0 a 8 años) y adultos (de 8 a 24 años de edad). Las hembras en edad adulta están en período fértil, dando a luz a nuevas crías en un intervalo de aproximadamente 4 años [10].

El entorno en el que interactuarán los agentes está basado en análisis de imágenes de satélite del noroeste de Ecuador (Figura 14). El área total de estudio es de 5872 km², de los cuales 2172 km² son bosques protegidos y 3700 km² son bosques no protegidos considerados adecuados para los agentes [9].

El paisaje se representará digitalmente con dos capas de información. En la primera capa, cada píxel de resolución representa un parche ambiental de 30 × 30 m². La segunda capa representa el porcentaje de árboles frutales amenazados por la industria maderera en cada parche.

Cada paso de tiempo en la simulación representa un día, lo que significa que la edad de los monos araña aumenta en un día por cada iteración. Los agentes mueren ya sea por vejez (cuando tienen más de 24 años) o por inanición, cuando su nivel de energía cae por debajo de cero.

Planes a futuro

La respuesta de la población de agentes a lo largo del tiempo se pondrá a prueba en distintos escenarios que guardan relación con los objetivos mencionados anteriormente. Desde el punto de vista económico, se examinarán tres escenarios relacionados con la intensidad de la deforestación:

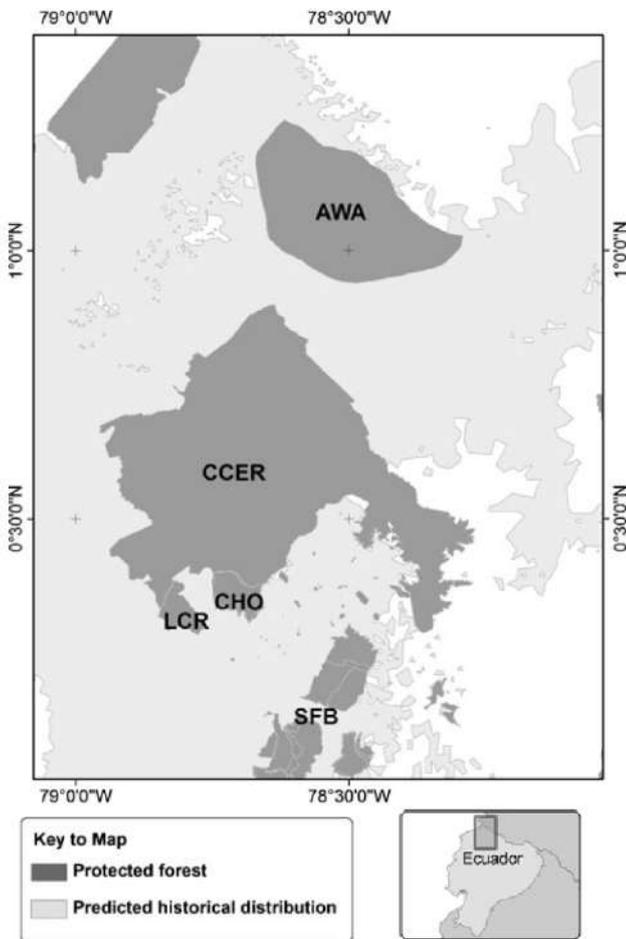


Figura 14: Mapa que muestra el área de estudio con zonas de distribución histórica potencial de *A. f. fusciceps* y áreas protegidas existentes. AWA = Reserva Indígena Awa; CCER = Reserva Ecológica Cotacachi-Cayapas; LCR = Reserva Los Cedros; CHO = Reserva Protegida Chontal. SFB se refiere al Bloque Forestal del Sur, que incluye bosques protegidos de Maquipucuna, Mindo, Cambugan, Deule y Pampolona. [9].

- **Situación crítica:** La actividad de tala despeja las áreas protegidas y no protegidas (Figura 14) a una tasa de $-197,600 \text{ ha}$ por año [1].
- **Situación usual:** La industria maderera sigue las "Normas de Manejo Forestal Sostenible" establecidas por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica de Ecuador [6].
- **Situación ideal:** La deforestación se detiene en las áreas de bosque no protegidas consideradas adecuadas para los monos araña.

Después del análisis de los resultados de los escenarios mencionados anteriormente, los parámetros que caracterizan la simulación se pueden modificar. Esto nos permite evaluar nuevos escenarios. Entre varios casos, podemos estudiar las consecuencias de la deforestación a una tasa más alta que la recomendada por el gobierno ecuatoriano, así como el

caso hipotético de la desaparición de las áreas protegidas y el momento en que *A. f. fusciceps* se extingue.

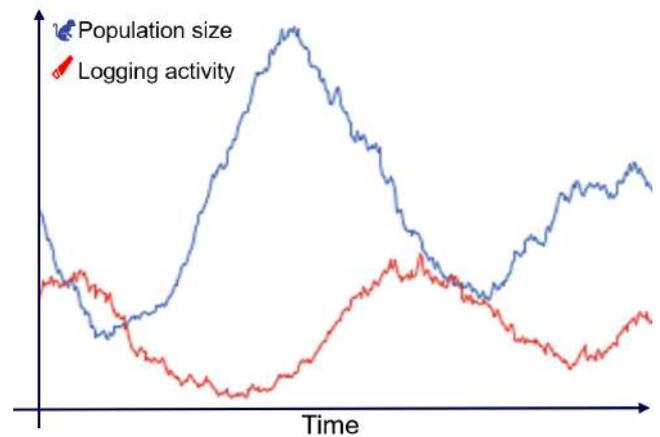


Figura 15: Respuesta esperada del tamaño de la población de *Ateles fusciceps* a la actividad de tala en el noroeste de Ecuador.

En las simulaciones, esperamos observar una relación inversamente proporcional entre el tamaño de la población de *A. f. fusciceps* (número total de agentes) y la intensidad de la tala a lo largo del tiempo. Es decir, anticipamos que el tamaño de la población disminuirá a medida que la deforestación aumente. De manera correspondiente, esperamos que una disminución en la deforestación se traduzca en un aumento en el número de agentes (Figura 15). Como resultado final, buscamos identificar las condiciones que mejoren el estado del ecosistema y fomenten el aumento de la población de *A. f. fusciceps*.

Referencias

- [1] R. A. Butler. Ecuador: Environmental profile, 2006.
- [2] L. Cervera and D. M. Griffith. Nouvelle population et l'extension de la portée de la critique d'extinction équatorien à tête brune singe araignée (*Ateles fusciceps fusciceps*) en Equateur occidentale. *Tropical Conservation Science*, 9(1):167–177, mar 2016. ISSN 19400829. doi: 10.1177/194008291600900109/ASSET/IMAGES/LARGE/10.1177_194008291600900109-FIG2.JPG.
- [3] A. M. Felton, A. Felton, D. B. Lindenmayer, and W. J. Foley. Nutritional goals of wild primates. *Functional Ecology*, 23:70–78, 2 2009. ISSN 1365-2435. doi: 10.1111/J.1365-2435.2008.01526.X.
- [4] V. Grimm and S. F. Railsback. Individual-based Modeling and Ecology. *Individual-based Modeling and Ecology*, dec 2005. doi: 10.1515/9781400850624/HTML.
- [5] W. R. Leonard and M. L. Robertson. Comparative primate energetics and hominid evolution. *American Journal of Biological Anthropology*, 1997.
- [6] MAAATE. Borrador norma de manejo forestal sostenible, 2022.
- [7] R. A. Mittermeier, K. E. Reuter, A. B. Rylands, L. Jerusalinsky, C. Schwitzer, K. B. Strier, J. Ratsimbazafy, and T. Humle. Primates in peril: The world's 25 most endangered primates 2022–2023, 2022.
- [8] C. Morelos-Juárez, A. Tapia, G. Conde, and M. Peck. Diet of the critically endangered brown-headed spider monkey (*Ateles fusciceps fusciceps*) in the Ecuadorian Chocó: Conflict between primates and loggers over fruiting tree species. PeerJ Inc., 2015.
- [9] M. Peck, J. Thorn, A. Mariscal, A. Baird, D. Tirira, and D. Kniveton. Focusing conservation efforts for the critically endangered brown-headed spider monkey (*ateles fusciceps*) using remote sensing, modeling, and playback survey methods. *International Journal of Primatology*, 32:134–148, 2 2011. ISSN 01640291. doi: 10.1007/S10764-010-9445-Z/METRICS.
- [10] Y. Shimooka, C. J. Campbell, A. D. Fiore, A. M. Felton, K. Izawa, A. Link, A. Nishimura, G. Ramos-Fernández, and R. B. Wallace. Demography and group composition of *ateles*. *Spider Monkeys*, pages 329–348, 5 2008. doi: 10.1017/CBO9780511721915.012.
- [11] T. C. Sorensen and L. M. Fedigan. Distribution of three monkey species along a gradient of regenerating tropical dry forest. *Biological Conservation*, 92(2):227–240, feb 2000. ISSN 0006-3207. doi: 10.1016/S0006-3207(99)00068-3.
- [12] D. Tirira S. *Mamíferos del Ecuador: guía de campo*. Ediciones Murciélagos Blanco, 2007.

SP 2: Comunidad de artrópodos de la hojarasca y procesos de descomposición en el suelo del bosque

Arianna Tartara, Universidad Técnica de Darmstadt, editado por K. Neira.

Recapitulación

El año 2023 trajo consigo un cambio significativo en las expectativas y en el enfoque de la investigación, aunque algunos aspectos se asemejaron al año anterior. Redirigí la atención hacia la comprensión de los procesos de descomposición que influyen en la degradación de la hojarasca y la comunidad de artrópodos en el suelo del bosque a lo largo de la cronosecuencia. Los retrasos en los permisos de exportación y los desafíos en el envío de muestras listadas en CITES obstaculizaron el análisis de la piel de las ranas, lo que resultó en un frustrante retraso del proyecto en el aspecto relacionado con los alcaloides.

Como pudieron leer en la edición del boletín del año pasado, lamentablemente, los datos de la campaña de muestreo de 2022 solo pudieron ser utilizados parcialmente. Las muestras tradicionales de hojarasca (1 m² de hojarasca recolectada en cada parcela) y las bolsas de malla recolectadas en los tratamientos de control del P-REX fueron aseguradas. Sin embargo, los datos de los artrópodos y las tasas de descomposición de las bolsas de malla en los tratamientos de disturbio tuvieron que ser descartados debido a errores causados por deslizamientos de lodo. De estas muestras seguras seleccionadas, logré dos objetivos principales: 1) calcular las tasas de descomposición en cada parcela, confirmando que el proceso sigue una tasa de descomposición de primer orden (escala logarítmica), y 2) identificar los artrópodos de tamaño <0.5 cm que componen la comunidad de hojarasca en cada parcela mediante la extracción de las muestras en embudos Berlese. Identifiqué morfológicamente los artrópodos y actualmente estoy esperando los resultados de la secuenciación de códigos de barras.

Con el advenimiento de 2023, el enfoque de la investigación cambió ligeramente mientras profundizaba en los procesos de descomposición a lo largo de la cronosecuencia. En consecuencia, decidí repetir el experimento con un cambio, como se describe en el siguiente párrafo.

Un método nuevo

La campaña de muestreo de este año fue (¡una vez más!) una aventura de seis meses en Canandé, lo que resultó en tres conjuntos diferentes de datos: 1) nuevos datos de descomposición de hojarasca dentro de los P-REX, 2) datos de peso seco de hojarasca endémica de cada parcela después de un año desde el disturbio de 2022, gracias al equipo de P-REX, y 3) datos de la comunidad de artrópodos de hojarasca grande, en colaboración con David Donoso como parte de CM.

1. Diseñé un nuevo experimento de descomposición (casi) factorial completo, basándome en la información de la campaña de muestreo del año anterior que indicaba que la descomposición sigue una tendencia logarítmica. El experimento de 2023 implicó el reemplazo secuencial de las muestras, abarcando tanto bolsas de hojarasca como bolsas de té para determinar si dan acceso a los artrópodos a la hojarasca. Se trabajó nuevamente en los cuatro tratamientos P-REX de las 32 parcelas, en los disturbios antiguos (2022) y nuevos (2023), y finalmente en la superficie y debajo de la superficie del suelo. En este boletín, me centraré solo en este primer experimento, ya que es el que me involucra solamente a mí (además de una buena cantidad de trabajo manual...).
2. En colaboración con el módulo de coordinación (CM), se midió el peso seco de la hojarasca endémica de cada parcela. Pude

comparar estos datos con mis propias mediciones del año 2022 y estimar el cambio en la productividad de la hojarasca después de un año de perturbación.

3. En colaboración con CM (específicamente con David Donoso), se colocaron trampas de caída en cada parcela en duplicado, lo que proporcionó información sobre la comunidad de artrópodos grandes de la hojarasca en cada parcela.

Resultados

Constantes de velocidad de descomposición (k) fueron calculadas con el modelo exponencial negativo:

$$\frac{DW_t}{DW_0} = e^{(-kt)},$$

donde DW_t/DW_0 es la proporción del peso seco restante después del tiempo t [1]. La imagen 16 muestra las tendencias de las constantes de tasa de descomposición para bolsas de hojarasca y bolsitas de té (arriba y abajo del suelo) en los cuatro tratamientos de las 32 parcelas de P-REX a lo largo de la cronosecuencia.

Se empleó un modelo lineal mixto (LMM) para investigar el impacto de múltiples factores en las tasas de descomposición de las bolsas de hojarasca, las bolsitas de té en la superficie del suelo y las bolsitas de té bajo el suelo.

El análisis consideró en cada tratamiento independiente los efectos fijos del número de días transcurridos después de la perturbación, la raíz cuadrada del cierre del dosel, la elevación, la interacción entre el legado (tipo histórico de uso de la parcela) y la raíz cuadrada de la edad del bosque; y, se tuvieron en cuenta los efectos aleatorios del ID de la parcela y la ronda de recolección.

Primero, para todas las muestras, el tiempo transcurrido desde la perturbación en los tratamientos de control no influyó en las tasas de descomposición ($p > 0,1$), lo que indica que no hubo variaciones temporales en el marco de tiempo del experimento. Esto consistió en una confirmación positiva de que ninguna condición ambiental extrema e inesperada afectó las muestras entre las rondas de recolección.

La presencia de una valla y la perturbación mostraron efectos significativos para los tres tipos de muestras: bolsas de hojarasca, bolsitas de té en la superficie del suelo y bolsitas de té bajo el suelo, por lo tanto, se decidió profundizar en el efecto de cada tratamiento.

Con respecto a las bolsas de hojarasca, el legado mostró un impacto significativo ($F = 4,413$, $df = 1$, $p = 0,048$) en el tratamiento de control y la edad demostró tener un efecto en el tratamiento de control con valla ($F = 5,097$, $df = 1$, $p = 0,354$). Ninguna variable actualmente incluida en el modelo pudo explicar las tendencias en las tasas de descomposición en los tratamientos de perturbación.

