



Reensamblaje de redes de interacción de especies – Resistencia, resiliencia y recuperación funcional de un ecosistema de selva tropical (DFG Research Unit FOR 5207)

#3, 2024

Contents

Columna del portavoz del proyecto	1
CM: Donde la administración y la ciencia se conectan	4
MC: Árboles, genética y permisos	7
SP 1: Modelando el ensamblaje de redes ecológicas	10
SP 1: Dinámica de redes bipartitas ponderadas	12
SP 2: Artrópodos de la hojarasca y descomposición	15
SP 2: Redes tróficas y defensas de alcaloides - ranas y fauna de hojarasca	17
SP 3: Polinizadores diurnos y nocturnos	19
SP 4: Dispersión de semillas por aves frugívoras, murciélagos y roedores	21
SP 4: Murciélagos y dispersión de semillas	23
SP 5: Interacciones plántula de árbol-herbívoro	25
SP 6: Escarabajos peloteros	27
SP 7a: Madera muerta e insectos saproxílicos	30
SP 7b: Madera muerta e insectos saproxílicos	32
SPX: Monos araña y dispersión de semillas	35

I Columna del portavoz del proyecto

Nico Blüthgen, TU Darmstadt

¡Qué proyecto!

Nuestros anteriores **Boletines de Reassembly** documentan nuestra fase de descubrimiento, llena de nuevas impresiones en el bosque, seguida de reflexiones y nuevos conocimientos a partir del análisis de nuestros resultados. Durante el tercer año, el trabajo de campo fue mucho menos pronunciado y luego se desvaneció para varios de nosotros. Las plántulas se convirtieron en árboles jóvenes y ahora son árboles tropicales bastante grandes que están produciendo frutos. Un punto culminante durante 2024 fue el simposio en la Universidad de las Américas (UDLA) en Quito, donde Reassembly se conectó con la comunidad científica en Ecuador, organizado por María-José Endara y Juan Guevara Andino (Fig. 1). Tuvimos charlas magistrales muy inspiradoras de nuestros famosos asesores del proyecto Robin Chazdon, Rob Colwell y Lou Jost, y grandes discusiones con ellos y muchos científicos ecuatorianos. El simposio y un taller posterior en una estación de Maquipucuna en el bosque nuboso mostraron un gran interés entre los jóvenes investigadores en Ecuador para conectarse y colaborar con Reassembly. Y nuestras caminatas por el bosque de Canandé y las discusiones en el laboratorio de Chocó con Robin y Rob dejaron un impacto duradero y ayudaron a consolidar algunas de las ideas para el futuro de nuestro proyecto. Las ideas sobre el papel de los árboles remanentes se estimularon durante estas caminatas, y Robin nos enseñó cómo algunas especies

raras de palmeras y sus formas de vida indican la historia de estos bosques.

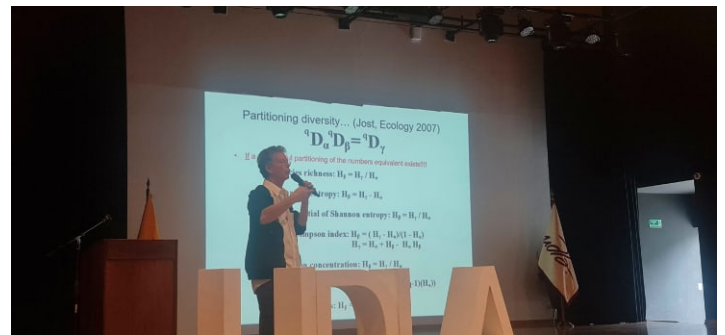


Figura 1: Lou Jost dando su charla durante el seminario sobre "Dinámicas de resiliencia, resistencia y recuperación funcional de ecosistemas tropicales, en la Universidad de las Américas en Quito, marzo de 2024. Foto cortesía de M.J. Endara.

La preparación de nuestra propuesta de seguimiento para una segunda fase de nuestra Unidad de Investigación comenzó a principios de este año y se aceleró desde entonces. Todos hemos reflexionado sobre lo que hemos aprendido de la fase en curso hasta ahora, y hemos compilado nuestras principales ideas para el enfoque de investigación en la próxima fase. Continuaremos trabajando en las parcelas de la cronosecuencia, y casi todos los líderes de proyecto seguirán involucrados. Monitorear las mismas parcelas después de aproximadamente cuatro años revelará información importante sobre cómo nuestros modelos a través del espacio (edad de sucesión) coinciden con las verdaderas dinámicas en el tiempo. Además, nos centraremos en redes de múltiples capas basadas en árboles en bosques secundarios que se regeneran a partir de pastizales, el papel de los árboles remanentes, la variación microclimática y otros impulsores de la variación espacial en la recuperación del bosque, particularmente durante la etapa temprana. Algunas impresiones están incluidas en el informe de Edith a continuación, quien está muy comprometida en la preparación de las nuevas plantaciones de árboles que son un elemento central de las redes de múltiples capas. Hay muchas ideas y hipótesis emocionantes por probar, pero no las revelaré todas (y todos los demás secretos) en el Boletín, por supuesto :) Otra persona clave ha dejado recientemente Reassembly para dar su próximo paso en su carrera: nuestra gerente de estación Katrin Krauth. Estamos agradecidos por su exitoso trabajo, entusiasmo personal, esfuerzo, paciencia y manejo empático de las personas. Julio, que ya trabajaba en el laboratorio de Chocó, ha asumido el puesto de gerente de estación, y estamos contentos de que comprometa su valiosa experiencia. Aunque habría numerosas cosas que agregar, me gustaría ceder el resto de mi columna de portavoz a Martin, el otro "padre" de nuestra Unidad de Investigación y CEO de Fundación Jocotoco. Sin Martin, Reassembly no existiría. Es su experiencia como biólogo y conservacionista dedicado, y es su éxito sobresaliente y el de

Jocotoco en establecer una red tan grande y relevante de reservas naturales, lo que hizo que todo esto fuera posible. Qué privilegio trabajar con Jocotoco, donde la conservación de la naturaleza impulsada científicamente se pone en práctica de manera tan efectiva y también está tan bien integrada en las comunidades locales. Así que escuchemos lo que Martin piensa sobre cómo está creciendo "nuestro niño".



Figura 2: Vista del bosque alrededor de las "Cabañas" en Canandé.

Fundación Jocotoco

Martin Schaefer

Es bueno reflexionar sobre Reassembly ahora, ya que el trabajo de campo intensivo de los estudiantes de doctorado ha llegado a su fin mientras Edith, Bryan y otros preparan, literalmente, el terreno para la próxima fase de Reassembly. ¿Qué hemos logrado? En primer lugar, Reassembly ha sido un éxito rotundo. Esto se debe principalmente a su arduo trabajo, los estudiantes de doctorado, durante largos días y noches en senderos fangosos. En segundo lugar, también se debe en gran parte a nuestro portavoz, Nico, quien hizo un trabajo fantástico al guiarnos y, a veces, empujarnos hacia un marco común, mitigando los pequeños conflictos aquí y allá. No hubo muchos conflictos de este tipo, a pesar de que somos un grupo diverso que proviene de culturas y perspectivas distintas. Nuevamente, un éxito, en gran parte debido a la larga historia que muchos de nosotros compartimos. En tercer lugar, un equipo dedicado en Jocotoco hizo un trabajo sobresaliente al construir el laboratorio de Chocó en tiempo récord bajo las circunstancias desafiantes de una pandemia global en un rincón remoto del Chocó, un gran agradecimiento a Adela Espinosa, Santiago Arroyo y los arquitectos involucrados. En cuarto lugar, la selección de parcelas fue perfecta;

inicialmente fue realizada por Nico, Karsten Mody y yo, basándonos en la información de nuestros guardaparques, y luego completada por Nico y Connie. Poco sabíamos sobre la recuperación del bosque en ese momento. El ingrediente clave para el diseño convincente y completo fue integrar el conocimiento local (guardaparques) con el de los ecólogos tropicales. Por eso estoy agradecido por el trabajo de todos ustedes y de los parabiólogos y guardaparques de Jocotoco. Los productos de nuestro éxito conjunto ahora se están volviendo cada vez más visibles, ya que se circulan nuevos manuscritos cada mes. Esto es considerablemente más de lo que la mayoría de las unidades de investigación logran dentro de sus primeros tres años.