Con respecto a las bolsitas de té colocadas sobre el suelo, la edad mostró tener un impacto en el tratamiento de control ($F = 4,349$, $df = 1$, $p = 0,050$) y el control con valla ($F = 4,477$, $df = 1$, $p = 0,0469$). La elevación ($F = 3,686$, $df = 1$, $p = 0,069$) y la interacción entre la edad y el legado ($F = 3,157$, $df = 1$, $p = 0,090$) demostraron tener efectos marginales en el tratamiento de perturbación, sin embargo, ninguna variable mostró ningún efecto significativo en el tratamiento de perturbación con valla.

Finalmente, no se observaron efectos de las variables incluidas en el modelo hasta el momento para explicar las tasas de descomposición de las bolsitas de té posicionadas bajo el suelo. Supongo que los datos del suelo que pronto estarán disponibles por parte de CM serán interesantes para ser incluidos en el modelo.



Siguientes pasos

En el futuro tengo planeado realizar lo siguiente:

- Una vez que reciba los códigos de barras para los artrópodos de las muestras de 2022, utilizaré los datos para: a) Análisis de redes con la comunidad de ranas, b) Investigar cómo cambia la comunidad de artrópodos a lo largo de la cronosecuencia en un modelo de análisis de comunidad.
- Continuar la redacción sobre los datos de descomposición, incorporando parámetros del suelo (composición química, conductividad, contenido de arcilla, pH, etc.) y datos SIG en el modelo, según su disponibilidad.
- Analizar los alcaloides en la piel de las ranas, aunque he comenzado a tener dudas al respecto debido a los problemas de exportación experimentados hasta ahora.
- Identificar los artrópodos de las muestras de bolsas de hojarasca de 2023 para evaluar el potencial de recolonización de la comunidad de artrópodos después del disturbio.

Bibliografía

- [1] J. S. Olson. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology*, 44(2):322–331, 1963. ISSN 00129658, 19399170. URL <http://www.jstor.org/stable/1932179>.

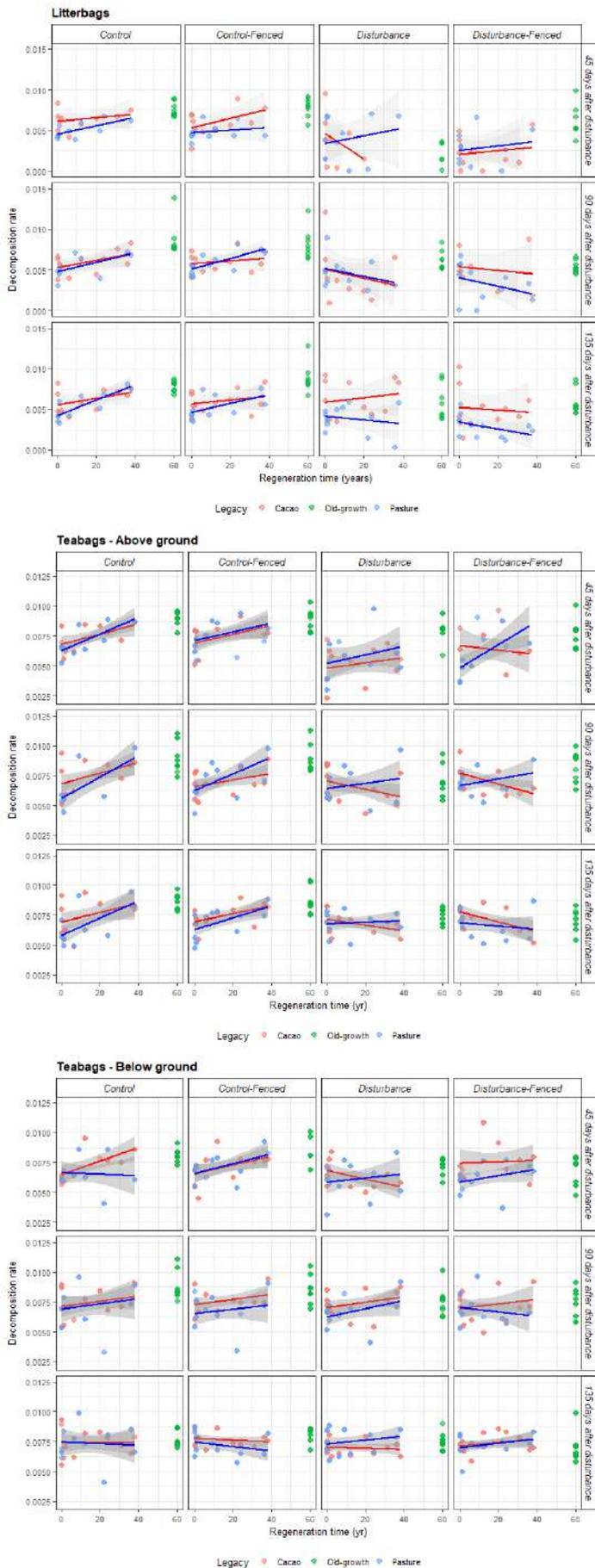


Figura 16: Tasas de descomposición calculadas para bolsas de hojarasca, bolsas de té sobre el suelo y bolsas de té bajo el suelo a lo largo de la cronosecuencia.

SP 2: Redes tróficas y alcaloides: ranas y fauna de la hojarasca

Karla Neira Salamea Museo de Historia Natural/ Universidad Humboldt, Berlín – Universidad de las Américas, Quito

Lo que todos deben conocer sobre mi trabajo

El equipo SP2 buscamos comprender la dinámica depredador-presa entre las ranas y la fauna de la hojarasca. Arianna Tartara y Michael Heethoff se centran en las comunidades de artrópodos de la hojarasca, con énfasis particular en los ácaros, un componente clave de la dieta de las ranas venenosas. Simultáneamente, Karla y Mark-Oliver Rödel queremos comprender la dinámica de las comunidades de ranas de la hojarasca y las interacciones con los artrópodos del suelo, que constituyen sus fuentes alimenticias. Nuestro equipo es fortalecido por las contribuciones de los colaboradores principales, David Donoso y Ralph Saporito. David es un experto en entomología neotropical y Ralph se especializa en ecología química, centrándose en animales que obtienen defensas de fuentes alimenticias. Finalmente, Leo de la Cruz, mi gran amigo y parabiólogo, ha sido esencial para llevar a cabo todo el trabajo de campo con éxito.

Ahora, más que nunca, creo que es crucial entender los procesos locales que contribuyen al declive de los anfibios. Un estudio publicado recientemente destaca a los anfibios como la categoría más amenazada entre los vertebrados, enfrentando grandes desafíos particularmente en el Neotrópico, donde la situación es más grave. Específicamente, la tala y la agricultura sobresalen como dos factores clave que promueven este declive. Estas son precisamente las amenazas más fuertes que han impactado al Chocó ecuatoriano. Así, la comprensión de los procesos locales se vuelve fundamental para implementar medidas de conservación efectivas.



Figura 17: De izquierda a derecha, Karla, Leo, y Arianna realizando el lavado estomacal a una rana. Foto: Javier Aznar González de Rueda

Las ranas de la hojarasca emergen como un sistema modelo excepcional, representando más del cincuenta por ciento de los anfibios en la Selva Tropical del Chocó en Ecuador. Sus diversas historias de vida hacen que su estudio sea muy interesante. Pues, este grupo de ranas exhibe una amplia variedad de morfologías, comportamientos, rasgos ecológicos y preferencias dietéticas. Esta diversidad permite explorar factores que influyen en la supervivencia de estas ranas en hábitats alterados y su capacidad para recolonizar áreas degradadas, así como la reorganización de sus redes de interacción. Mi objetivo es contribuir a una comprensión

más profunda de la resistencia y adaptación de las comunidades de ranas de la hojarasca en entornos en recuperación. Al explorar la dinámica depredador-presa, busco comprender los mecanismos que impulsan la recuperación y adaptación de estas comunidades, proporcionando conocimientos valiosos para estrategias de conservación efectivas en medio de los cambios ambientales actuales.

Impresiones desde el campo

Este año completamos el muestreo de las 38 parcelas, con tres repeticiones cada una, tanto de noche como de día. El objetivo fue identificar todas las especies de ranas de la hojarasca con diferentes horarios de actividad conocidos. Además, buscamos tener repeticiones para garantizar un tamaño de muestra sustancial. Continuamos con la misma metodología que el año pasado. En cada parcela, buscamos activamente ranas de la hojarasca, las capturamos, realizamos un lavado estomacal para obtener su contenido, filtramos este contenido correctamente y lo almacenamos. Identificamos la especie de rana, la clase de edad y el sexo cuando fue posible, tomamos medidas morfológicas y, en el caso de las ranas venenosas, procedimos a tomar una muestra de alcaloides. Finalmente, liberamos las ranas ilesas.

En 2023, tuvimos el placer de recibir a varios miembros del laboratorio de Rödel que se unieron a nosotros en el campo. Tener colegas acompañándote en el bosque es bastante especial; no solo hace que la experiencia sea más agradable, sino que también las observaciones de historia natural se multiplican. El año pasado, publicamos dos artículos basados en observaciones y pequeños proyectos realizados durante la visita de mis colegas a Canandé. MO lideró un artículo sobre autohemorragia en serpientes que surgió de una observación de *Trachyboa boulengeri*. Nos dimos cuenta que su boca y ojos ¡se llenaban de sangre cuando la manipulábamos! Publicamos también un artículo sobre eventos de predación por serpientes, ¡y hay más artículos científicos por venir...! Tengo que destacar el trabajo de Sarah Bock, una estudiante de maestría que investiga el microhábitat de las ranas en Canandé, además de eso, en una visita al campo, ella y el parabiólogo Holger Vélez, descubrieron una nueva especie de *Cecilia* para la ciencia, un animal extraordinario que actualmente se está describiendo.

El trabajo de campo fue bastante desafiante: trabajar cuando todos los demás están dormidos y estar obligada a permanecer despierta cuando todos los demás están despiertos es ciertamente difícil. Sin embargo, las maravillas que trae la noche en el bosque son innumerables. Me atrevo a decir que no hubo una sola noche en la que no presenciáramos algo espectacular. Casi todas las noches encontramos serpientes, incluida la especie que esperé ver durante todo un año, *Botrichis schlegelii*—finalmente la vi en la última noche de la segunda temporada de campo.

Nuestras experiencias con la presencia de felinos fueron únicas—desde encontrar un armadillo recientemente atacado por un puma o jaguar, solo para descubrir a nuestro regreso que su depredador ya se lo había llevado; revisar la cámara trampa de un colega y encontrar que la foto anterior a la mía capturó al puma; hasta observar que las huellas de un puma rodeaban el sitio donde procesamos las ranas por más de una hora.

Además, llegar a conocer gradualmente los cantos de las ranas y presenciar la increíble diversidad de estos anfibios es asombroso. Mis favoritas siguen siendo las *Pristimantis*—no son las ranas más populares o emblemáticas, pero entender la vasta diversidad dentro del mismo género es realmente fascinante.

Resultados

Durante nuestro trabajo de campo, durante los muestreos, registramos 944 ranas pertenecientes a siete familias diferentes. Estas incluyen

Dendrobatidae, Bufonidae, Craugastoridae, Strabomantidae y Leptodactilidae, familias asociadas a la hojarasca, y Centrolenidae y Hylidae, mayormente asociadas con los árboles. Además, observamos especies de las familias Ranidae y Hemiphractidae fuera de las parcelas. Los resultados preliminares del análisis de la comunidad de ranas son bastante alentadores; encontramos que tanto la riqueza de especies, como la diversidad (medida por el Índice de Simpson) tienden a aumentar a lo largo de la cronosecuencia.

mucho tiempo y me regaló grandes amigos y experiencias. Ahora, me encuentro en Berlín analizando los resultados de las comunidades y la diversidad funcional de las ranas de hojarasca. Finalmente, estoy muy entusiasmada por conocer los resultados del metabarcoding del contenido estomacal de las ranas, entender cómo analizar este tipo de datos y proceder con el análisis de redes (rana-artrópodo).

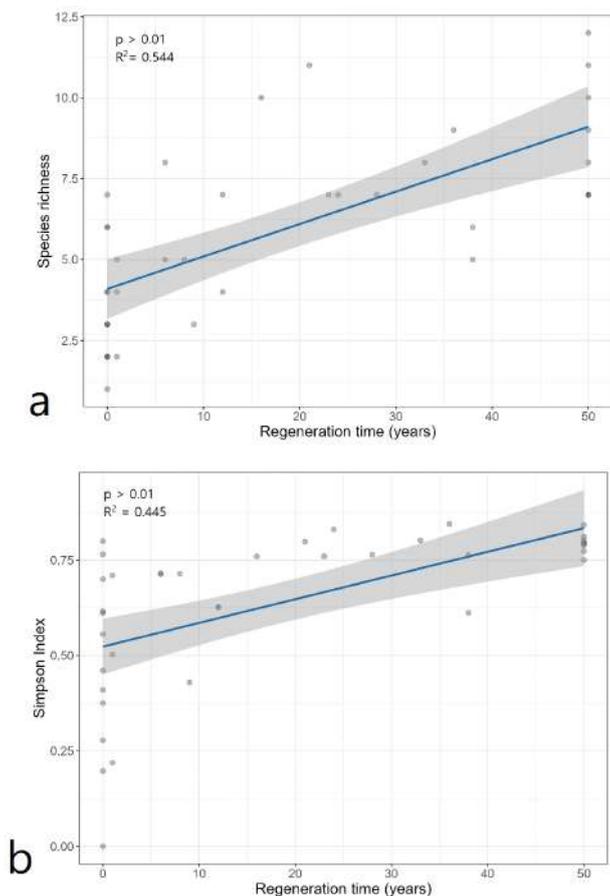


Figura 18: a) La riqueza de especies de ranas de la hojarasca a lo largo de la cronosecuencia de regeneración del bosque, y b) el Índice de Diversidad de Simpson de las ranas a lo largo de la cronosecuencia de regeneración del bosque.

Con respecto a los artrópodos que conforman la dieta de las ranas, después de completar el trabajo de campo, pasé varias semanas preclasificando el contenido estomacal. Esto implicó identificar órdenes y diferentes morfoespecies y contar su abundancia. Es increíble descubrir las diferencias de los hábitos alimenticios entre varias especies. En los estómagos de algunas especies era común encontrar un elemento relativamente grande y suave; en otros, conté alrededor de 200 elementos diminutos como ácaros oribátidos, hormigas enanas y colémbolos. En total, conté 6,363 presas obtenidas de los estómagos de las ranas. Ahora, estoy ansiosa por descubrir detalles más precisos que surgirán después del proceso de metabarcoding (identificación de las presas por medio de análisis genéticos).

Perspectivas a futuro

A finales de 2023, completé mi trabajo de campo y dejé Canandé, un lugar increíble que me enseñó mucho, se convirtió en mi hogar por



Figura 19: Ejemplos de fotografías tomadas bajo el estereomicroscopio de presas encontradas en los estómagos de las ranas de hojarasca: a) hormiga, b) escarabajo, c) ácaro, d) araña.

SP 3: Interacciones planta-polinizador

Ugo Mendes Diniz, Universidad Técnica de München, editado por K. Neira.

Lo que todos deben conocer sobre mi trabajo

Dentro de la unidad de investigación REASSEMBLY, la Prof. Sara Leonhardt (Technische Universität München), el Prof. Alexander Keller (Ludwig-Maximilians-Universität München), el Dr. Gunnar Brehm (Jena Phyletisches Museum) y yo conformamos el equipo SP₃, que es responsable de entender los procesos que subyacen a la recuperación de las comunidades de plantas e insectos y sus redes de polinización resultantes.

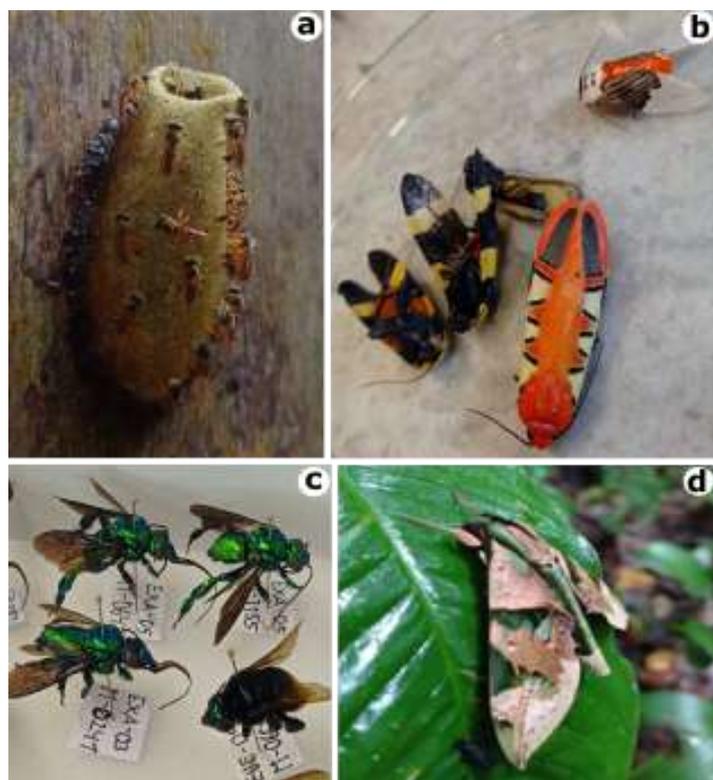


Figura 20: Una selección de nuestros grupos focales de polinizadores, mostrando su increíble diversidad. a - un nido de la abeja sin aguijón *Tetragonisca angustula* (Apidae: Meliponini); b - algunos individuos coloridos de polillas tigre (Lepidoptera: Erebiidae: Arctiinae); c - unos pocos individuos de las abejas de las orquídeas *Exaerete* y *Eufriesea* (Apidae: Euglossini); d - una gran polilla esfíngida (Lepidoptera: Sphingidae).

Debido a la enorme dependencia de las plantas tropicales a vectores bióticos de polen (aproximadamente el 95 % de las especies son polinizadas por animales) [2], y simultáneamente debido a la asombrosa velocidad a la que perdemos bosques primarios alrededor de la zona tropical [1], es fundamental comprender cómo la pérdida de recursos afecta a las comunidades de polinizadores, qué especies pueden resistir la perturbación y qué rasgos son responsables de ello, así como los factores impulsores de la recuperación de la red. La importancia de cerrar estas brechas se magnifica aún más en ecosistemas como los bosques bajos del Chocó, donde se encuentra nuestra unidad, que está entre los puntos críticos de biodiversidad más amenazados y que desaparecen rápidamente [3]. Es por eso que debemos tener una visión de la resiliencia y resistencia de los polinizadores en el Chocó antes de que ya no estén allí. En esta fase de REASSEMBLY, SP₃ ha completado su segunda campaña de trabajo

de campo, finalizando su período de muestreo principal al recopilar por dos veces datos de las 62 parcelas. Por lo tanto, hemos adquirido conocimiento de miles de insectos capturados de diversas taxa y sus cargas de polen, así como de cientos de especies de plantas encontradas dentro de la cronosecuencia. Aquí puedes echar un vistazo a lo que hemos estado haciendo en el último año.

¿Qué hacemos?

En resumen, empleamos varios métodos de captura para muestrear la mayor cantidad posible de grupos de polinizadores y así obtener una visión integral de la comunidad. Un aspecto importante de nuestro proyecto es comprender cómo se recuperan las redes tanto durante el día como por la noche. Para esto, muestreamos varios grupos de himenópteros (abejas sin aguijón, abejas sudoríparas, abejas orquídeas y avispas que anidan en cavidades) y polillas (polillas tigre y esfíngidos) (Fig. 20). El uso de una combinación de trampas de viento, trampas de fragancia, nidos trampa, captura activa con redes y trampas de luz LED en todos los tipos de parcelas ha demostrado ser exitoso para obtener una comprensión exhaustiva de la fauna de polinizadores en el área. Junto con SP₄, también exploraremos la polinización por murciélagos mediante muestras de polen recogidas de estos animales. No solo temporalmente, también somos ambiciosos en un sentido espacial. El dosel es una sección raramente muestreada del bosque debido a las dificultades logísticas. Utilizando un sistema de poleas instalado mediante arco y flecha, podemos muestrear insectos hasta 35 metros de altura (Fig. 21) y obtener información de este misterioso estrato de la selva tropical.



Figura 21: El procedimiento de instalación de trampas en el dosel. a - Primero, disparamos una flecha atada a un hilo de pesca sobre una rama en el dosel; b - Más tarde, reemplazamos el hilo de pesca con una cuerda que servirá como sistema de polea para las trampas (círculo rojo).

Una gran parte de nuestro proyecto consiste en identificar y recopilar datos de rasgos de insectos y plantas, con lo cual continuaremos hasta aproximadamente mediados de 2024, con la ayuda de especialistas (Claus Rasmussen, de la Universidad de Aarhus) para las abejas, y Gunnar Brehm para las polillas). Además, las muestras de polen están siendo continuamente identificadas mediante metabarcoding por el grupo de Alexander Keller. La combinación de datos de interacción y una lista de especies bien resuelta pronto producirán nuestros primeros resultados sobre las redes y el papel de los rasgos funcionales en su recuperación. Finalmente, escapamos de nuestro enfoque centrado en las redes para explorar cómo los procesos, específicamente el flujo de polen y el abastecimiento de polinizadores (es decir, la "salud" de las interacciones planta-polinizador) se desempeñan y se recuperan a lo largo de la cro-

nosecuencia. Esto lo haremos mediante experimentos de polinización controlada en el campo utilizando plantas modelo enjauladas y nidos trampa, respectivamente (más sobre esto más adelante).

Planes vs realidad

Si bien nuestros procedimientos de muestreo principales han resultado extremadamente exitosos durante estos dos años, permitiendo capturar hasta diez mil insectos de diferentes taxones y probablemente una cantidad igualmente de interacciones, así como registrar una increíble diversidad de plantas, algunos aspectos de nuestro proyecto no salieron según lo planeado. En primer lugar, nuestro experimento de las plantas modelos, que abarcaría la cría y replantación de una especie vegetal objetivo en las parcelas para medir su conjunto de frutos, finalmente no se llevó a cabo. A pesar de varios intentos con diferentes especies de hierbas, no pudimos cultivar cientos de individuos en un vivero en el área de investigación. Fue un trabajo inmenso, especialmente para los parabiólogos involucrados, pero ni nuestro objetivo inicial *Nicotiana rustica*, ni nuestro segundo intento *Chelonanthus alatus*, crecieron en suficientes cantidades para el experimento. Debido al apremiante plazo, lamentablemente tuvimos que renunciar a este emocionante proyecto secundario. En segundo lugar, nuestros nidos trampa, ubicados en todas las parcelas y también en las copas de los árboles, inicialmente tenían como objetivo capturar abejas que anidan en trampas y recolectar cargas de polen para que pudiéramos medir la calidad de su provisión y su aptitud (Fig. 22a). Aunque muy pocas abejas colonizaron las cañas (Fig. 22b), lo que dificulta todo el subproyecto, encontramos una nueva oportunidad de investigación inesperada: las avispas que anidan en cavidades. Hasta ahora, hemos capturado cientos de avispas que anidan en trampas (Fig. 22c), que sorprendentemente están muy interesadas en nuestras trampas, y también dejan información interesante dentro del nido: los restos de insectos que sirvieron como alimento para las larvas en crecimiento. Ahora, esperamos adentrarnos en todo un nuevo sistema, a saber, las redes de interacción entre avispas y depredadores y su recuperación a lo largo de la cronosecuencia, ampliando enormemente el alcance de SP3.



Figura 22: (a) Los nidos trampa utilizados (inicialmente) para capturar abejas solitarias que anidan en cavidades. Aunque se recolectaron algunas abejas y polen (b), la mayoría de las muestras que se están criando actualmente pertenecen a avispas y sus presas insectos (c).

Resultados

Después de completar dos años de muestreo, colocando 845 trampas y realizando 248 horas de redes, hemos alcanzado el hito de 10000 polillas capturadas, 9200 abejas y 1240 ocurrencias de plantas de aproximadamente 450 morfoespecies. Además, ya tenemos alrededor de 300 muestras de caña, que contenían individuos de avispas y a menudo sus presas. ¡Un conjunto de datos bastante grande y emocionantes cosas están por venir! Aunque aún no tenemos suficientes datos de interacciones a nuestra disposición para mostrarles, podemos presentar patrones

interesantes de abundancia y riqueza a lo largo de la cronosecuencia. Lo que más nos llama la atención hasta ahora son las diferentes respuestas de los taxa de insectos al gradiente de regeneración. Los animales nocturnos, por ejemplo, muestran tendencias contrastantes, ya que las polillas no muestran un patrón de distribución fuerte (Fig. 23a) mientras que los halictidos nocturnos (Halictidae: *Megalopta*) dependen en su mayoría de los bosques (Fig. 23b). Comprender qué causa estos y otros patrones contrastantes está entre la misión principal de SP3.

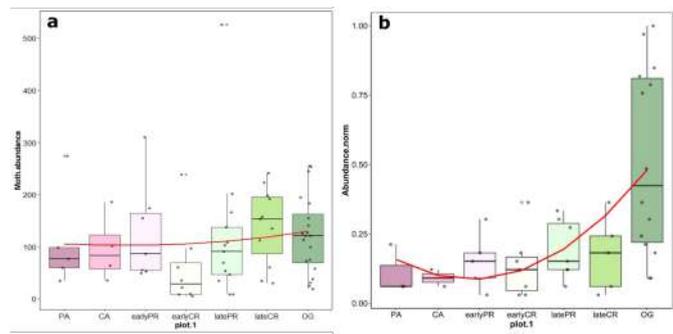


Figura 23: La distribución de polillas agrupadas (a) y abejas nocturnas *Megalopta* (b) a lo largo de la cronosecuencia.

Perspectivas a futuro

Miramos atrás estos dos años con gran alegría por la increíble oportunidad que fue trabajar en el Chocó, y por los numerosos frutos que ha dado. Aún no nos despedimos, ya que realizaremos nuestra última campaña en marzo para concluir las cosas y tratar de recopilar algunos datos sobre el flujo de polen. En los próximos meses, esperamos obtener algunos resultados clave, especialmente datos de redes y rasgos, y con ellos finalmente comenzar a desentrañar las interacciones planta-polinizador (¡y presa-depredador!) dentro de la unidad. ¡Estén atentos para el próximo boletín informativo!

Bibliografía

- [1] X. Giam. Global biodiversity loss from tropical deforestation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(23):5775–5777, 2017.
- [2] J. Ollerton, R. Winfree, and S. Tarrant. How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, 120(3):321–326, 2011.
- [3] S. Sarkar, V. Sánchez-Cordero, M. C. Londoño, and T. Fuller. Systematic conservation assessment for the mesoamerica, chocó, and tropical andes biodiversity hotspots: a preliminary analysis. *Biodiversity and Conservation*, 18:1793–1828, 2009.

SP4: Dispersión de Semillas por Aves y Mamíferos No Voladores

Anna Rebello Landim, Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung, editado por E. Villa.

Lo que todos deben conocer sobre mi trabajo

SP4 continuó su estudio sobre el reensamblaje y la restauración de la dispersión de semillas por aves y mamíferos durante la recuperación natural del bosque. Nuestro subproyecto está compuesto por dos doctorados, tres investigadores principales, dos colaboradores y dos parabiólogos. Marco Tschapka, Santiago Burneo, Santiago Erazo y Jefferson Tacuri se centran en la dispersión de semillas por murciélagos; y Matthias Schleuning, Eike Lena Neuschulz, Boris Tinoco, Jordy Ninabanda y yo estudiamos la dispersión por aves y otros mamíferos frugívoros.



Figura 24: El equipo de SP4 después de una estadía de una semana en Casa del Medio. De izquierda a derecha: Jerson (sustituyendo a Jefferson), Santiago, Jordy y Anna.

La dispersión de semillas es fundamental para la restauración ya que permite a las plantas recolonizar hábitats degradados [2]. Sin embargo, debido a la codependencia entre plantas y frugívoros, estudiar la dispersión de semillas puede ser desafiante. Los frugívoros dependen de los frutos que consumen para su supervivencia, mientras que las plantas dependen de los frugívoros para colonizar sitios degradados [3]. Además, ambos grupos dependen de factores ambientales, como la precipitación y la temperatura [1], por lo que la regeneración de la dispersión de semillas depende de la respuesta de interacción planta-animal, de las especies de plantas y animales, y cambios en factores ambientales.

La dispersión de semillas involucra numerosas transiciones demográficas, desde la dispersión, el establecimiento de plántulas hasta el crecimiento de árboles adultos, todos influenciados directa o indirectamente por factores relacionados con los frugívoros [6]. Por ejemplo, la distancia de dispersión y el efecto del paso por el tracto digestivo tienen una relación directa de los cuales afectan el establecimiento de plántulas dependen directamente de los frugívoros [5]. Sin embargo, tal efecto es distinto dependiendo de la especie de frugívoro. Las especies no sólo consumen distintos frutos si no que los dispersan de forma distinta lo que determina su calidad como dispersores [4]. En un escenario de restauración, por ejemplo, un ave más grande consumiría frutas más grandes y dispersaría las semillas a mayor distancia que un animal pequeño.

Con esto en mente, quiero entender:

1. La recuperación de las comunidades de frugívoros, plantas frutales y sus interacciones durante la recuperación del bosque.
2. Como se restablecen las funciones de dispersión de semillas a lo largo de la recuperación del bosque.