Por supuesto, y a pesar del flujo constante de manuscritos, nuestra comprensión del ecosistema de la selva tropical del Chocó sigue siendo limitada después de tres años. Comenzamos a observar patrones; los procesos subyacentes aún necesitan ser descubiertos y cuantificados. Sin embargo, es notable cuán consistente y completa ha sido la recuperación del ecosistema forestal a través de los taxones y en un máximo de tres décadas. Sin duda, ya es una de las contribuciones clave de Reassembly al debate global en la década de la ONU sobre la restauración.

El mensaje es claro y simple: la naturaleza se cura rápidamente. Si solo permitimos que se recupere y si hay suficiente bosque a nivel de paisaje para que la recuperación sea completa y consistente. Dos grandes "sí" que a menudo no se cumplen, no en el Chocó, no en otras partes del mundo. Que la naturaleza se cure rápidamente es un mensaje importante ahora y será cada vez más importante en los próximos años, ya que veremos un fuerte retroceso de las regulaciones y protecciones ambientales, no solo en los EE. UU., sino también aquí en Europa: el retraso en la promulgación de las regulaciones de la UE sobre la reducción de la deforestación a lo largo de las cadenas de suministro es un buen indicador de lo que está por venir. Para explicar por qué el mensaje de que la naturaleza puede curarse rápidamente es importante, veamos el panorama general. Décadas de destrucción ambiental desenfrenada ahora resultan en que los humanos destruyan las mismas bases naturales de las que dependen nuestras culturas, economías y bienestar. En una era en la que tenemos más datos que nunca antes, podríamos aprender del pasado, pero elegimos no hacerlo. Cada vez más evidencia apunta a que los imperios sumerios, romanos, mayas y muchos otros desaparecieron debido a la sobreexplotación de sus recursos naturales. Colectivamente, sabemos esto y, sin embargo, no actuamos. Cincuenta años después de la publicación seminal del Club de Roma y más de 30 años después de la Cumbre de la Tierra en Río, las COP (clima y biodiversidad) repetidamente no logran cumplir con los objetivos globales. El mensaje es claro: los gobiernos no nos salvarán, ni tampoco los tratados internacionales. El aclamado Acuerdo de París tenía la intención de limitar el calentamiento global a 1.5°C por encima de los niveles preindustriales. Sin embargo, 2024 ha sido el primer año en que superamos el umbral de 1.5°C, con una probabilidad muy alta de que vuelva a suceder en los próximos cuatro años. Del mismo modo, ninguno de los ambiciosos objetivos de Aichi para salvar la diversidad de la vida se cumplió hace años. Y, sin embargo, como han demostrado, la naturaleza puede curarse rápidamente.

La pregunta que debemos hacernos aquí no es cómo reconciliar la falta de acción global con la capacidad de la naturaleza para curarse, ya que ninguno de nosotros tiene un mandato global. Más bien, la pregunta es ¿qué podemos lograr colectivamente? A menudo me han preguntado, incluidos algunos de ustedes, ¿cuáles son los beneficios de Reassembly para Jocotoco? Aunque sus datos no influyen en nuestras decisiones de gestión, los beneficios son muchos. La cuantificación del retorno de la biodiversidad es quizás el beneficio más importante. ¿Por qué? Porque el sector de la conservación es inherentemente débil, confiando en la narración de historias, a menudo una especie paraguas como

abreviatura de un ecosistema (bien conocido por las campañas de WWF en las décadas de 1980-1990), y objetivos normativos que, a veces, están mal fundamentados. Rara vez podemos proporcionar una respuesta cuantitativa a lo que logramos. Ni siquiera a nuestros donantes. Todos ustedes nos ayudan a hacer eso.



Figura 3: Miembros de Canandé asistiendo a un taller en Quito. De izquierda a derecha: Holger, Miguel Ángel, Bryan, Katrin, Melanie, Leo y Julio. Foto cortesía: Chocólab.

Otro beneficio claro es el monitoreo rápido de la biodiversidad que Jörg comenzó, y que Jocotoco implementó en otras reservas y fuera de ellas. Mientras nos acostumbramos a las aplicaciones impulsadas por IA que nos permiten identificar plantas y animales en el hemisferio norte, tales aplicaciones aún no existen en los trópicos. No es tanto el número de especies lo que es desafiante, sino más bien el conocimiento limitado sobre sus sonidos y fenotipos lo que impide un progreso rápido. Gracias a los incansables esfuerzos iniciales del pequeño "ejército" de Jörg en octubre de 2021, Jocotoco ha invertido mucho en el monitoreo de la biodiversidad y ahora está a la vanguardia de un movimiento global. El Banco Mundial, el Banco Central Europeo y otros bancos ahora están escuchando a Jocotoco que el monitoreo de la biodiversidad basado en IA es posible, no es caro y proporciona datos incluso en los trópicos. Por supuesto, los mercados financieros no cambiarán de la noche a la mañana. Sin embargo, la biodiversidad ahora es un tema que los bancos están tomando en serio. Puede agregar que es demasiado poco y demasiado tarde. Ese no es el punto. Ni Reassembly ni Jocotoco pueden influir en los bancos; no es lo que nos propusimos hacer. Sin embargo, si podemos contribuir a una amalgama de ciencia y conservación que ilumine el camino, ya es mucho. Esta es la belleza de Reassembly y Jocotoco.

Tu trabajo importa. Importa porque contribuye a construir un futuro mejor, y ayuda a cuantificar ese camino. Dado que la naturaleza puede curarse rápidamente, cada uno de nosotros puede tener un impacto tremendo. Ese impacto es visible. La Reserva Canandé se triplicó en tamaño desde el inicio de Reassembly. Los bosques del Chocó que todos ustedes recorrieron seguirán floreciendo, permitiendo miríadas de interacciones en la red de la vida.

¿Qué queda por hacer y qué podría haberse hecho de manera diferente?

Deberíamos haber tenido la maravillosa visita de Robin Chazdon temprano y no en medio del proyecto. Su conocimiento es impresionante; es una lástima que pocos estudiantes pudieran acompañarla en los senderos. Confortantemente, Robin confirmó la selección de parcelas. Ella agudizó nuestra visión sobre la formación de copas de árboles y su información inherente sobre las condiciones pasadas, así como sobre la edad de las palmas del sotobosque. Palmas atrofiadas, de menos de 2 m de altura pero con un siglo de antigüedad, son testimonio de una historia de cobertura forestal, mientras que los artefactos en el suelo cuentan la historia de los humanos que vivieron dentro del entorno forestal. La misma resiliencia de la selva tropical del Chocó hace que sea difícil reconstruir esta historia. En retrospectiva, debería haberme preparado mejor para la primera temporada de campo completa a principios de enero de 2022. Con la rotación (Adriana mudándose a Tesoro), Katrin siendo nueva y altos niveles de estrés y expectativas dentro de los subproyectos, era quizás de esperar que algunos conflictos estallaran en ese momento. En una reunión posterior en Darmstadt, Nico y yo encontramos rápidamente un terreno común. Katrin creció rápidamente en su rol y es muy extrañada. No hemos tenido mucho éxito en atraer a otros para estudiar los bosques y sus habitantes en el laboratorio de Chocó. El taller en marzo de 2024 proporcionó una oportunidad para que los investigadores ecuatorianos visitaran el laboratorio que pocos aprovecharon. Se necesita hacer más. Las famosas, pero elusivas síntesis de Reassembly serán particularmente importantes para colocar nuestros hallazgos en un contexto más amplio. Idealmente, también necesita surgir una conexión más fuerte entre los resultados de campo y la teoría.



Figura 4: Configuración del experimento P-REX en 2022. Foto cortesía de Chocólab.