Figura 25: Frugivoría de aves registrada con cámaras trampa. Arriba: gorrión de pico naranja (*Arremon aurantiirostris*) picoteando una fruta en un cacao en regeneración. Centro: pareja de codornices carirrojas (*Rhyrchortyx cinctus*) picoteando una fruta de *Brosimum utile* en un bosque maduro. Abajo: gran tinamú (*Tinamous major*) intentando comer una semilla de *Wettinia quinaria* en un bosque maduro.

Planes vs realidad

Este año, completamos con éxito la recopilación de datos en las 62 parcelas. También pudimos recolectar datos sobre la lluvia de semillas en todas las parcelas de P-REX (esto lo realizó todo el equipo de SP4).

Nuestro trabajo de campo implicó observar aves y mamíferos frugívoros en diferentes estratos del bosque, capturando las interacciones entre estas especies y las plantas fructíferas. Para las interacciones en el dosel, realizamos observaciones focales utilizando binoculares, y para registrar las interacciones a nivel del suelo, utilizamos cámaras trampa. Nuestro trabajo de campo reveló una rica diversidad de interacciones de dispersión de semillas. Este año, las observaciones se enriquecieron aún más con nuevas especies increíbles, como el cacique de espalda amarilla (*Cacicus cela*), el tityra coroninegro (*Tityra inquisitor*) y el saltarín de alas doradas (*Masius chrysopterus*), siendo este último avistamiento particularmente especial, ya que rara vez se ve en la región.



Figura 26: Frugivoría por mamíferos registrada con cámaras trampa. Arriba: un agutí (*Dasyprocta punctata*) cavando una semilla de cacao (*Theobroma cacao*) en una parcela de regeneración. Abajo: una taira (*Eira barbara*) comiendo cacao en una parcela activa.



Figura 27: Capturas inesperadas de cámaras trampa tomadas en pastizales de regeneración. A la izquierda, un polluelo de rascón marrón (*Aramides wolfi*) comiendo una rana y a la derecha, un murciélago comiendo frutas

Resultados

Observamos 4103 interacciones en el dosel y 682 en el suelo y construimos redes de dispersión de semillas para cada tratamiento de las parcela: activa, regeneración y bosque maduro. A primera vista, podemos ver que la diversidad de interacciones y la especialización tienen patrones opuestos en la cronosecuencia (Figura 5). La diversidad de Shannon de las interacciones aumenta desde el nivel activo ($H' = 3.04$) hasta el nivel de regeneración ($H' = 5.19$) y luego disminuye hacia el bosque maduro ($H' = 4.51$). En contraste, la especialización de la red fue más alta en los niveles activo ($H'^2 = 0.7$) y bosque maduro ($H'^2 = 0.48$) y más baja en la regeneración ($H'^2 = 0.46$).

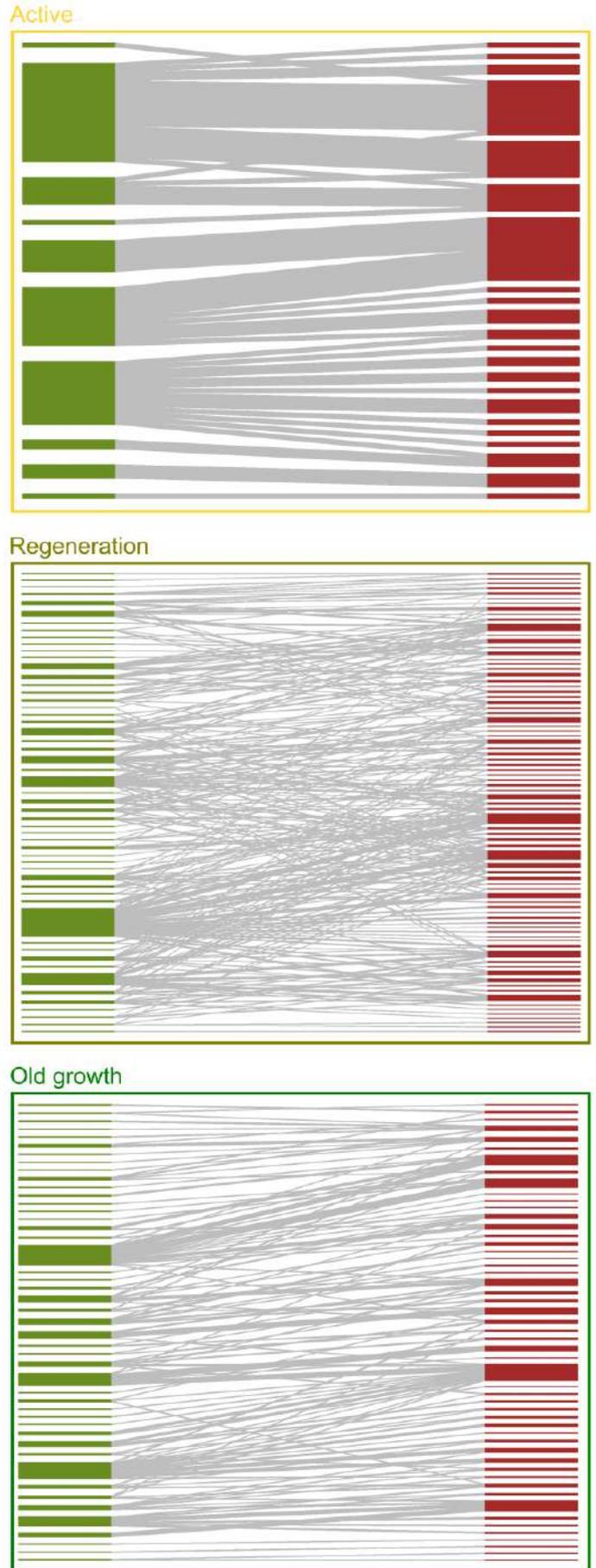


Figura 28: Redes de dispersión de semillas de las parcelas de arriba abajo: activas, de regeneración y de bosque maduro.



Perspectivas a futuro

A medida que dejamos atrás el Chocó ecuatoriano y la Reserva Canandé, reflexionamos sobre lo que hemos logrado y aprendido. Nuestra última temporada en el campo nos brindó una gran cantidad de información valiosa. Ahora, en términos de recolección de datos, aún necesitamos identificar hierbas, arbustos y árboles más pequeños que no fueron muestreados por CM y codificar las semillas de la lluvia de semillas. Avanzando desde la recolección de datos, ¡esperamos analizar nuestros datos y desentrañar las dinámicas detrás de la recuperación de la dispersión de semillas en el Chocó!



Figura 29: Toma del amanecer en el último día de campo

References

- [1] J. Albrecht, A. Classen, M. G. Vollstädt, A. Mayr, N. P. Mollel, D. Schellenberger Costa, H. I. Dulle, M. Fischer, A. Hemp, K. M. Howell, M. Kleyer, T. Naus, M. K. Peters, M. Tschapka, I. Steffan-Dewenter, K. Böhning-Gaese, and M. Schleuning. Plant and animal functional diversity drive mutualistic network assembly across an elevational gradient. *Nature communications*, 9(1):1–10, 2018.
- [2] A. G. Auffret, Y. Rico, J. M. Bullock, D. A. P. Hooftman, R. J. Pakeman, M. B. Soons, A. Sua, H. H. Wagner, and S. A. O. Cousins. Plant functional connectivity – integrating landscape structure and effective dispersal. *Journal of Ecology*, 105:1648–1656, 2017.
- [3] H. F. Howe and J. Smallwood. Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 13:201–228, 1982.
- [4] M. Schleuning, J. Fründ, and D. García. Predicting ecosystem functions from biodiversity and mutualistic networks: an extension of trait-based concepts to plant-animal interactions. *Ecography*, 38:380–392, 2015.
- [5] E. W. Schupp, P. Jordano, and J. M. Gómez. Seed dispersal effectiveness revisited: a conceptual review. *New Phytologist*, 188:333–353, 2010.
- [6] B. C. Wang and T. B. Smith. Closing the seed dispersal loop. *Trends in Ecology and Evolution*, 17:379–386, 2002.

SP4: Murciélagos y las dispersión de semillas

Santiago Erazo, University of Ulm (Germany) - Pontificia Universidad Católica (Ecuador)

Lo que todos deben conocer sobre mi trabajo

El equipo de SP4 es un grupo diverso centrado en aves, mamíferos y dispersión de semillas, así como en la lluvia de semillas. Matthias Schleuning (PI), Eike Lena Neuschulz (PI), Boris Tinoco (colaborador principal) y Anna Rebello Landim (estudiante de doctorado) se enfocaron en aves frugívoras, mamíferos no voladores y la dispersión de semillas. Marco Tschapka (PI), Santiago Burneo (colaborador principal) y yo (estudiante de doctorado) nos centramos en el ensamblaje de murciélagos y la dispersión de semillas. Además, en diferentes etapas del proyecto contamos con la valiosa colaboración de Parabiólogos capacitados de las comunidades circundantes, principalmente Jefferson Tacuri y Jordy Ninabanda, quienes se convirtieron en una parte indispensable de nuestro grupo durante estos dos años de trabajo.

El estudio se está realizando en el Chocó ecuatoriano, con el objetivo de contribuir al conocimiento de esta importante región y promover su conservación. La región biogeográfica del Chocó, ubicada dentro del hotspot de Tumbes-Chocó-Magdalena, es muy importante por su diversidad y endemismo [7] y enfrenta constantes y crecientes amenazas generadas principalmente por la deforestación para actividades agrícolas y madereras [2]. Ante estas amenazas, es necesario comprender cómo se lleva a cabo la regeneración natural de sus bosques.

La dispersión de semillas es una de las bases para los procesos iniciales de regeneración natural [4]. En las selvas neotropicales, la dispersión de semillas por vertebrados frugívoros es un proceso ecológico crucial [3]. Además, el servicio ecosistémico de la dispersión de semillas es un mosaico de sub-servicios realizados por distintos grupos de frugívoros [6]. Las aves y los murciélagos frugívoros son considerados los principales agentes dispersores y predominan en las etapas iniciales de la sucesión forestal [5, 1]. Se han registrado diferencias entre las redes murciélago-fruto y ave-fruto en propiedades estructurales, lo que respalda la hipótesis de que esos dos grupos dispersores forman módulos mutualistas diferentes [6]. En este contexto, nuestro objetivo es estudiar el reensamblaje de plantas y animales (aves y mamíferos frugívoros), sus interacciones de dispersión de semillas, importancia y papel en un gradiente de recuperación forestal, en el Chocó ecuatoriano.

Planes vs Realidad

Culminando nuestro segundo año de trabajo de campo, podemos decir que hasta ahora hemos cumplido satisfactoriamente nuestro plan, finalizando con el muestreo de los 62 parcelas previamente establecidas. Creemos que como equipo pudimos manejar de la mejor manera los diferentes eventos e imprevistos que podrían surgir durante el trabajo de campo. Observamos una evolución en nuestro trabajo y en cómo gestionamos nuestras estadías en los campamentos y en las diferentes casas satélite durante períodos prolongados. Sin embargo, hay eventos que no se pueden controlar en el campo, como las condiciones climáticas que en algunas noches no fueron las más apropiadas (por ejemplo, lluvias intensas) y dificultaron o limitaron nuestro trabajo. Pero, durante las actividades de campo siempre estaremos expuestos a este tipo de condiciones naturales.



Figura 30: Metodología: Evolución del campamento

Nuestro trabajo de campo consistió en capturar murciélagos para identificar su diversidad, para lo cual utilizamos seis redes de niebla (6 m x 2 m), activas entre las 18:30 y las 24:00, durante tres noches consecutivas en cada parcela, con un total de 6138 horas/red/parcela de esfuerzo de muestreo. Para analizar las interacciones murciélago-fruto, recolectamos material fecal directamente de los murciélagos (defecando en la red de niebla) o manteniéndolos durante unos minutos en una bolsa de tela limpia. Además, recolectamos muestras de polen de los murciélagos nectarívoros. Los rasgos funcionales se midieron en los murciélagos capturados en las parcelas y, de ser necesario, los datos se complementarán con mediciones en colecciones de museos.



Figura 31: Metodología: redes de niebla

Resultados preliminares

En total observamos más de 2500 murciélagos y registramos más de 50 especies en las 62 parcelas muestreadas. Además, como interacciones, fue posible recolectar alrededor de 1000 muestras fecales y alrededor de 50 muestras de polen de murciélagos nectarívoros. Un análisis superficial de nuestros datos preliminares muestra que hay un pequeño grupo de especies que predominan en el área, entre ellas, *Carollia perspicillata* (fig. 32), *C. castanea*, *C. brevicaudum*, *Dermanura rosenbergi*, *D. ravus*, *Rhinophylla aethina* y *Vampyressa thuyone*. Las siete especies están presentes en más del 50 % de las parcelas muestreadas y juntas representan casi el



75 % de la abundancia de murciélagos capturados. Por otro lado, alrededor del 60 % de las especies son poco comunes a raras, y representan aproximadamente el 50 % de la abundancia registrada en el área.

También observamos que aproximadamente el 50 % de las especies registradas se alimentan principalmente de frutas y representan más del 90 % del total de la abundancia de murciélagos registrada, siendo el grupo dominante en el área. El otro 50 % se distribuye entre especies que pueden ser nectarívoras, insectívoras, carnívoras u omnívoras, pero solo representan alrededor del 10 % de la abundancia de murciélagos. Estos resultados preliminares demuestran la importante diversidad de murciélagos, sus tipos de ensamblaje e interacciones en la región del Chocó.



Figura 34: Diversidad del Chocó: *Tamandua mexicana*



Figura 32: Interacción: *Carollia perspicillata* comiendo un *Piper sp.*



Figura 33: Bat diversity: *Vampyrum spectrum*

Bibliografía

- [1] J. Galindo-González, S. Guevara, and V. J. Sosa. Bat-and bird-generated seed rains at isolated trees in pastures in a tropical rainforest. *Conservation biology*, 14(6):1693–1703, 2000.
- [2] V. Gonzalez-Jaramillo, A. Fries, R. Rollenbeck, J. Paladines, F. Onate-Valdivieso, and J. Bendix. Assessment of deforestation during the last decades in ecuador using noaa-avhrr satellite data. *Erdkunde*, pages 217–235, 2016.
- [3] H. F. Howe and J. Smallwood. Ecology of seed dispersal. *Annual review of ecology and systematics*, 13:201–228, 1982.
- [4] D. J. Levey, W. R. Silva, and M. Galetti. *Seed dispersal and frugivory: ecology, evolution, and conservation*. CABI, 2002.
- [5] R. A. Medellin and O. Gaona. Seed dispersal by bats and birds in forest and disturbed habitats of chiapas, mexico 1. *Biotropica*, 31(3):478–485, 1999.
- [6] M. A. R. Mello, F. M. D. Marquitti, P. R. Guimarães, E. K. V. Kalko, P. Jordano, and M. A. M. de Aguiar. The modularity of seed dispersal: differences in structure and robustness between bat-and bird-fruit networks. *Oecologia*, 167(1):131–140, 2011.
- [7] R. A. Mittermeier, P. Gil, M. Hoffman, J. Pilgrim, T. Brooks, C. Mittermeier, J. Lamoreux, G. Da Fonseca, and P. Saligmann. Hotspots revisited: earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions cemex. *Mexico City*, 392, 2004.

SP5: Tree seedling recruitment and herbivore interactions during forest recovery

Eva Tamargo López, Philipps-Universität Marburg

Avances

Hasta el momento, hemos completado con éxito nuestro segundo año de muestreo, con el objetivo de arrojar luz sobre la resiliencia de las plántulas de árboles y sus interacciones con los herbívoros. Durante los últimos 24 meses, hemos realizado seis rondas de monitoreo en los 39 plots de REASSEMBLY seleccionados. En cada ronda medimos parámetros morfológicos y la cantidad y diversidad de herbivoría en las hojas de alrededor de 1000 plántulas. Hemos identificado 156 morfoespecies de plántulas de árboles, de las cuales el 70 % fueron recolectadas y preparadas para ser identificadas genéticamente en la primavera de 2024. Actualmente estamos preparando la próxima campaña de campo, que comenzará en marzo de 2024 con el apoyo de tres excelentes estudiantes: Stella Drechsler, quien estudiará la resiliencia de la comunidad de plántulas después de la perturbación (P-REX), Marco Hügel, quien se enfocará en la recuperación de las redes de interacción entre plántulas y herbívoros a lo largo de la cronosecuencia, y Nikolaos Ioannidis, quien analizará cómo se relacionan los factores abióticos y bióticos con las comunidades de artrópodos durante la recuperación del bosque, además de nuestro increíble asistente de campo, Miguel Ángel.

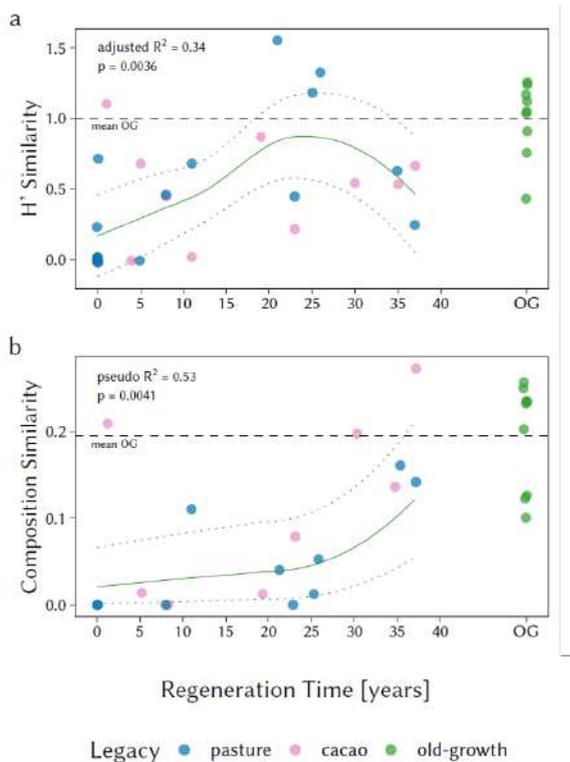


Figura 35: Recuperación de las propiedades de la comunidad del bosque secundario con la edad sucesional, medidas como similitud con los bosques primarios. (a) Diversidad relativa de Shannon (H'), (b) similitud en la composición de especies. Las trayectorias de la recuperación del bosque secundario se predicen a partir de modelos lineales con intervalos de confianza del 95 % (línea de regresión azul). Se muestra el legado del uso previo de suelo: cacao (rosa) y pastizal (azul). La media de la comunidad de bosque primario está marcada con una línea horizontal discontinua negra. Se añadieron los puntos de bosque primario como referencia visual.

Mapeo de árboles adultos en la segunda temporada de campo

Esta temporada de muestreo ha sido desafiante pero hermosa. Gracias a Claudia Eberspach y Franziska Scheele, introdujimos un nuevo protocolo de muestreo, en el cual mapeamos cada árbol en los alrededores de cada tratamiento P-REX. Aunque esto implicó mucho trabajo adicional, también nos brindó información sobre la cantidad de árboles adultos que rodean cada tratamiento, su especie biológica y tamaño, así como saber si alguna de sus ramas está directamente sobre nuestras subparcelas de plántulas. Esta información será muy valiosa para nosotros y puede ayudarnos a comprender mejor la dispersión de semillas. Además de esto, continuamos con el mismo trabajo de campo previo, identificando y midiendo cada plántula en nuestras parcelas. Hubo algunas limitaciones en nuestro trabajo, algunas enfermedades, toneladas de mosquitos y barro, pero, como siempre, la belleza de los bosques y su gente nos mantuvieron motivados todo el tiempo, ayudándonos a terminar nuestro trabajo con una sonrisa.

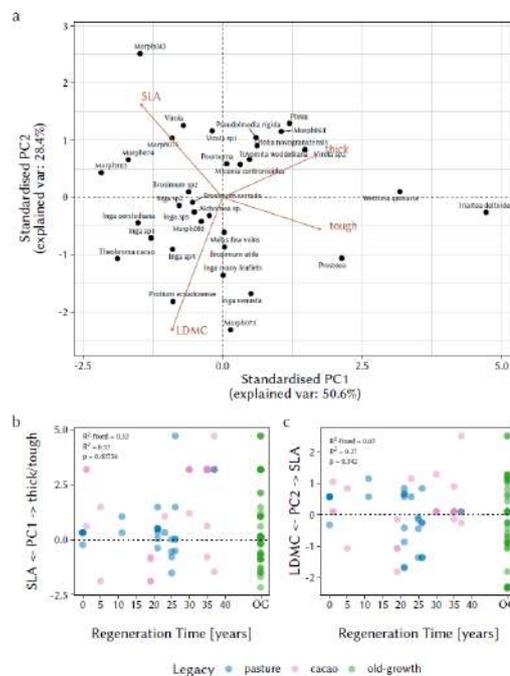


Figura 36: Análisis de componentes principales (PCA) de rasgos funcionales en 33 plántulas de árboles tropicales. (a) Los dos primeros ejes representaron el 79 % de la variación en los datos. Rasgos foliares: área foliar específica (AFE), Contenido de materia seca foliar (CMSF), grosor de la hoja (thick) y resistencia de la hoja (tough). Cada punto representa una (morpho-)especie. Los ejes PC1 (b) y PC2 (c) no mostraron cambios significativos en la composición de los rasgos funcionales con la sucesión y las especies encontradas en bosques maduros (OG) cubrieron todo el espectro de rasgos funcionales. Cada punto representa un individuo. Los números positivos representan un aumento en grosor/resistencia (b) y AFE (c). Los números negativos representan un aumento en el AFE (b) y el CMSF (c).

Tesis de Maestría

Tras la primera campaña de campo, dos estudiantes de maestría completaron sus tesis en 2023, analizando tanto la recuperación de la comunidad de plántulas como la red de herbivoría.

Elis Martinelli se centró en la dinámica de la diversidad, composición y rasgos de las plántulas de árboles a lo largo de la cronosecuencia.



Habíamos hipotetizado que la riqueza de especies de plántulas aumentaría con la edad del bosque, y que la comunidad de plántulas se parecería más a la de un bosque primario a medida que los bosques envejecen.

Nuestros resultados mostraron diferencias en la velocidad de recuperación de la diversidad funcional y la de especies. Mientras que la diversidad de especies y la similitud con el bosque primario aumentaron con la edad sucesional (Figura 35), la composición de especies no mostró un patrón claro a lo largo de la cronosecuencia o el uso previo de suelo, pero encontramos una gran variabilidad dentro de los grupos y, con ella, una alta heterogeneidad de especies.

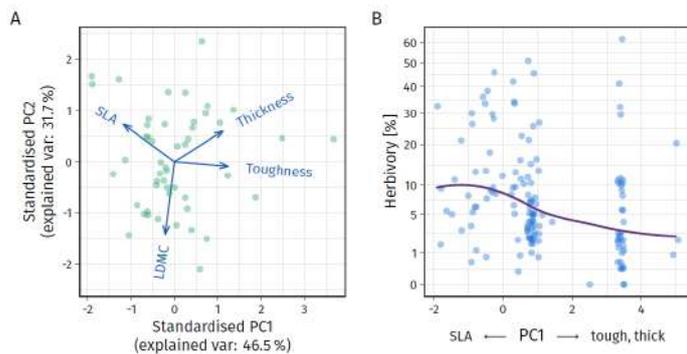


Figura 37: (a) Biplot del Análisis de Componentes Principales de los rasgos funcionales de las plántulas: área foliar específica (AFE), Contenido de materia seca foliar (CMSF), grosor de la hoja y dureza de la hoja. Cada punto representa una morfoespecie de plántula. (b) Gráfico de dispersión de la herbivoría (porcentaje de pérdida de área foliar) contra el primer componente principal, que está determinado positivamente por la dureza y el grosor de la hoja y negativamente por el área foliar específica. Cada punto representa una plántula.

Independientemente del legado, la comunidad de plántulas de árboles en bosques secundarios mostró una gran similitud con los bosques primarios tras los 35 años posteriores al abandono (Figura 36). Nuestros resultados demuestran el gran potencial de recuperación que tienen los bosques tropicales. En el próximo año analizaremos los datos de P-REX para arrojar luz sobre los mecanismos que promueven la recuperación de los bosques secundarios, lo que puede contribuir a optimizar el crecimiento natural en terrenos abandonados.

Lukas Werner estudió las interacciones entre plántulas y herbívoros a lo largo de la cronosecuencia.

La interacción de las plántulas de árboles con los insectos herbívoros desempeña un papel importante en la regeneración de los bosques tropicales. Evaluamos la herbivoría (medida como pérdida acumulada de área foliar), la composición de los tipos de daño y su relación con las características de defensa de las plantas a nivel de la comunidad de plántulas de árboles a lo largo de la cronosecuencia sucesional. Los rasgos físicos de defensa seleccionadas fueron el grosor de la hoja, su dureza, el área foliar específica y el contenido de materia seca.

Nuestra hipótesis es que la red de interacciones entre plántulas de árboles y herbívoros se volvería más compleja al incrementar la edad del bosque (mayor riqueza de tipos de daño en los bosques más antiguos pero menos cantidad de área foliar perdida).

Nuestros resultados mostraron que no hubo influencia de la edad del bosque en la pérdida de área foliar, pero las especies con rasgos funcionales conservadores mostraron menor cantidad de herbivoría (Figura 37). Sorprendentemente, la riqueza de tipos de daño por herbivoría

disminuyó con la edad sucesional, pero no detectamos cambios en la composición de los tipos de daño.

La perturbación del sotobosque tuvo un efecto negativo en la herbivoría, al contrario que la valla, que no tuvo efecto en los patrones de herbivoría (Figura 38). Estos resultados ayudan a comprender las complejas interacciones entre los herbívoros y el ensamblaje con la comunidad de plántulas en la recuperación de los bosques tropicales.

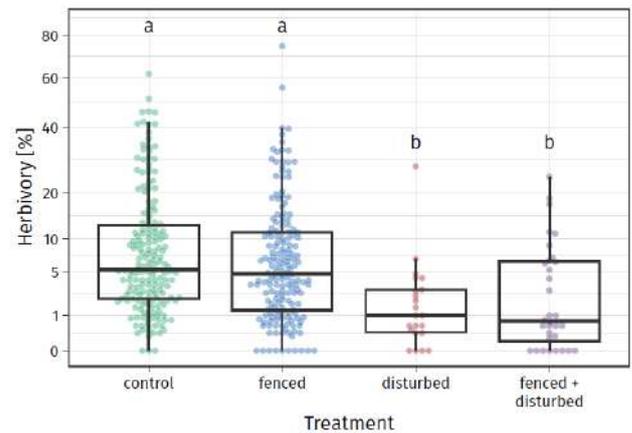


Figura 38: Gráfico de caja y bigotes de la cantidad de herbivoría (porcentaje de pérdida de área foliar) en función del tratamiento P-REX en el que se encuentran las plántulas. Con una clara reducción de la cantidad de daño en tratamientos perturbados.

Conclusiones y perspectivas a futuro

Nuestro trabajo reveló una rápida recuperación de las comunidades de plántulas de árboles y los niveles de herbivoría a lo largo de la cronosecuencia. Existe una alta heterogeneidad en la comunidad de plántulas, que aumenta su similitud con los bosques primarios. Además, encontramos niveles consistentemente altos de herbivoría en todas las clases de edad forestal, con una alta diversidad de tipos de daños que disminuyeron a lo largo de la sucesión.

En conclusión, mostramos que la restauración forestal basada en la regeneración natural puede contribuir efectivamente a la recuperación de los ecosistemas y mejorar la biodiversidad.

En resumen, nuestro proyecto avanza muy bien, como lo demuestran los datos preliminares presentados aquí, los análisis en curso y los nuevos proyectos que comenzarán en marzo de 2024.

SP 6: Los escarabajos estercoleros y los procesos ecológicos en la cronosecuencia

Karen Marie Pedersen, TU Darmstadt, editado por E. Villa.

Lo que todos deben conocer sobre mi trabajo

Nuestro subproyecto estudia los escarabajos estercoleros que como su nombre sugiere, consumen estiércol, aunque no es su única fuente de alimento. Los escarabajos estercoleros consumen otros tipos de materia en descomposición, incluidas frutas fermentadas y carroña. Como es de imaginarse el trabajo de preparar los cebos que prefieren los escarabajos estercoleros y que los científicos de escarabajos estercoleros requieren no es un trabajo que muchos disfrutan. Entonces, ¿quiénes decidieron que valía la pena estudiar estos peculiares escarabajos y sus extraños hábitos? Este año, nuestro equipo está compuesto por tres supervisores: Nico Blüthgen, Thomas Schmitt y Diego Marin, un estudiante de doctorado: Karen Marie Pedersen, un estudiante de maestría: Jan Johan, y nuestro asistente de campo Franklin Quintero. Nosotros estudiamos los escarabajos estercoleros en el contexto de REASSEMBLY.

Los escarabajos estercoleros son uno de los insectos más divertidos del bosque. Son relativamente grandes y fáciles de detectar. Aterrizan junto a ti mientras almuerzas esperando a que produzcas su almuerzo, y a menudo chocan con las grandes hojas del sotobosque mientras atraviesan el bosque con su característico zumbido de alas. Desde una perspectiva ecológica, los escarabajos estercoleros desempeñan un papel en dos procesos cruciales dentro de los ecosistemas: 1) remueven y se alimentan del estiércol de otros animales, ayudando en su descomposición, y 2) secundariamente dispersan semillas, lo que ayuda a la supervivencia de las semillas.