Traducir los hallazgos de Reassembly a un contexto más amplio sigue siendo una tarea pendiente. Para que eso sea exitoso, ayuda a visualizar audiencias distintas. La comunidad científica más amplia que realmente lee las síntesis, pero también la audiencia regional o global de practicantes que influyen en los cambios de uso de la tierra con sus decisiones diarias. Incluso los actores bien intencionados, como las ONG, carecen de una comprensión cuantitativa de los procesos y las consecuencias. Analizar los procesos subyacentes de la recuperación del bosque a través de múltiples niveles tróficos, mientras se desentrañan los efectos espaciales y temporales en la fase II, es un objetivo muy útil. En conclusión, Reassembly ha sido un éxito maravilloso, precisamente porque mide lo que podemos lograr colectivamente si simplemente decidimos proteger los ecosistemas, la misma naturaleza de la que dependen nuestra comida, agua y bienestar espiritual.

SP: Módulo de Coordinación

Edith Villa Galaviz, TU Darmstadt

Hacia un estado de clímax

En mi contribución del año pasado, describí mis desafíos como la nueva coordinadora científica. Este rol es complejo; aunque muchas responsabilidades dependen de mí, mi progreso también depende en gran medida del aporte y la cooperación de otros. Esta interdependencia a veces ralentiza las cosas más de lo que la gente podría esperar. Las responsabilidades del CM, gestionadas a través de la coordinadora científica, pueden parecer sencillas. Sin embargo, sin experiencia administrativa, es fácil pasar por alto el esfuerzo detrás. Muchas tareas complejas se esconden detrás de aquellas que parecen simples. Tomemos, por ejemplo, la frase: "Fui a la playa para las vacaciones", esas pocas palabras ocultan una gran esfuerzo logístico, como ahorrar dinero, decidir un destino, fijar fechas de viaje, encontrar alojamientos asequibles, comprar suministros y, a menudo, coordinar con otros. Esta planificación puede llevar días o incluso semanas. De manera similar, la sección de una página y media sobre las tareas de la coordinadora científica en el conocido "Libro de Reassembly" no captura las innumerables horas de trabajo y planificación que implican. A pesar de estos desafíos, poco a poco me estoy volviendo más hábil en equilibrar las tareas administrativas y científicas. De las cuales me gustaría compartir algunos de los pequeños logros en los que estuve, de una forma u otra, involucrada.



Figura 5: De izquierda a derecha: Karen, Edith y Arianna (la maestra detrás de los sonidos del bosque y la degustación de cacao) en el stand de Reassembly para el evento de divulgación "Tag der offenen Tür" de la Universidad Técnica de Darmstadt, en Alemania, septiembre de 2024.

CM en la administración

Escribir cartas, pedir facturas, revisar el presupuesto, reservar hoteles y salas de seminarios, entre otras actividades de las que estoy a cargo, son demasiado aburridas para escribir sobre ellas. Así que, para los aspectos más destacados de la administración, me centraré en las partes más emocionantes de este año. Primero, me complace anunciar que lanzamos el Fondo de Género e Igualdad por primera vez, una iniciativa sugerida por Katrin Heer durante nuestra reunión en septiembre 2023. Este fondo ya ha apoyado tres pequeños proyectos liderados por mujeres ecuatorianas que, sin este apoyo, no habrían podido seguir con su investigación. Este fondo es administrado por el comité directivo, a quienes me gustaría agradecer por su apoyo en esta y otras actividades. En segundo lugar, ayudé a organizar un par de actividades de divulgación y, como de

costumbre, ayudé a organizar las diferentes reuniones que tuvimos en Reassembly.

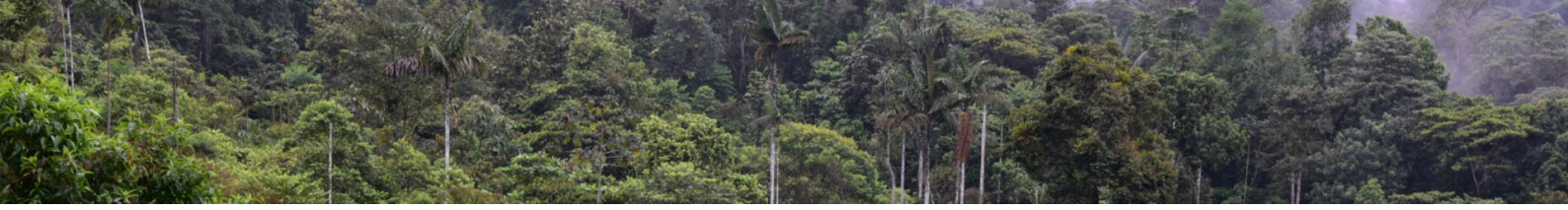


Figura 6: El equipo de Chocólab y los asistentes al evento de divulgación "Casa Abierta" en Candandé, Ecuador, agosto de 2024.

1. Actividades de divulgación en Ecuador y Alemania

Este año, CM compartió la investigación que hacemos en Reassembly en dos actividades de divulgación: "Tag der offenen Tür" en Alemania (Fig. 5) y "Casa Abierta" en Ecuador (Fig. 6). Tag der offenen Tür tuvo lugar en Darmstadt para celebrar el 150 aniversario del Jardín Botánico de la Universidad Técnica de Darmstadt. Reassembly tuvo un puesto donde todos los miembros con sede en Darmstadt hablaron con los visitantes sobre los animales y plantas de Ecuador. Arianna y yo creamos un stand donde los visitantes podían ver y escuchar algunos de los animales del Chocó mientras disfrutaban de una bebida caliente de cacao. Mientras tanto, Nico sorprendió a las mentes experimentadas con una presentación sobre el proyecto Reassembly, y a pesar de su larga experiencia de vida, tuvieron la curiosidad suficiente para visitar nuestro stand después de la charla.

Sin embargo, nuestro mayor logro fue organizar el evento "Casa Abierta" en la Reserva Natural Canandé. El evento fue el primer encuentro entre el proyecto y los habitantes de los pueblos circundantes. La particularidad de este evento es que no tuvo el enfoque estándar de los investigadores explicando su investigación a los locales. En este evento, los parabiólogos y guardaparques, que también son locales, presentaron a sus familias, vecinos y conocidos el trabajo que hacen para el proyecto Reassembly o para la reserva natural. El evento consistió en siete presentaciones en diferentes puntos del laboratorio del Chocólab. Las presentaciones fueron impartidas por cinco parabiólogos, una del gerente



de Chocólab y una de los guardaparques que habían montado un stand sobre la Fundación Jocotoco. Los parabiólogos explicaron las actividades que realizan en los proyectos que apoyan, mientras que la gerente de Chocólab (Katrin) introdujo el proyecto Reassembly, su estructura, importancia y algunos hallazgos. La presentación fue preparada por CM (coordinadora científica) con información proporcionada por SP₂, SP₄, SP₅ y SP₆ y adaptada por el Chocólab. El evento atrajo a unos 60 visitantes de todas las edades y géneros; la gente expresó haber pasado un buen rato, por lo que esperamos repetir esta actividad y tener algunos investigadores en el sitio la próxima vez. Por último, agradezco a Arianna, Karen, Karla, Eva, Santiago y Ana R. por proporcionar información, fotos, videos e ideas para los diferentes eventos y a Chocólab por organizar el evento Casa Abierta. Asimismo, como unidad de investigación, queremos agradecer a la Fundación Jocotoco por apoyar el evento y proporcionar alimentos para los asistentes a través de Jocotours.

2. Reuniones de Reassembly

Una de las responsabilidades clave de la coordinadora científica es organizar reuniones dentro de la Unidad de Investigación, y me complace compartir que ha sido un año productivo en este sentido. Este año, lanzamos las Reuniones Mensuales de Reassembly por primera vez, con el objetivo de proporcionar una actualización regular sobre el progreso dentro de nuestra unidad de investigación; y una plataforma para que aquellos fuera del CM se mantengan informados. Aunque esta iniciativa aún está en proceso, ha fomentado significativamente un sentido de conexión constante, mejorando las dos reuniones anuales que teníamos anteriormente. También, celebramos nuestra reunión anual en persona en enero en Höchst im Odenwald. Esta reunión incluyó un taller sobre escritura científica, que conduje, y un taller estadístico en Darmstadt impartido por Nico y Michael Staab. Y claro en marzo, como mencionó Nico, María José y Juan organizaron un seminario en Quito, Ecuador, el cual los asistentes disfrutaron un montón.