Figura 39: Franklin limpiando la pulpa de fruta de las semillas para el experimento de remoción y germinación de semillas, acompañado por Leo.

El lugar donde trabajo, impresiones del campo

Este año resultó ser particularmente desafiante, debido al vacío en coordinación, de la noche a la mañana pasé de planificar una temporada de campo de por sí ambiciosa que consistía en coleccionar cuatro bases de datos, con métodos nuevos y no probados, a un trabajo de campo completo adicional para coleccionar diez bases de datos. El número de personas bajo mi responsabilidad también aumentó de un equipo de tres a dos equipos de cinco y cuatro personas, respectivamente. Los dos equipos

trabajaron simultáneamente lo que me hizo sentir como si siempre tuviera que estar en dos lugares simultáneamente. Este tipo de trabajo no tiene ninguna ventaja real porque pasa desapercibido a menos que falle. Sin embargo, tenemos un gran equipo y estoy muy agradecida por el apoyo de todo el equipo de campo en Canandé, especialmente de Bryan. Siempre que Bryan forma parte de un equipo, las cosas funcionan mejor. Es bueno pensando en la mejor manera de llevar a cabo una tarea y a menudo encuentra buenas soluciones a problemas inesperados. El apoyo de otros doctorandos, en particular, de Arianna, quien hizo una contribución enorme en la recolección de hojarasca y datos de descomposición de hojas este año. Con toda confianza puedo decir que estos datos no se habrían recopilado sin ella. En SP6, tenemos un excelente estudiante de maestría, Jan, cuyas habilidades en software y espíritu de trabajo en equipo marcaron una gran diferencia en la recolección de datos este año. Sin sus contribuciones, ni SP6, ni el proyecto más grande habrían recopilado muchos datos este año. Por fortuna, Edith asumió la responsabilidad como coordinadora sin problema en mayo y pude volver a enfocarme en un solo proyecto.

Este fue el año en el que SP6 tomo nuevos retos en la recolecta de datos. Los métodos de los años anteriores para estudiar las comunidades de especies de escarabajos coprófagos están bien establecidos y son relativamente fáciles de ejecutar. Sin embargo, este año, nos aventuramos en la toma de datos para estudiar los procesos de remoción de excrementos, remoción de semillas y entierro a lo largo de la cronosecuencia y dentro del contexto del P-REX. Por más difíciles que sea estudiar a las comunidades, los procesos al tener menos métodos bien establecidos, son más difíciles de medir. A pesar de esto, abordamos este desafío con dos experimentos principales este año.

El primero involucró establecer cámaras de trapeo para los escarabajos coprófagos. La mayoría de los estudios de remoción de excrementos colocan una cantidad estandarizada de excremento en el campo y luego regresan uno o dos días después para cuantificar cuánto excremento se ha removido. Si el área cuenta con una población de escarabajos coprófagos saludable, todo el excremento será removido; de no ser así, solo parte del excremento será removido y el restante perderá sus cualidades de atracción, por ejemplo, será menos oloroso y húmedo. Este proceso, sin embargo, ocurre en cuestión de horas y no de días, lo que significa que los métodos estándares para observar diferencias en la tasa de remoción de excrementos son inadecuados. Por esto, necesitábamos un método diferente para entender tal proceso a lo largo de la cronosecuencia: ¡Aquí es donde entra la cámara! La cámara nos permite coleccionar una gran cantidad de datos interesantes. Uno de esos datos son las ventanas de actividad de los escarabajos coprófagos. Las ventanas de actividad podrían ser importantes para entender la dieta de los escarabajos coprófagos. Una de mis hipótesis es que hay una división diurna y nocturna en el acceso a los recursos de excrementos, algo que vimos en los análisis preliminares del contenido del intestino de los escarabajos (artículo aceptado y próximamente publicado). En condiciones normales, sería laborioso estudiarlas porque una persona tendría que sentarse y observar un cebo o vaciar una trampa de caída aproximadamente cada hora. Pero con la cámara esto ya no es necesario. Las cámaras también nos permiten caracterizar la remoción de excrementos y, en cierto nivel, cuales escarabajos contribuyen al proceso de remoción de excrementos. Inicialmente, tenía la esperanza de que también pudiéramos caracterizar las especies de escarabajos coprófagos. Sin embargo, los datos preliminares sugieren que no será posible para todas las especies porque las imágenes no permiten ver los detalles necesarios para su determinación. Por su parte Jan tuvo la idea de mezclar cuentas de colores de varios tamaños en el excremento de cerdo y cuantificar las cuentas restantes y el tamaño de las cuentas, para poder ver qué escarabajos dispersan las semillas de acuerdo a su tamaño (las cuentas son más visibles en las fotografías que las semillas).

En nuestro segundo experimento queríamos probar si la tasa de germinación de las semillas se reducía en ausencia de escarabajos coprófagos a lo largo de la cronosecuencia. Aunque aún no he analizado los datos de la tasa de germinación, este experimento también resultó desafiante.



Figura 40: Vista desde el laboratorio, recordándonos todos los días de lo afortunados que somos de trabajar en un lugar tan hermoso.

Recolecta de datos que funcionó y que no

Cámaras de trampeo para escarabajos

Establecer las cámaras de trampeo para capturar a los escarabajos coprófagos fue una de las cosas más divertidas y frustrantes en las que he trabajado. Elegimos un diseño modular para las cámaras, lo que significaba que podíamos personalizar todas las partes. Las cámaras modulares tienen varias ventajas sobre las cámaras trampa tradicionales: a) son un poco más baratas porque son armadas por el investigador, b) se pueden reparar localmente lo que evita realizar reparaciones en el extranjero donde son más costosas, c) el software se puede optimizar acorde al tipo de recolección y línea de procesamiento de datos del investigador, y c) permite coleccionar los metadatos necesarios para complementar el análisis (un paso que a menudo se omite o se ejecuta incorrectamente con las cámaras trampa tradicionales). Una desventaja es que se puede caer en la tentación de siempre querer optimizar el funcionamiento y nunca producir un prototipo funcional. Otra es que se requiere mucho más conocimiento técnico para operarla. Finalmente, el hardware tiene limitaciones, y una vez que se toma una decisión, se debe trabajar dentro de los límites de esa elección. Había leído algunos artículos sobre cámaras modulares basadas en placas Raspberry Pi. Esto parecía prometedor porque generalmente se consideran relativamente fáciles de programar,

y existen varios códigos de proyectos similares disponibles en línea. Además, las placas son pequeñas computadoras con puertos para monitores y teclados, lo que facilita la programación. Sin embargo, el año pasado, cuando buscaba los suministros para construir nuestras cámaras, encontré una escasez de Raspberry Pis debido a problemas globales en la cadena de suministro. Todas las placas Raspberry Pi disponibles habían aumentado de precio pasaron de costar una decena de dolares pasaron a más de cien. Este gasto era injustificable. Al no haber anticipado esto, entré en pánico y comencé a buscar alternativas. Por suerte, encontré las ESP32CAMs, que aunque son un poco menos amigables para el usuario y tienen ligeramente menos piezas plug-and-play fáciles de implementar, pero que son increíblemente baratas. Solo €9 por cámara con el adaptador ESP32 cam MB (el adaptador te permite conectarlo a la computadora para programarlo). Sin embargo, el ESP32 significaba menos opciones sencillas para los lentes de la cámara. El ESP32 no solo requería que escribiéramos el software en el lenguaje Arduino C/C++, que nunca había aprendido, sino que también significaba que no contaba con contactos que pudieran ayudarme en casa de algún problema. En este punto, no estaba segura de que la idea funcionara dentro del periodo de tiempo que teníamos y comencé a cuestionar me si había sido la mejor idea. Sin embargo, las cámaras trampa tradicionales alternativas con las características que necesitábamos, un lente ajustable para una distancia focal más corta ya no se fabrican.

Si quería que el trabajo siguiera adelante, teníamos que descubrir cómo hacer que funcionara con los materiales disponibles. Para esto compré algunas cámaras ESP32 y obtuve un manual [3] que cubría todos los aspectos relevantes de la escritura de software y la selección de hardware. Con el manual en una mano y el ESP32 en la otra, comencé a intentar seguir las instrucciones escritas cuando me encontré con el primer obstáculo. No podía hacer que mi computadora reconociera la existencia del ESP32, lo que significaba que no podía programarlo. Probé todo lo que encontré en Internet, y nada funcionó. Finalmente, alguien me dijo que debería intentarlo en una computadora con Windows, y pregunté si teníamos alguna que pudiera usar; afortunadamente, teníamos una mini computadora con Windows muy simple, y para mi deleite, funcionó instantáneamente, ¡sin necesidad de solucionar el problema de compatibilidad! Ahora, sintiéndome como si tuviera todo el mundo a mi disposición, intenté correr el código que había escrito para probar si la cámara podía tomar y almacenar suficientes fotos; y si nuestro banco de energía sería suficiente para mantenerla funcionando durante 48 horas. Aquí es cuando me encontré con el obstáculo número dos, no pude hacer que la cámara ejecutara el código de manera consistente. Entonces, llevé la pequeña computadora de la cámara, el teclado y el mouse a casa en los Estados Unidos para Navidad para trabajar en ello. Las vacaciones resultaron ser un más atareadas de lo que esperaba y no progresé mucho. Empecé a preguntarme si tal vez había descartado demasiado rápido los Raspberry Pis, ¿tal vez podríamos pedir prestado unos equipos? Sin embargo, el equipo que podría conseguir prestado requerirían que lleváramos baterías de motocicleta al bosque junto con los soportes de cámara, y esto es poco práctico dada la accidentada topografía en Canandé. Fue entonces cuando me enteré que no tendríamos un coordinador para el proyecto y me ofrecí a realizar la coordinación del trabajo de campo. Esto significaba que no tenía tiempo durante el día para trabajar en mis cámaras y dividía mi día primero haciendo la planificación para el trabajo de campo de CM y por las noches probando con las cámaras. Me obsesione al punto que veces me despertaba en medio de la noche para contarle a mi novio -para el poco agrado de él- mi nueva idea para resolver este o aquel problema. Era obvio que nunca tendría éxito en el tiempo que tenía. Normalmente habría pospuesto el trabajo de campo hasta que tuviéramos un prototipo funcional. Pero eso no era una opción ya que también era responsable del trabajo de campo de CM del que

dependían otros subproyectos. Fue entonces cuando le pedí a Jan que ayudara, él se hizo cargo de la escritura del software, y yo continué probando el hardware y encontrando suficientes suministros para las diez cámaras que necesitaríamos en el campo. La mayoría de mis decisiones se basaron en un diseño de cámara modular publicado [1]. Nico sugirió que pidieramos ayuda al taller de la Universidad para asegurar las cámaras en el interior de los recipientes de plástico que usaríamos como la carcasa de la cámara, ellos crearon un hardware mucho más profesional de lo que hubiera pensado. Así llegué al campo con un prototipo, que aún no estaba listo para recopilar datos, pero afortunadamente Jan llegó unas semanas antes de lo programado y se hizo cargo del hardware y el software. Esto me permitió capacitar a la primera ronda de trabajadores de campo de CM. Antes de comenzar a trabajar con la segunda ronda de muestreo, donde planeamos comenzar la recopilación de datos para SP6. Casi por milagro las cámaras funcionaron gracias al trabajo de Jan quien merece todo el crédito. Los datos de estas cámaras aún no han sido procesados; sin embargo, al mirar las imágenes, estoy segura de que produciremos algunas ideas novedosas sobre la remoción de estiércol, las ventanas de actividad de los escarabajos estercoleros y sabremos qué grupos funcionales de escarabajos estercoleros son responsables de la remoción de estiércol y de los distintos tamaños de semilla.

Tasa de remoción de semilla y tasa de germinación

En un intento por probar la hipótesis de que los escarabajos estercoleros dispersarían una mayor cantidad de semillas de mayor tamaño a medida que el bosque se recupera y que estas semillas tendrían una tasa de germinación más alta, creamos mezclas de semillas estandarizadas con semillas que van desde una longitud de 1 mm hasta 30 mm, representando el rango de tamaños de semillas que hemos observado previamente en las bolas de estiércol. Estas semillas se mezclaron con 200 g de estiércol de cerdo. Este último paso requería un trabajo poco convencional, recoger estiércol de cerdo en cantidades estandarizadas. Para esto le pagamos a Don Freddy (el granjero con más cerdos) quien esperaba a que los cerdos defecaran y lo recogía antes de que los cerdos pudieran pisarlo y mezclarlo con la tierra. Después, recolectamos semillas de árboles nativos cuando había suficientes semillas disponibles. La mayoría de las semillas tropicales son recalcitrantes, lo que significa que están destinadas a brotar casi de inmediato y morirán en condiciones normales de almacenamiento de semillas. Esto contrasta con la mayoría de las semillas disponibles comercialmente que pueden sobrevivir después de ser congeladas o secadas. Realmente no hay mucha información sobre el almacenamiento de semillas recalcitrantes, el consenso general es que estas deben ser plantadas lo más rápido posible. El año anterior había asistido a un taller de reforestación comunitaria y bancos de semillas. Los materiales de este taller sugerían que incluso las semillas recalcitrantes podrían almacenarse a corto plazo ya sea eliminando la pulpa de la fruta y secándolas un poco para que no se enmohecieran (con riesgo de que mueran si se secan demasiado), o podrían colocarse en el refrigerador por un corto período de tiempo. Personalmente había visto moho aparecer después de un día, así que sabía que no podríamos establecer experimentos en Tesoro o Casa del Medio si queríamos usar la refrigeración como método de almacenamiento. Por esta razón, elegí secar las semillas y configurar una prueba preliminar y final de germinación de semillas con diez semillas de cada una de las especies incluidas. Nos llevó 11 días recolectar suficientes semillas para la mitad de las parcelas, dado que también nos llevaría un mes llegar a todas las parcelas, decidí que configuraríamos la primera ronda con las semillas que teníamos y luego recolectaríamos para la segunda ronda con las semillas las que pudiéramos encontrar. Esto también dio a las semillas una mejor oportunidad de germinar durante los ensayos experimentales porque

redujo el tiempo necesario para almacenarlas. Configuramos nuestro experimento dentro del marco de trabajo de P-REX, incluyendo un montón de estiércol expuesto a los escarabajos estercoleros y otro con una exclusión de escarabajos estercoleros. También decidimos tomar algunos datos adicionales, como el número de semillas presentes al quitar las exclusiones de escarabajos estercoleros, el número de túneles como una aproximación para el número de excavadores de túneles y la longitud (del diámetro más largo) de los túneles como una estimación del número de especies de escarabajos estercoleros que crean los túneles. Esperábamos que los escarabajos estercoleros crearían túneles de distinto tamaño dependiendo de su tamaño corporal. También realizamos una estimación aproximada de la cobertura del dosel sobre la parcela de 2 m x 2 m. Una vez que configuramos las primeras parcelas y volvimos para verificar la remoción de semillas, era evidente que el ciclo planeado de 48 horas era demasiado corto y que el estiércol todavía era atractivo para los escarabajos, lo que significaría que los datos de germinación no ayudarían a explicar la exclusión de escarabajos estercoleros. Por lo tanto, tuvimos que extender el tiempo a cuatro días. Esto prolongó el trabajo de campo para SP6 más allá de lo que se anticipaba originalmente y significó reducir el número de visitas planeadas a las parcelas.