Además de estos seminarios, organizamos dos reuniones en Darmstadt centradas en la planificación de la segunda fase de nuestro proyecto. Para cerrar el año, Karen, Malika, Eva y yo hemos estado organizando una sesión de seminarios para presentar las ponencias de nuestra Unidad de Investigación y proyectos relacionados en la 8ª Conferencia Europea de Ecología Tropical en Ámsterdam. Esta sesión no será el único evento relacionado con Reassembly en la conferencia; en el último día, tendremos un taller sobre género y diversidad titulado "Interseccionalidad: Integrando Acciones de Género en la Academia". El taller contará con Andrea Robles (Particip GmbH), la Dra. Ananya Chakraborty (World Resources Institute) y la Prof. Dra. Sreerupa Sengupta (Goa Institute of Management) como instructoras. Malika, Katrin, Heike, María José y yo hemos estado organizando este evento, y esperamos que sea un paso significativo hacia la promoción de un entorno académico más inclusivo.

CM en la ciencia

El año pasado, instalamos pluviómetros y ahora hemos recopilado un año y medio de datos de Tesoro y Canandé. A pesar de que el año pasado fue un año de El Niño, observamos que Tesoro recibe consistentemente más lluvia anualmente en comparación con Canandé. También nos complace informar que no tuvimos problemas para descargar datos de los iButtons este año. Esta información contribuirá no solo al artículo de descripción del sitio de campo liderado por Sebastian, sino también a un manuscrito que está preparando Felicity sobre los datos ambientales del proyecto Reassembly.

Mientras tanto, he avanzado en la síntesis que lidero. Aunque el proceso ha sido lento debido a las correcciones de datos en curso, soy

optimista de que someteré el artículo durante la primera mitad del próximo año. Entre los nuevos hallazgos, observamos un aumento general en las especies clímax y raras a lo largo de las cronosecuencias y una disminución en las especies pioneras. Si bien esta tendencia se alinea con las expectativas, nuestros resultados no apoyan la hipótesis de disturbio intermedio. Las especies pioneras mostraron una fuerte disminución durante las primeras etapas de regeneración. En contraste, las especies de clímax demostraron un aumento significativo durante las etapas posteriores de regeneración. Esto resulta en que no haya una mayor riqueza de especies en el bosque secundario debido a una superposición de especies pioneras, intermedias y de clímax. Además, muchas especies no prefieren un estado sucesional (es decir, son especies generalistas) (Fig. 7).

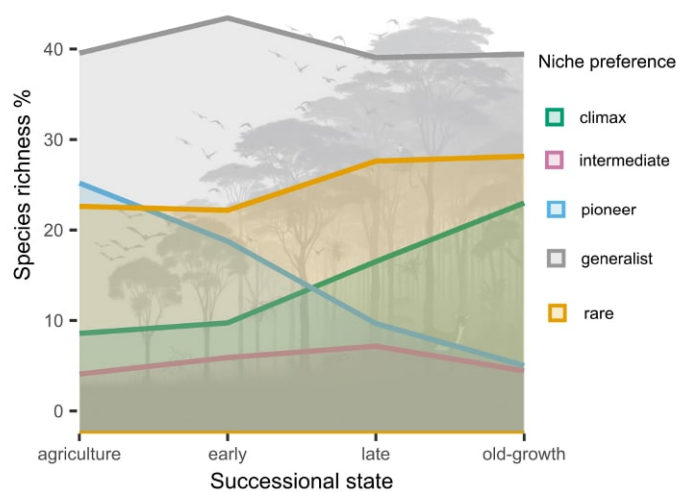


Figura 7: Al agregar todos los conjuntos de datos analizados, considerando que cada uno debe contribuir igualmente a la comunidad total, observamos el aumento esperado en especies de clímax y la disminución de pioneras a medida que los bosques se recuperan.

La segunda fase de Reassembly: estableciendo las nuevas parcelas

Apenas el año pasado aprendí por primera vez sobre las parcelas en el proyecto Reassembly. Es difícil creer que este año regresé para establecer un nuevo conjunto de 25 parcelas, subdivididas en cuatro bloques, para la segunda fase del proyecto. Esta fase implicará la plantación de 16 especies de árboles, cada una representando diferentes etapas de regeneración forestal después del abandono de pastizales. Nuestro enfoque principal está en los pastizales, especialmente aquellos en los primeros años de abandono. En estas áreas, las gramíneas crecen mucho más rápido que las especies forestales, lo que dificulta la supervivencia de las plántulas. Uno de nuestros mayores desafíos al establecer las nuevas parcelas fue eliminar la hierba de una manera mínimamente invasiva pero práctica, considerando el terreno montañoso de Canandé, la disponibilidad de personal y otras actividades en curso en el Chocólab (Fig. 8). Para abordar esto, cubrimos cada bloque de 16m x 6m con láminas de plástico y colocamos 192 tubos para marcar las posiciones de las plantas dentro de cada bloque. El trabajo fue arduo, especialmente bajo el sol intenso, una consecuencia de la sequía que enfrenta actualmente Ecuador. Sin embargo, gracias a los esfuerzos dedicados de Julio, Bryan, Leo, Aníbal, Franklin, Jender y José (los guardaparques que intervinieron cuando estábamos cortos de personal), logramos establecer las nuevas parcelas. Además de algunas de las parcelas "antiguas" de Reassembly, la nueva fase incluye varias parcelas nuevas en la parte sureste de Canandé, en un área conocida como Caserío. Este lugar albergará una nueva estación

de campo, que se completará el próximo año. Una figura clave en esta segunda fase es Fredy, un parabiólogo que ha trabajado anteriormente con Sebastián. Fredy es un experto en identificación de plantas, capaz de reconocer muchas especies de árboles hasta el nivel de especie, y tiene un amplio conocimiento de técnicas de propagación (Fig. 9). Durante los primeros días de este esfuerzo, Sebastián se unió a nosotros para ayudar a crear algunos mapas de los árboles dentro de la parcela para la propuesta. También sugirió especies de árboles adicionales como respaldo en caso de que no pudiéramos encontrar las originales. Además, ayudó con la configuración de las parcelas y tuvo la gran idea de crear "palo regla" (vara de medir) para medir la distancia entre las plantas.



Figura 8: Un par de bloques en una de las nuevas parcelas para la segunda fase. Colocamos láminas de plástico para evitar que la hierba interfiera con la supervivencia de las plántulas. Cada marcador blanco indica la posición de 10 individuos pertenecientes a las 16 especies planificadas para la plantación.

Una dedicación especial a los miembros pasados y actuales del Chocó Lab

Como principal conector entre el Chocó Lab y el resto de la Unidad de Investigación, quiero agradecer a todos los miembros del Chocó Lab. El equipo de la Reserva Tesoro Escondido ha mantenido su apoyo a las diferentes actividades del proyecto Reassembly, y estamos agradecidos con todos sus miembros. Mientras tanto, dentro del equipo en Canandé, estoy feliz de contar con Bryan y Leo, nuestros miembros más antiguos en el Chocó Lab. Bryan siempre ofrece soluciones prácticas, siendo fundamental para mantener el Chocó Lab funcionando este año. Asimismo, Leo se ha convertido en el experto en herpetología entre los parabiólogos, apoyando a todos los herpetólogos de nuestra unidad de investigación sin dejar de ayudar a CM. ¡Estamos agradecidos con ambos!

El Chocó Lab pasó por varios cambios de miembros; Jordi, Jefersson, Jender y Lady dejaron el equipo a principios de este año. Ellos apoyaron enormemente a SP4 y SP5, CM, ¡y les deseamos todo lo mejor! Afortunadamente, Miguel Ángel, quien hizo un gran trabajo trabajando como jornalero, se unió a nuestro equipo en marzo. Este año, el Chocó Lab contó con la ayuda de cuatro fantásticos miembros: Melanie, Holger, Fredy y brevemente Óscar. Melanie y Holger apoyaron a una colaboradora en Reassembly (la profesora Antonia Abels trabajando con Thomas Schmitt), y Fredy, nuestro experto en plantas. ¡Muchas gracias a todos ustedes!

Entre todos los cambios, creo que hablo en nombre de todo el Chocó Lab cuando digo que la salida más difícil fue la de Katrin, la encargada

del Chocó Lab, quien se fue en octubre. Katrin hizo un gran trabajo moldeando lo que ahora es la estructura del Chocó Lab. También se destacó por aportar grandes ideas a CM y otros proyectos. Estamos muy agradecidos con Katrin y sabemos que tendrá éxito en su nuevo camino. Julio, el asistente de la encargada anterior, asumió el cargo de encargado. Vimos el crecimiento de Julio como asistente y no podíamos pensar en alguien mejor. ¡Bienvenido de nuevo!

Para quienes se pregunten por Tarsilo, la mula de Reassembly, ¡está excepcionalmente bien! Ahora vive con Don Vinicio, quien lo cuida muy bien por una tarifa modesta (dinero que Tarsilo devuelve con todo el trabajo que realiza para nosotros). Tarsilo ha gozado de excelente salud durante todo el año, y cualquiera que no lo haya visto notará que se ve más robusto, jeje. ¡Espero que el próximo año le traiga aún más felicidad y buena fortuna!



Figura 9: Algunas de las plantas para la segunda etapa en el invernadero.

SP: Módulo de Coordinación

Sebastián Escobar, Universidad de Las Américas

Lo que todos deberían saber sobre mi trabajo

Soy uno de los dos postdoctorados de la unidad de investigación Reassembly, trabajando con árboles, filogenias, códigos genéticos, entre otros temas. Formo parte del Módulo de Coordinación (MC) y estoy a cargo de generar datos sobre la estructura del bosque, asistir logísticamente a estudiantes e investigadores, ¡y escribir artículos! Estoy empleado en la Universidad de Las Américas (UDLA) en Quito-Ecuador, donde colaboro directamente con la Dra. María José Endara y el Dr. Juan Guevara, y también coordino los procedimientos de laboratorio para análisis genéticos y químicos.

Actividades

1. Inventario de árboles

El inventario de árboles se completó durante 2023, y el trabajo de herbario se "terminó" durante el primer semestre del año actual. Uso comillas porque el trabajo de herbario podría durar años si quisiéramos identificar cada una de las muestras recolectadas a nivel de especie. Sin embargo, para cumplir con los plazos de todas las asignaciones, decidí detener el trabajo de herbario cuando más del 98% de los individuos muestreados fueron identificados a nivel de especie o morfoespecie. El trabajo de herbario debería retomarse más adelante para identificar todos o la mayoría de los individuos muestreados, y describir las posibles nuevas especies encontradas durante el inventario de árboles. Hasta ahora, hemos identificado 7408 de 7542 individuos, representando 539 especies y morfoespecies. Solo quedan 134 individuos por identificar, de los cuales 73 están siendo identificados actualmente mediante un enfoque de códigos genéticos. Esto representa la tesis de investigación en la UDLA del estudiante de pregrado Mateo Bosquez. Está amplificando la región ITS2 de muestras de corteza y madera recolectadas durante el inventario de árboles. Estas muestras se recolectaron porque algunos árboles no tenían hojas durante el muestreo o porque no pudimos observar sus hojas, impidiendo su identificación morfológica. Mateo ya ha generado secuencias de ADN para estas muestras y actualmente está comparando sus resultados con la biblioteca de códigos genéticos de Reassembly para asignarles un nombre de especie. Se espera que estos 73 individuos sean identificados en las próximas semanas, aumentando el número de muestras identificadas durante el inventario de árboles. Además, la estudiante Daniela Fierro defendió su tesis de investigación de pregrado a principios de este año en la UDLA. Modificó un protocolo de extracción de ADN para muestras de madera, que luego fue utilizado por Mateo durante su tesis.

2. Artículo de descripción del sitio

El tan esperado artículo de descripción del sitio se terminó durante el primer trimestre de 2024 y se envió a la revista *Ecosphere* como una Innovación de Punto de Vista en marzo. Después de dos rondas de revisiones y otros retrasos inesperados, el artículo fue aceptado para su publicación en la revista mencionada. Actualmente estamos en las últimas etapas de publicación y esperamos que este artículo esté disponible para el público antes de que finalice el año. Debido a que una versión preliminar del artículo fue enviada como preprint a bioRxiv (<https://doi.org/10.1101/2024.03.21.586145>), ya ha comenzado a acumular citas de estudiantes e investigadores de Reassembly. Hasta ahora, el preprint ha sido citado tres veces y se esperan muchas más citas en los próximos meses y años.

Este artículo describe el diseño experimental de la cronosecuencia de Reassembly y su contexto científico. La cronosecuencia consiste en 62 parcelas (50 x 50 m), incluyendo agricultura activa, bosques en regeneración y bosques maduros. Los principales resultados de este artículo son: 1) El tiempo de regeneración de las parcelas no está correlacionado con la altitud, mostrando que los bosques maduros no necesariamente se encuentran a mayores altitudes en áreas más remotas; 2) Las variables de estructura del bosque y la riqueza de especies de árboles aumentan a lo largo de la cronosecuencia de regeneración forestal, recuperándose completamente al mismo nivel que los bosques maduros en diferentes períodos de tiempo. Variables como el número de tallos, la heterogeneidad vertical de la vegetación y la disponibilidad de luz son las más rápidas en recuperarse después de 30 años.

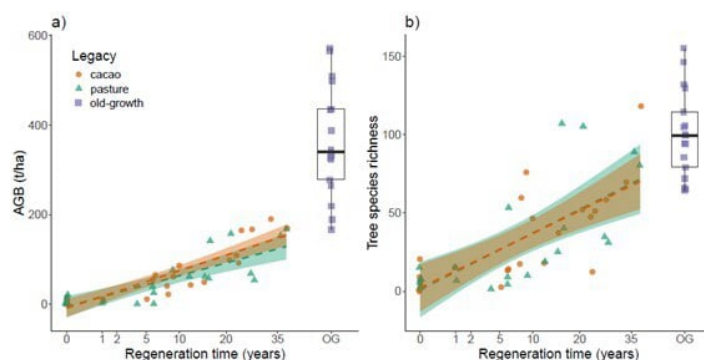
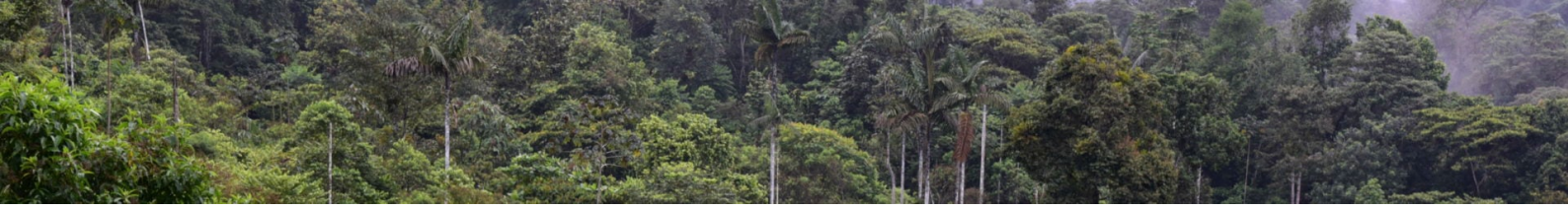


Figura 10: Recuperación de biomasa aérea y riqueza de especies de árboles.

La riqueza de especies de árboles se estima que se recupera después de 76 años, mientras que la biomasa aérea (AGB, por sus siglas en inglés) se recupera después de 206 años (Fig. 10), siendo la variable que toma más tiempo en alcanzar los niveles de los bosques maduros; 3) Los modelos lineales muestran que el tiempo de regeneración es el principal factor que impulsa la recuperación de las variables de estructura del bosque y la riqueza de especies de árboles. Otras variables explicativas como la altitud, la precipitación y la composición del suelo mostraron casi ningún efecto en la recuperación; 4) Variables como AGB, área basal y el diámetro máximo a la altura del pecho (DBH) muestran baja capacidad de resiliencia y resistencia (Fig. 11), lo que explica su largo tiempo estimado de regeneración. Por otro lado, variables como el número de tallos o la disponibilidad de luz muestran alta capacidad de resiliencia o resistencia, contribuyendo a una recuperación relativamente rápida.