Resultados preliminares

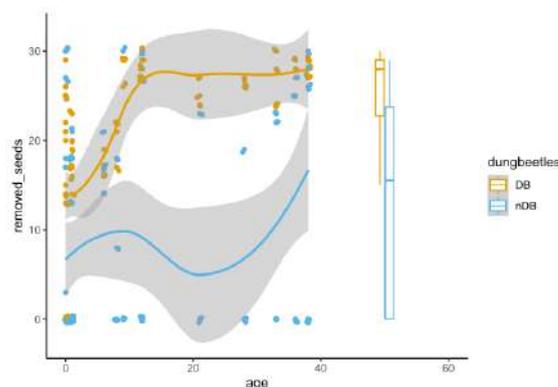


Figura 41: Diagrama de dispersión que muestra la tasa de remoción de semillas (eje y) a lo largo de la cronosecuencia (eje x), con escarabajos estercoleros (EE) y sin escarabajos estercoleros (sEE). Cuando se excluyen los escarabajos estercoleros, se remueven menos semillas, a medida que el bosque se regenera, la remoción de semillas aumenta.

Este año no hemos obtenido muchos resultados nuevos que podamos presentar, pero estamos trabajando en ello. Cuando regresé a Alemania en agosto, comencé a terminar algunos pendientes del año pasado, luego ingresé y limpié la parte de los datos de campo que tenía. Aún falta obtener los datos de Casa del Medio y algunas otras parcelas, ya que esos datos regresaron en un cuaderno con Edith a principios de este mes (diciembre). La tasa de remoción de estiércol es algo en lo que trabajaremos el próximo año. Las fotos en sí mismas no son realmente impresionantes. Sin embargo, al mirar las imágenes de una sola parcela, me fascinó la cantidad de información que hay en estas imágenes. Pude ver un cambio dramático en la comunidad de estiércol desde el anochecer cuando la comunidad está dominada por abejas sin aguijón. Luego hay un cambio cuando llegan los escarabajos estercoleros. Los individuos de *Deltochilum* sp. son posibles de identificar ya que son grandes. Hay varios individuos de estos grandes rodadores nocturnos hasta cerca de las 22:00. Luego, todos los escarabajos estercoleros se van por unos minutos y llegan dos grandes individuos de *Deltochilum* sp. quienes se quedan



Figura 42: Imágenes de la comunidad de estiércol desde las 18:29 hasta la 1:17 del día siguiente. A) Una imagen del estiércol con abejas sin aguijón que estuvieron presentes desde las 18:29 hasta las 18:56. B) Imagen del pico de abundancia de los grandes escarabajos *Deltochilum* sp. Hacen muchas bolas y las ruedan lejos. C) Imagen de dos *Deltochilum* sp. que llegan después de que los demás se han ido, estos dos permanecen durante más de tres horas.

en el estiércol hasta después de la medianoche, no hacen bolas, pero pasan mucho tiempo juntos en el estiércol. Si este es un patrón común, podría indicar que los escarabajos primero llegan y forman bolas para su descendencia y más tarde vuelven para alimentarse. Este tipo de datos

podrían ayudarnos a comprender mejor las ventanas de actividad para diferentes escarabajos estercoleros.

La información del experimento con las cuentas de colores de Jan además de permitir comprender mejor qué especies de escarabajos están dispersando qué semillas y la contribución relativa de los rodadores *versus* los excavadores podría ser un método nuevo para futuros estudios.

También tenemos algunos resultados preliminares de este año del experimento de remoción de semillas. Cuando se excluye a los escarabajos estercoleros, la tasa de remoción de semillas en el estiércol es en general mucho menor que cuando los escarabajos estercoleros están presentes (ver Figura 41). Esto apoya la hipótesis de que los escarabajos estercoleros son importantes dispersores secundarios de semillas. Además, la remoción de semillas aumenta a lo largo del cronosecuencia. Aunque dado que los escarabajos estercoleros no pueden volar una distancia mayor a 40 m (límite estándar para establecer la independencia de las trampas [2]), no es sorprendente que parezca no haber un efecto del tratamiento P-REX, donde las distancias entre tratamientos son menores a 40 m, en la remoción de semillas a lo largo del cronosecuencia cuando los escarabajos estercoleros no están excluidos (ver Figura 43). Estoy emocionada de analizar el pequeño conjunto de datos de germinación para ver si obtuvimos datos interesantes sobre las tasas de germinación.

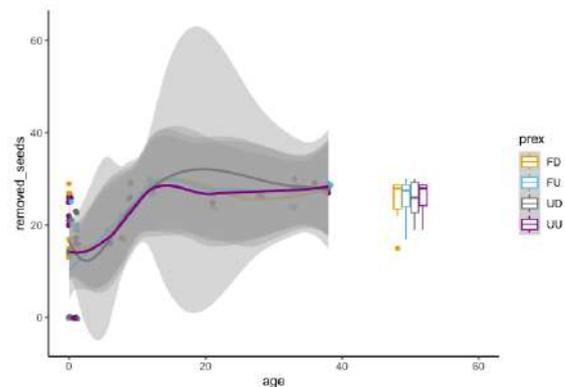


Figura 43: Diagrama de dispersión de la remoción de semillas (eje y) a lo largo de la cronosecuencia (eje x) en todos los tratamientos de P-REX (FD = disturbio cercado, UD = disturbio sin cercar, FU = no disturbio cercado, UU = no disturbio sin cercar). Este gráfico solo incluye datos del tratamiento que permitió el acceso de los escarabajos estercoleros al estiércol. Dado que los escarabajos estercoleros vuelan, no parece probable que haya alguna diferencia entre los tratamientos de P-REX.

Bibliografía

- [1] V. Droissart, L. Azandi, E. R. Onguene, M. Savignac, T. B. Smith, and V. Deblauwe. PICT: A low-cost, modular, open-source camera trap system to study plant–insect interactions. *Methods in Ecology and Evolution*, 12(8):1389–1396, Aug. 2021. ISSN 2041-210X, 2041-210X. doi: 10.1111/2041-210X.13618. URL <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/2041-210X.13618>.
- [2] T. H. Larsen and A. Forsyth. Trap Spacing and Transect Design for Dung Beetle Biodiversity Studies. *Biotropica*, 37(2):322–325, June 2005. ISSN 0006-3606, 1744-7429. doi: 10.1111/j.1744-7429.2005.00042.x. URL <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1744-7429.2005.00042.x>.
- [3] R. Santos and S. Santos. *ESP32-CAM Projects*. Random Nerd Tutorials, Gondomar Portugal, 1.2 edition, na. URL <https://randomnerdtutorials.com/esp32-cam-projects-ebook/>.

SP7: Interacciones entre insectos saproxílicos y las consecuencias para la descomposición de la madera.

Nina Grella, Universität Bayreuth, editado por E. Villa.

Lo que todos deben conocer sobre mi trabajo

El objetivo de investigación de SP7 es estudiar las interacciones entre insectos y la madera muerta, así como la contribución de los insectos a los procesos de descomposición de la madera. Para nuestro estudio de insectos saproxílicos, Ana y yo trabajamos muy de cerca en el campo. Juntas, establecimos experimentos grandes y luego nos centramos en la influencia de diferentes grupos de insectos. Mientras Ana se enfoca en los escarabajos saproxílicos, yo me enfoco en hormigas y termitas. Este año pasamos una temporada en primavera y otra en otoño en el bosque para llevar a cabo nuestros experimentos.



Figura 44: En el experimento WP₃, expusimos trozos de madera muerta de cinco especies de árboles a los insectos saproxílicos en cada parcela. Después de colgarlos en cámaras de emergencia durante cinco meses debajo de la casa de nuestros estudiantes, recolectamos los insectos que emergieron de la madera.

Impresiones desde el campo

Este año, los experimentos se centraron en madera, madera y ¡más madera! En otoño de 2022, perfeccionamos nuestras habilidades para manejar la madera mientras configurábamos nuestro experimento WP₃. El objetivo de este experimento es comprender qué especies colonizan las cinco especies de madera diferentes y qué especies concurren o se excluyen entre sí en las mismas piezas de madera. Para esto, colocamos en cada una de las 62 parcelas una pieza de madera de las siguientes cinco especies de árboles: Guaba, Sapanillo, Cacao, Mascarei y Fernán Sánchez. Después de darles a los insectos seis meses para colonizar la madera, en la primavera de 2023 con la invaluable ayuda de nuestro parabiólogo Holger y su mula, Muñeca, recuperamos todas las piezas en primavera de 2023. En la estación de Canandé, colocamos la madera en cámaras de emergencia que colgamos debajo de la casa en la que vivíamos. Durante cinco meses (hasta el otoño de 2023) colectamos todos los insectos que emergían. El próximo año, mi plan es identificar las especies de hormigas y termitas que se criaron en la madera.

Simultáneamente, recuperamos la madera de nuestro experimento de exclusión de las 32 parcelas P-REX. Para este experimento, llamado

WP₅, colocamos 32 piezas de madera de Guaba en cada parcela. Además de los tratamientos P-REX con disturbios del suelo y cercas que excluyen a grandes mamíferos, agregamos cuatro tratamientos adicionales en cada subparcela para determinar la contribución de diferentes grupos de insectos a la descomposición de la madera muerta. Colocamos la madera en jaulas y bandejas de metal que permitían el acceso de la madera a todos los insectos, solo termitas, solo escarabajos y hormigas, o a ningún insecto en absoluto. La tasa de descomposición de la madera muerta se midió como la pérdida de masa de las piezas de madera. Si bien transportar la madera a la parcela e instalarla en las jaulas fue relativamente fácil con la ayuda de nuestra mula, tomar medidas y mantener el control de 1024 piezas de madera fue la parte más desafiante de nuestro trabajo de campo hasta el momento. La logística del transporte de la madera a la estación, cortarla y tomar varias medidas para estimar el volumen, el peso fresco y el peso seco fue muy desafiante, ya que tuvimos que marcar cada pieza de madera y llevar un registro de las medidas y el tratamiento de la parcela y la posición donde colocamos cada pieza de madera. Como teníamos 1024 piezas de madera, nuestro principal desafío fue mantener una visión general y no confundir las piezas individuales. Sin embargo, nuestro equipo aprendió mucho sobre cómo manejar las entregas, el almacenamiento y el manejo de la madera. En nuestra segunda temporada de campo en este otoño, recuperamos la mitad de las piezas de madera después de pasar 6 meses en el campo y establecimos una rutina eficiente en la medición y manipulación de la madera, aprendiendo de nuestras experiencias en la temporada de campo anterior.

Estoy muy agradecida de que nuestro proyecto recibiera un gran apoyo logístico de campo de los gerentes de la estación de Canandé y el personal de Tesoro Escondido, así como de nuestro parabiólogo Holger quienes ayudaron enormemente para que nuestro desafiante trabajo pudiera llevarse a cabo. El próximo año, en primavera, recuperaremos las piezas de madera de la segunda temporada para medir la tasa de descomposición después de 12 meses.



Figura 45: En el experimento WP₅ colocamos madera de Guaba en las parcelas y excluimos diferentes grupos de insectos para medir su contribución a la descomposición de la madera muerta. Después de seis meses en el bosque, la madera ya estaba colonizada por hongos.

Mi trabajo en Bayreuth

Entre los trabajos de campo, organicé muestras de insectos en Bayreuth, que recolecté en mi primera temporada de campo en 2022. En ese entonces, muestreé hormigas y termitas en madera muerta natural



y en los alrededores. Después de pasar largas horas con mis muestras bajo el microscopio estereoscópico, pude separar 2427 hormigas y 203 termitas que podré determinar a que especie pertenecen utilizando la secuenciación de ADN. Basándome en estos resultados, quiero analizar las comunidades de hormigas y termitas saproxílicas a lo largo del gradiente de regeneración del bosque.

Perspectivas a futuro

En los últimos dos años he pasado mucho tiempo con mi equipo recolectando todo tipo de datos en el campo; y en 2024 finalmente seremos recompensados con muchos datos para analizar. En primavera espero que mis resultados de la secuenciación de ADN de las comunidades de hormigas y termitas que habitan la madera muerta estén listos para analizarlos. Simultáneamente, comenzaré a determinar las especies de insectos que se criaron en las cinco especies de madera. Nuestra última temporada de campo para el proyecto SP7 se llevará a cabo en primavera del próximo año, donde recuperaremos el segundo lote de madera de las parcelas P-REX para obtener información sobre las tasas de descomposición de la madera después de un año en las parcelas. Me espera un año lleno de datos, análisis y ¡tiempo dedicado al microscopio estereoscópico!



Figura 46: *Wasmannia auropunctata* colectado en madera en descomposición

SP7: Madera muerta e insectos saproxílicos

Ana Falconí López, Universität Würzburg



Figura 47: Holger, Ana y Nina de camino a las parcelas

Lo que todos deben conocer sobre mi trabajo

En SP7 investigamos la descomposición de la madera muerta y las interacciones entre insectos saproxílicos, hongos y madera muerta a lo largo del gradiente de recuperación forestal.

Durante el trabajo de campo, Nina y Ana colaboran estrechamente y realizan la mayoría de muestreos y experimentos juntas. Ana se enfoca en los escarabajos saproxílicos y los hongos, mientras que Nina explora insectos sociales como las hormigas y las termitas.

Este año, en nuestro tercer paquete de trabajo (WP3), expusimos troncos de madera de cinco especies de árboles diferentes en cada parcela (62 parcelas) y analizamos las comunidades de hormigas, termitas, escarabajos y hongos que colonizaron la madera muerta. La red de interacción resultante brinda información importante sobre qué especies de insectos y hongos son más importantes en la colonización y descomposición de la madera muerta en las diferentes etapas de recuperación.

Finalmente, en nuestro quinto paquete de trabajo (WP5), queremos medir la contribución de termitas, hormigas, escarabajos y hongos a la descomposición de la madera muerta. Realizamos un experimento de exclusión de insectos en las 32 parcelas de P-REX (tratamientos de P-REX con disturbio del suelo y cercas que excluyen a grandes mamíferos) y mediremos la contribución de los taxones individuales dependiendo de la edad del bosque, el disturbio y la exclusión de grandes mamíferos.

Con estos experimentos, queremos identificar y analizar las relaciones entre especies, rasgos funcionales y contribución a la descomposición de la madera muerta de insectos saproxílicos y hongos en las diferentes etapas de regeneración forestal.