3. Artículo de síntesis filogenética

Después de finalizar y enviar el artículo de descripción del sitio, comencé a trabajar en un artículo de síntesis que utiliza los datos comunitarios de árboles y animales. Un primer borrador de este artículo ya ha sido producido y será enviado a todos los miembros de Reassembly en los próximos días. Aunque un creciente cuerpo de evidencia ha demostrado que las comunidades pueden recuperarse después de disturbios en los ecosistemas, pocos estudios han explorado este tema desde una perspectiva evolutiva. Esto puede hacerse implementando árboles filogenéticos en los datos comunitarios, lo que permite explorar la recuperación de la diversidad filogenética (DP) y la estructura a lo largo de la cronosecuencia de regeneración forestal. La diversidad filogenética mide la cantidad total de distancia filogenética entre especies dentro de una comunidad, basada en la longitud de las ramas del árbol filogenético [4]. Teóricamente, implementa múltiples dimensiones de biodiversidad porque generalmente está correlacionada con la riqueza de especies y la diversi-



dad funcional, aunque esta última relación tiende a ser estadísticamente significativa pero débil [6, 3]. Debido a esto, la DP representa una medida potencialmente útil para evaluar el éxito de la restauración [1], y de ahí la importancia de estudiar su recuperación.

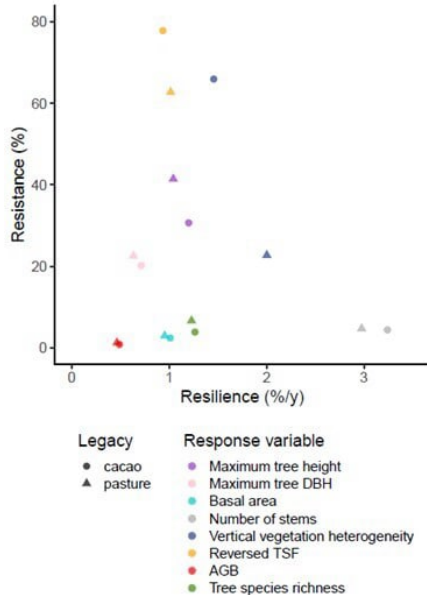


Figura 11: Dinámicas de recuperación de las variables de estructura del bosque y la riqueza de especies de árboles.

La recuperación de la DP fue más rápida en comparación con la recuperación de la riqueza de especies para árboles angiospermas, murciélagos y escarabajos peloterros, mientras que la DP se recuperó después de la riqueza de especies para ranas de hojarasca, aves frugívoras y hormigas (Fig. 12). El tiempo de recuperación más rápido de la DP se determinó para las hormigas, con solo 12 años, mientras que el tiempo más largo se observó en los murciélagos, con 91 años.

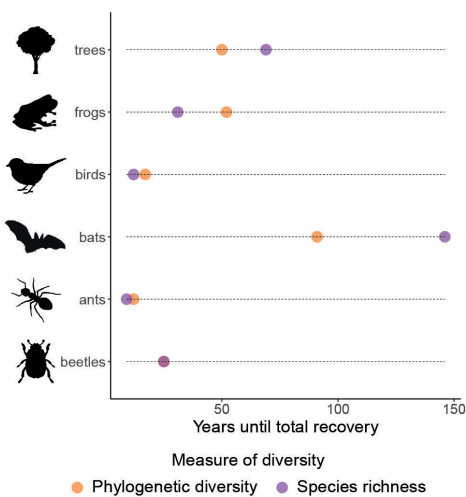


Figura 12: Tiempo de recuperación de la diversidad filogenética y la riqueza de especies en árboles y animales.

También se analizó el cambio en la estructura filogenética. Basándose en cuán relacionadas están las especies dentro de una comunidad, estas pueden estar agrupadas o sobre dispersas. El agrupamiento filogenético generalmente ocurre en las primeras etapas de la regeneración forestal cuando especies estrechamente relacionadas coexisten dentro de una comunidad [8]. Las especies estrechamente relacionadas tienden

a compartir nichos similares y a exhibir fenotipos similares debido a su proximidad evolutiva, lo que les permite colonizar y establecerse en hábitats recientemente perturbados al contrarrestar filtros abióticos como alta radiación solar, altas temperaturas o baja humedad [7]. Por otro lado, la sobre dispersión filogenética ocurre en etapas avanzadas de la regeneración forestal cuando las especies dentro de una comunidad están distanciadas filogenéticamente [2]. Estos hábitats ofrecen una variedad de recursos y nichos que pueden ser utilizados por especies filogenéticamente distantes, que tienden a exhibir diferentes rasgos, promoviendo la competencia por estos recursos mediante diferentes mecanismos [7, 5].

Contrariamente a investigaciones previas y a nuestras expectativas, solo observamos un aumento en la sobre dispersión con la sucesión en las aves (Fig. 13). Para las ranas, observamos el patrón opuesto. Se observaron patrones aleatorios de estructura filogenética en árboles, murciélagos, hormigas y escarabajos.

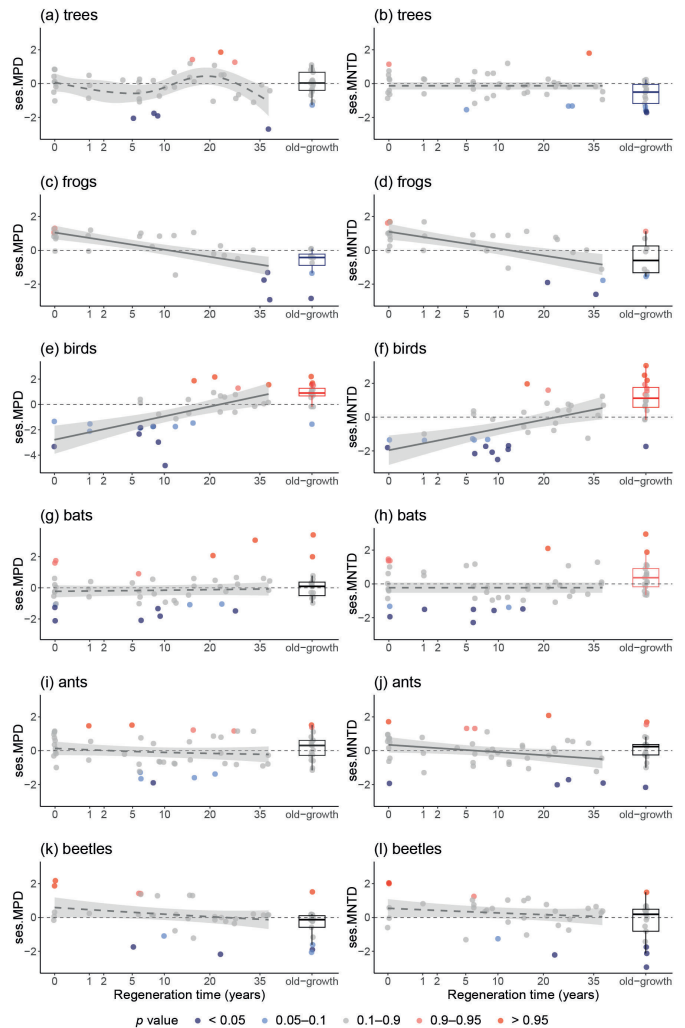
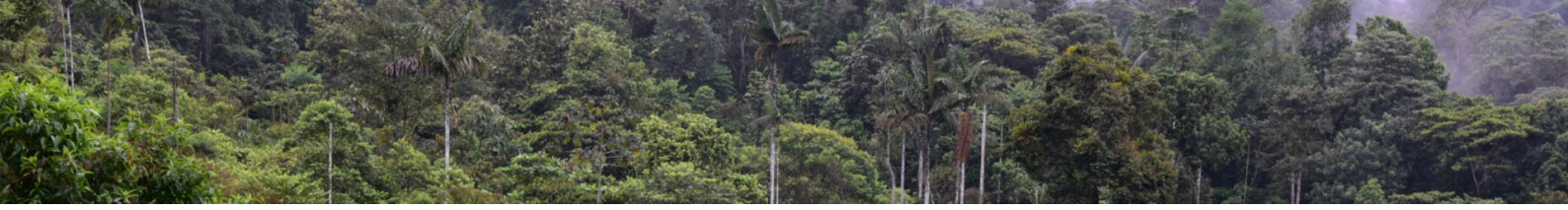


Figura 13: Cambios en la estructura filogenética a lo largo de la cronosecuencia en árboles y animales. Los valores significativos por debajo de cero indican agrupamiento filogenético (azul), mientras que aquellos por encima de cero indican sobre dispersión (rojo). Las líneas de tendencia sólidas representan significancia estadística ($p < 0.05$) en los modelos lineales.



4. Código genético

Durante 2024, se generaron códigos genéticos ITS2 para la mayoría de las especies registradas durante el inventario de árboles. Hasta ahora, se han obtenido códigos genéticos ITS2 para alrededor de 550 especies de árboles. Estos códigos fueron gentilmente procesados y limpiados por el Dr. Alexander Keller, y ya están siendo utilizados por estudiantes de doctorado para identificar muestras de polen, semillas y plántulas. Más códigos genéticos ITS2 de diferentes especies serán generados y secuenciados hasta el primer trimestre de 2025, completando la biblioteca de códigos ITS2 para árboles. Además, las regiones rbcLa, matK y YCF5 también han sido amplificadas para los árboles, y se espera que su secuenciación ocurra durante el primer trimestre de 2025. De esta manera, la biblioteca de códigos aumentará a cuatro o más regiones, lo que potencialmente la convertirá en una referencia importante para la identificación genética de árboles en el Chocó. Los procedimientos de laboratorio fueron gestionados y realizados por los técnicos de laboratorio, Ing. Doménica López e Ing. Daniela Fierro.

5. Permisos de investigación

Aunque la mayoría de los estudiantes e investigadores ya finalizaron su trabajo de campo, aún hubo varios permisos procesados durante este año. En total, se movilizaron 1084 muestras desde Canandé a Quito con ocho permisos de movilización durante este año. Además, se procesaron ocho permisos de exportación (uno CITES) para enviar muestras a Alemania y los Estados Unidos.

Planes para 2025

El artículo de síntesis filogenética será enviado a una revista adecuada durante las primeras semanas de 2025. Durante el primer semestre de 2025, escribiré un tercer artículo sobre los cambios en la comunidad de árboles a lo largo de la cronosecuencia, incluyendo cambios en su diversidad taxonómica, funcional y filogenética. Para este artículo, también exploraré cambios en la diversidad beta y en la composición de la comunidad. Espero enviar este artículo durante el verano del próximo año.

Además, se espera que se redacten dos artículos basados en los resultados obtenidos en el laboratorio de biología molecular. Estos artículos serán escritos por exalumnos y técnicos de laboratorio actuales que procesaron las muestras de árboles. Uno tratará sobre el uso de muestras de madera para la identificación de árboles, e incluirá el protocolo modificado de extracción de ADN. El segundo artículo tratará sobre la biblioteca de códigos genéticos como una herramienta para la identificación de árboles en el Chocó.

Por último, planeo realizar un estudio piloto el próximo año junto con la Dra. Katrin Heer sobre la diversidad genética de plántulas y sobre la dinámica de dispersión de semillas y polen utilizando herramientas genéticas. ¡Mantente atento!

Bibliografía

- [1] N. Barber, H. Jones, M. Duvall, W. Wysocki, M. Hansen, and D. Gibson. Phylogenetic diversity is maintained despite richness losses over time in restored tallgrass prairie plant communities. *Journal of Applied Ecology*, 54:137–144, 2017.
- [2] J. Cavender-Bares, D. Ackerly, D. Baum, and F. Bazzaz. Phylogenetic overdispersion in floridian oak communities. *The American Naturalist*, 163:823–843, 2004.
- [3] A. E-Vojtkó, F. de Bello, Z. Lososová, and L. Götzenberger. Phylogenetic diversity is a weak proxy for functional diversity but they are complementary in explaining community assembly patterns in temperate vegetation. *Journal of Ecology*, 111:2218–2230, 2023.
- [4] D. Faith. Conservation evaluation and phylogenetic diversity. *Biological Conservation*, 61:1–10, 1992.
- [5] S. Letcher. Phylogenetic structure of angiosperm communities during tropical forest succession. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 277:97–104, 2010.

- [6] D. Srivastava, M. Cadotte, A. MacDonald, R. Marushia, and N. Mirotchnick. Phylogenetic diversity and the functioning of ecosystems. *Ecology Letters*, 15:637–648, 2012.
- [7] C. Webb. Exploring the phylogenetic structure of ecological communities: an example for rain forest trees. *The American Naturalist*, 156:145–155, 2000.
- [8] C. Webb, D. Ackerly, M. McPeck, and M. J. Donoghue. Phylogenies and community ecology. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 3:475–505, 2002.

SPi: Teoría y modelado

Timo Metz, TU Darmstadt

Introducción

Este año dediqué mucho tiempo a trabajar en un proyecto de síntesis de REASSEMBLY que estoy liderando junto con el portavoz de nuestro proyecto, Nico Blüthgen. Sin embargo, también pude pasar otras 7 semanas en Ecuador, para realizar trabajo de campo en nuestro hermoso sitio de estudio en la Reserva Canandé y participar en un taller en Quito.

Impresiones del campo

Este año volví al campo para apoyar un experimento de Nico Blüthgen. Allí estudiamos las preferencias alimentarias de los ortópteros. Estuve realizando el trabajo de campo y el experimento con dos estudiantes de doctorado de Nico (Margarita Hartlieb y Johanna Berger). Durante múltiples viajes al hermoso bosque alrededor de nuestra estación, recolectamos una gran variedad de ortópteros y estudiamos sus preferencias alimentarias alimentándolos con hojas jóvenes y viejas de 12 especies de plantas diferentes seleccionadas que son comunes en el área de la Reserva Canandé. El experimento involucró mucho trabajo en el laboratorio. Tuvimos que cortar piezas de un tamaño conocido de las hojas que recolectamos y cuantificar la fracción consumida por cada individuo. Aunque el trabajo en el laboratorio fue largo, también fui recompensado con mucho conocimiento sobre los ortópteros de Canandé. Pude aprender mucho de Margarita y Johanna, quienes tienen mucha más experiencia con estos animales. Como teórico, paso mucho tiempo en la computadora y me ocupé principalmente de la teoría ecológica, modelos y datos. Fue muy bueno experimentar un aspecto diferente de la ecología y conocer cómo se realiza un experimento. Actualmente estamos analizando los datos del experimento y en algún momento se publicará una publicación.

Este año también pude visitar la hermosa Reserva Tesoro Escondido. Yadira, quien es la directora de campo de esa reserva, nos guió a Margarita, Johanna y a mí a muchas parcelas de REASSEMBLY en la reserva. El bosque en Tesoro Escondido es realmente asombroso y también pudimos ver al mono araña cabecipardo en peligro de extinción (*Ateles fusciceps fusciceps*). La reserva proporciona un hábitat importante para esa especie y contribuye significativamente a su protección.



(a) Acostumbrándose a los insectos palo.



(b) Nico, Margarita y Johanna.

Figura 14: Trabajando con ortópteros y fásmidos.



Figura 15: Un hermoso amanecer en nuestra estación en la Reserva Canandé.



(a) Preparando comida para los or-



(b) Realmente acostumbrándose a los insectos palo.

Figura 16: En el laboratorio.