Impresiones desde el campo

Este año, nuestro SP tuvo dos campañas de campo (Figura 1). La primera se llevó a cabo de febrero a abril y la segunda desde mediados de agosto hasta octubre. Durante estas campañas, trabajamos con mucha madera; 310 de las cámaras de emergencia (WP3) y 1024 del experimento de exclusión (WP5).

El año pasado colocamos un trozo de madera de cada especie de árbol (Sapanillo, Cacao, Guaba, Fernán Sanchez y Mascarei) en cada una de las 62 parcelas. Dejamos las cinco especies de árboles durante seis meses para permitir que los insectos las colonizaran. Luego, en la primavera de 2023, retiramos cuidadosamente la madera (Figura 2) y la llevamos al

Chocólab en Canandé. Primero tomamos muestras para hongos en el laboratorio y luego las colgamos en las cámaras de emergencia debajo de la casa de estudiantes en la que vivíamos (Figura 3). Nuestro parabiólogo Holger y su mula nos ayudaron con toda la logística.



Figura 48: Experimento de WP3; retiramos cinco trozos de madera muerta expuesta de diferentes especies de árboles en cada parcela después de seis meses.

Para nuestro experimento de exclusión (WP5), antes de ir al campo tuvimos que realizar mucho trabajo preparando la madera, ya que teníamos que tomar varias medidas (longitud, diámetro, peso) y marcarlas antes de llevar las 1024 piezas de madera de Guaba al campo; hicimos una tabla con todos estos datos antes de colocar la madera en el campo (Figura 4).



Figura 49: Experimento del WP3; casa de estudiantes, cámaras de emergencia y Holger

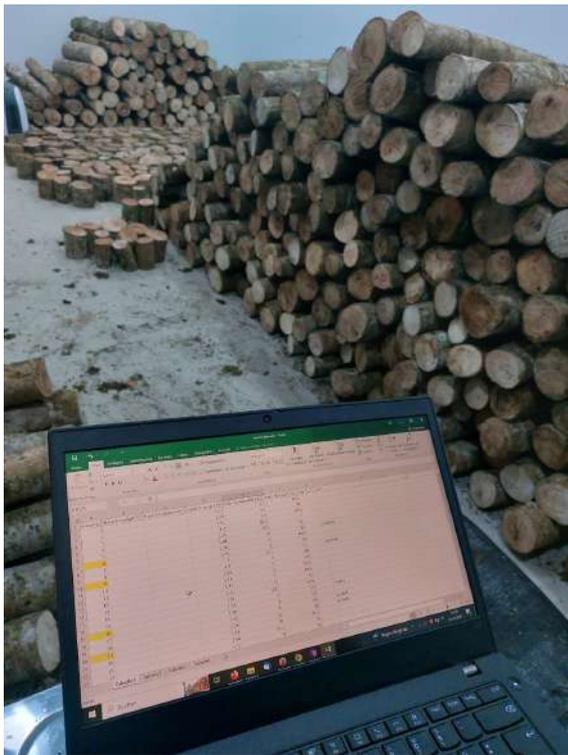


Figura 50: Experimento del WP5: procesamiento de la madera antes de colocarla en las parcelas (mediciones y datos)

Mientras retirábamos las cinco piezas de madera de cada parcela (WP3), implementamos nuestro experimento de exclusión (WP5), que implicaba colocar 32 piezas de madera (Guaba) en cada parcela P-REX (32 parcelas). Para el experimento de exclusión, colocamos tres jaulas diferentes y bandejas de metal que permiten el acceso de todos los insectos a la madera (madera sin jaula ni bandeja), solo a las termitas (madera en una jaula con agujeros grandes en la parte inferior y bandeja con agujeros grandes), a los escarabajos y hormigas solamente (madera en una jaula con agujeros grandes en los lados y en la parte superior, bandeja sin agujeros), o a ningún insecto en absoluto (madera en una jaula sin agujeros grandes, bandeja sin agujeros) para cada tratamiento adicional en cada subparcela, para determinar la contribución de diferentes grupos de insectos a la descomposición de la madera muerta (Figura 5).



Figura 51: Experimento de exclusión del WP5: dos piezas de madera en tres jaulas diferentes y sin jaula

En nuestra segunda temporada de campo en otoño, retiramos la mitad de las maderas después de que estuvieran 6 meses en el campo

(Figura 6). Esta vez fuimos más eficientes al tomar las medidas que en el trabajo de campo anterior.

Procesar las maderas antes de dejarlas en el campo y procesarlas cuando fueron retiradas después de seis meses, fue todo un desafío. Esta fue la parte más difícil del trabajo porque tuvimos que organizar la entrega de la madera, tuvimos que cortar la madera, tuvimos que tomar las medidas y tuvimos que identificar qué madera marcada va a qué parcela, a qué tratamiento y a qué tipo de jaula. Pero con el apoyo de los administradores de la estación, Katrin y Julio, nuestro increíble parabiólogo Holger y Yadira de Tesoro Escondido, pudimos hacer todo a tiempo y sin problemas.

El próximo año en primavera retiraremos la segunda réplica de maderas para medir la tasa de descomposición después de 12 meses.



Figura 52: Experimento de WP5: después de seis meses en una de las jaulas (jaula sin agujeros grandes, ni agujeros en la bandeja), solo podemos ver hongos.

Trabajo de laboratorio

Después del trabajo de campo, pude identificar mis escarabajos de las cámaras de emergencia (WP3). Pasé la mayor parte del tiempo en el laboratorio de Udlá organizando mis muestras de insectos. Identifiqué 50 morfoespecies de escarabajos; sigo avanzando con mi catálogo de escarabajos y mis bases de datos (Figuras 7-8).

Perspectivas a futuro

El próximo año planeamos realizar la última campaña de campo en Canandé y Tesoro Escondido. Debemos retirar el segundo lote de maderas de las parcelas P-REX para obtener información sobre las tasas de descomposición de la madera después de un año en las 32 parcelas.

Además de todos los datos recopilados en estos dos años de trabajo de campo, recibiré los resultados de la secuenciación de códigos de barras para continuar con el análisis de las muestras de escarabajos y hongos.

También, en 2024, tendremos dos talleres, el primero está planeado en Alemania (enero) y el segundo está planeado en Ecuador (marzo).



El próximo año tendré bastante información para procesar, mucho trabajo de laboratorio, avances de mis artículos y dos talleres increíbles.



Figura 53: En la UDLA trabajando con las muestras de escarabajos capturados con las cámaras de emergencia

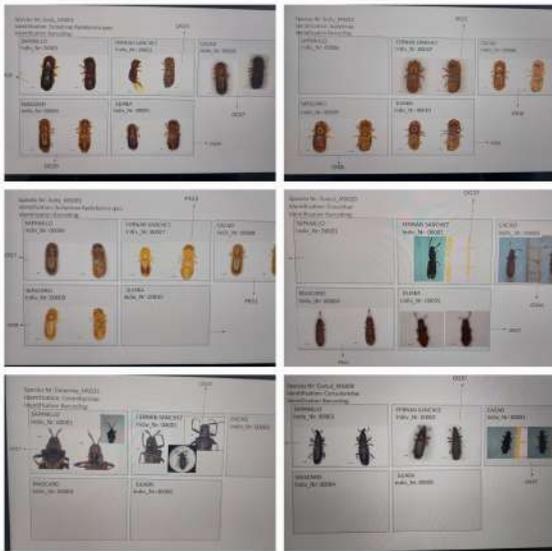


Figura 54: Catálogo de escarabajos

SP X - Los monos arañas y la dispersión de semillas

Malika Gottstein, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, editado por W. Castillo.

Antecedentes

En las selvas tropicales, los vertebrados de gran tamaño son particularmente importantes como dispersores de semillas. Esto se debe a que las especies de árboles tropicales a menudo producen semillas grandes para facilitar la supervivencia de las plántulas en condiciones de poca luz [1]. Los monos araña son los frugívoros arbóreos más grandes del Chocó y están altamente especializados en el consumo de frutas maduras, incluidas semillas grandes que generalmente no pueden ser dispersadas por otros frugívoros [2]. Además, esta especie de monos tiene un papel destacado en eventos de dispersión a larga distancia, ya que ocupa grandes áreas de hogar y tiene una longitud de viaje diario mayor que otros mamíferos arbóreos [3]. Los monos araña que habitan nuestro sitio de estudio, en el Chocó ecuatoriano, pertenecen a la subespecie *Ateles fusciceps fusciceps* (mono araña de cabeza café), de los cuales solo unos pocos cientos de individuos permanecen en estado salvaje [4, 5, 6, 7].



Figura 55: Semillas de *Pouteria sp.* dispersada previamente por monos arañas.

Quiénes somos

El proyecto fue planificado por Malika Gottstein, Katrin Heer (Universidad Albert-Ludwigs de Friburgo), Eckhard W. Heymann (Centro Alemán de Primates) y Citlalli Morelos-Juárez (Fundación Tesoro Escondido). El trabajo de campo fue realizado por Malika Gottstein, Patricio Encarnación y Ariel Villigua (parabiólogos de Tesoro Escondido).



Figura 56: Equipo de trabajo en la Reserva Tesoro Escondido.

Objetivos

Nuestro objetivo es evaluar el papel que desempeñan los monos araña en la dispersión de semillas en nuestro sitio de estudio. Queremos saber cuánto se desplazan los monos araña, qué semillas consumen y dispersan, y cómo impactan en la diversidad genética de las especies de árboles que dispersan.

Planes vs realidad

El plan inicial era trabajar en el bosque no perturbado de la reserva Tesoro Escondido y en las áreas de tala selectiva pertenecientes a la empresa Verde Canandé. A pesar de que realizamos una excursión de una semana en las áreas de dicha empresa, donde recopilamos material para análisis genético, nos centraremos en Tesoro Escondido. Esto se debe a que la comunicación con las empresas madereras, así como el acceso a las áreas de su actividad económica, resultó ser un trabajo muy complicado y demandante de mucho tiempo. De igual manera, en la reserva Tesoro Escondido, nos hubiera gustado seguir a los grupos de monos araña durante todo el día, desafortunadamente, las empinadas pendientes y el terreno accidentado lo hicieron muy complicado.

Métodos

A partir de marzo del año 2023, pasamos seis meses en el campo. La mayor parte del tiempo en la reserva Tesoro Escondido. En este lugar recorrimos transectos, principalmente los senderos A y Cordillera, para buscar grupos de monos araña. Cuando localizamos un grupo, los seguimos durante el mayor tiempo posible. Tomamos datos sobre la composición y el movimiento del grupo, marcamos los árboles de alimentación y recolectamos muestras fecales. Adicionalmente, recopilamos muestras genéticas de tres especies de árboles consumidas con frecuencia por los monos araña (*Brosimum utile*, *Pourouma guianensis*, *Hortia brasiliensis*) y colocamos cámaras trampa en el suelo para identificar otros posibles agentes dispersores de semillas. Finalmente, realizamos

experimentos de germinación para evaluar el impacto del paso por el tracto digestivo de los monos araña en las semillas.



Figura 57: Semillas colectadas de las heces de mono araña.

Primeros resultados

Durante 148 horas de contacto en 63 días, registramos 330 eventos de alimentación en 82 especies de plantas de 33 familias. El 73 % de los eventos de alimentación involucraron frutos maduros en los cuales los monos araña ingirieron semillas. Colectamos 283 muestras fecales que contenían semillas de 60 especies morfológicas. Además, realizamos experimentos de germinación utilizando 221 semillas de 9 especies de plantas consumidas regularmente por los monos araña. Las semillas recolectadas de las heces mostraron una tasa de germinación más alta (64 %) que las semillas recolectadas directamente de frutos maduros (29 %). Así también, observamos personalmente 29 eventos de dispersión. De entre los cuales, pudimos asignar claramente el árbol madre de las semillas encontradas en las heces de los monos araña. Dichas semillas fueron depositadas a distancias de 3 a 665 metros del árbol madre (media = 221 m, mediana = 230 m).

Perspectivas a futuro

Los siguientes pasos serán completar y analizar el conjunto de datos de referencia de los monos araña. Incluidos los datos sobre la composición y el movimiento de los grupos. Para terminar el conjunto de datos ecológicos, aún necesitamos identificar alrededor de la mitad de las especies morfológicas de semillas encontradas en las heces de los monos araña. Comenzaremos el trabajo de laboratorio a principios del próximo año. Utilizaremos las muestras genéticas recopiladas en el campo para determinar medidas de diversidad genética para los sitios de muestreo. Finalmente, emplearemos la estructura genética espacial como una medida indirecta de las distancias de dispersión.

Bibliografía

- [1] M. M. Vidal, M. M. Pires, and P. R. Guimarães. Large vertebrates as the missing components of seed-dispersal networks. *Biological Conservation*, 163:42–48, July 2013.
- [2] J. L. Dew. Spider monkeys as seed dispersers. In *Spider monkeys: Behavior, ecology and evolution of the genus Ateles*, pages 155–182. na, 2008.
- [3] R. B. Wallace. Factors influencing spider monkey habitat use and ranging patterns. In *Spider monkeys: Behavior, ecology and evolution of the genus Ateles*, pages 138–154. na, 2008.
- [4] L. Cervera and D. M. Griffith. New population and range extension of the critically endangered Ecuadorian brown-headed spider monkey (*Ateles fusciceps fusciceps*) in western Ecuador. *Tropical Conservation Science*, 9(1):167–177, March 2016. Publisher: SAGE Publications Inc.
- [5] P. Moscoso. *Estado poblacional del mono araña de cabeza café (Ateles fusciceps) en el noroccidente del Ecuador, con notas ecológicas de una relación interespecífica con Alouatta palliata*. PhD thesis, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2010.
- [6] D. Tirira. *Guía de campo de los mamíferos del Ecuador*. Publicación especial sobre los mamíferos del Ecuador 6. Ediciones Murciélagos Blanco, Quito, March 2007.
- [7] D. Tirira. *Libro Rojo de los Mamíferos del Ecuador (Red Book of Mammals of Ecuador) – 2011 | Regional Red List*. Fundación Mamíferos y Conservación, Quito, 2011.



Aviso legal

Este es un producto de la Unidad de Investigación 5207 de la DFG, Reassembly of Species Interaction Networks. Para mayor información consulte <https://www.reassembly.de/> o contacte a info@reassembly.de.

El boletín es una versión traducida del original publicado en inglés en diciembre 2023. La traducción fue realizada con el programa ChatGTP y editada por los propios autores o como se indica en el texto. Edición general: C. Dormann y Edith Villa Galaviz.

El contenido está protegido por el copyright de DFG para el proyecto 5207. Todas las fotografías están sujetas a los derechos de autor de los autores, o, en su caso, de la unidad de investigación.

El boletín se diseñó en L^AT_EX, utilizando el código abierto Egenolff-Berner Garamond de Georg Duffner. (<http://www.georgduffner.at/ebgaramond/>). Contacte a REASSEMBLY para solicitar una plantilla.



Foto realizada por CFD