Impresiones del taller en la Universidad de Las Américas y la Reserva Maquipucuna

Durante mi estancia en Ecuador también pude asistir a un taller en la Universidad de Las Américas (UDLA) en Quito organizado por REASSEMBLY. Los otros estudiantes de doctorado de REASSEMBLY y yo pudimos presentar un póster. Presenté el trabajo que he realizado para el proyecto de síntesis. En el taller hubo presentaciones de nuestro portavoz Nico Blüthgen y Martin Schäfer, quien es el CEO de Fundación Jocotoco. Además, también hubo charlas del asesor científico del proyecto Robin Chazdon así como Rob Colwell y Lou Jost, quienes son expertos en el análisis de datos ecológicos. En el segundo día del taller fuimos a la hermosa reserva Maquipucuna. Escuchamos presentaciones de investigadores ecuatorianos y pudimos hacer algunas caminatas en la hermosa reserva. Desafortunadamente no pudimos ver al famoso Oso Andino (oso andino), porque no era el momento adecuado para ver este hermoso animal en este lugar. Sin embargo, había muchas aves bonitas y otros animales que hicieron que la estancia en la Reserva Maquipucuna fuera gratificante. Después del taller, Robin Chazdon y Rob Colwell vinieron a Canandé por unos días. Durante múltiples caminatas con Robin y Rob a diferentes parcelas en el sitio de estudio, pudimos aprender mucho sobre los bosques secundarios, el análisis de datos ecológicos y cómo mejorar el diseño del estudio. Estoy muy agradecido de haber

tenido la oportunidad de conocer a estos científicos increíbles e inspiradores.



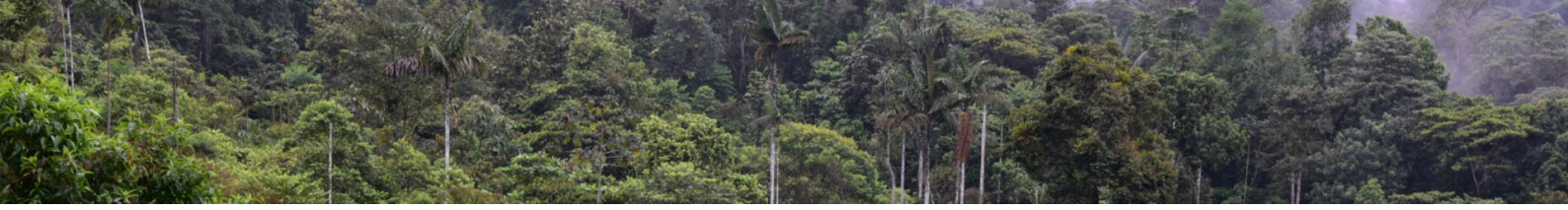
Figura 17: Yendo al campo con nuestra increíble guía Yadira (segunda a la derecha) en la Reserva Tesoro Escondido.

Trabajo de síntesis

Actualmente, estoy trabajando en un artículo de síntesis que utiliza datos comunitarios de varios taxones que se estudian dentro de la unidad de investigación REASSEMBLY. Calculo las trayectorias de recuperación de la biodiversidad para estos taxones a lo largo de la cronosecuencia calculando el tiempo de recuperación y dividiendo el tiempo de recuperación en dos componentes de estabilidad distintos: resistencia y resiliencia. La resistencia se refiere a la biodiversidad que queda en las parcelas de agricultura activa en comparación con las parcelas de bosque antiguo como referencia. La resiliencia se refiere a la velocidad de recuperación a las condiciones del bosque antiguo. Estoy principalmente interesado en la recuperación de la composición de especies, pero también estudio la diversidad y abundancia de especies. Los resultados que obtenemos son muy interesantes y prometedores. Sin embargo, no diré mucho sobre los resultados aquí para mantener la curiosidad sobre la publicación que seguirá a este trabajo.

Perspectivas

Todos los colaboradores de ese proyecto de síntesis han contribuido mucho para que el proyecto resulte en un artículo muy bonito. Espero poder enviar el artículo de síntesis a finales de 2024 o principios de 2025. Como el trabajo está en una etapa avanzada, estoy bastante seguro de que esto podría ser posible.



SPi: Dinámica de redes bipartitas ponderadas con propiedades intrínsecas de los nodos

William J. Castillo
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Qué hacemos

Uno de los principales objetivos de la Unidad de Investigación de Reassembly es identificar las reglas subyacentes al reensamblaje de poblaciones y comunidades en la selva tropical a través del ensamblaje dinámico de redes de interacción biológica. En otras palabras, queremos describir el comportamiento de las propiedades a gran escala del bosque basándonos en las propiedades, interacciones y dinámicas de los elementos que componen la selva tropical. En este documento, proporcionamos una descripción condensada de nuestro enfoque para lograr este objetivo. Desarrollamos un modelo que conecta la dinámica de una red ecológica real, incorporando los rasgos funcionales y la fenología de las especies que interactúan, con la descripción de la estructura de la comunidad [6].

Conjunto de datos

El conjunto de datos utilizado para desarrollar nuestro modelo, Burkle et al. [4, 5], investigó los efectos de la severidad de los incendios forestales en los impulsores ecológicos de la interacción en comunidades de plantas y abejas, considerando el papel de las abejas como polinizadores. En este contexto, los dos conjuntos disjuntos de nodos en la red bipartita representan especies de plantas y abejas. Específicamente, 116 especies de plantas y 191 especies de abejas están conectadas con enlaces ponderados que indican el número de interacciones entre cada par de nodos de estos niveles tróficos (Fig. 18). Además, se registraron los rasgos funcionales de las especies de plantas (altura de la planta, número de flores por tallo, dimensiones de la cabeza de la flor) y de abejas (distancia intertegular, tamaño, abundancia). Esto implica que los nodos poseen propiedades inherentes que son críticas para dar forma a la dinámica de la competencia por interacciones.

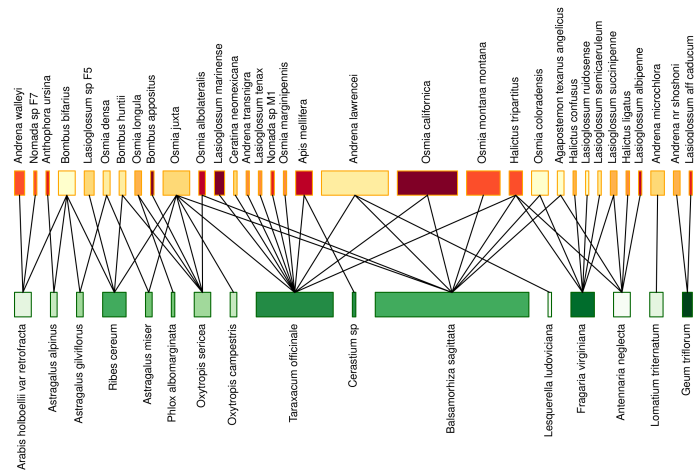


Figura 18: Red bipartita que representa la interacción de especies de abejas y plantas recolectadas en las Montañas Rocosas del Norte de Montana, EE. UU. Las cajas superiores/inferiores representan especies de abejas/plantas. El tamaño de estas cajas es una representación cualitativa del número de interacciones que tiene cada especie.

El proceso de recolección de datos registró el tiempo que cada abeja visitó una flor, lo que permitió la creación de una serie temporal donde cada paso representa un estado en el proceso de ensamblaje de una red

de interacción planta-polinizador (Figura 19). Un total de 2589 interacciones bióticas se distribuyen en 53 pasos de tiempo con un intervalo promedio de 1.7 días y un promedio de aproximadamente 49 interacciones por día (Fig. 18). Observamos un aumento notable en el número de interacciones a lo largo del tiempo, alcanzando su punto máximo hacia el final de la temporada. Esta tendencia parece estar impulsada por la fenología de las especies de plantas y abejas y la incorporamos en nuestro modelo como un polinomio de segundo grado, $m(t^2)$, con parámetros derivados del número total de interacciones por paso de tiempo (ver Figura 19). Esta representación de la fenología, con un coeficiente de determinación de 0.21, proporciona una mejor aproximación de la evolución dinámica de la red bipartita real, al tiempo que permite una solución analítica de las ecuaciones.

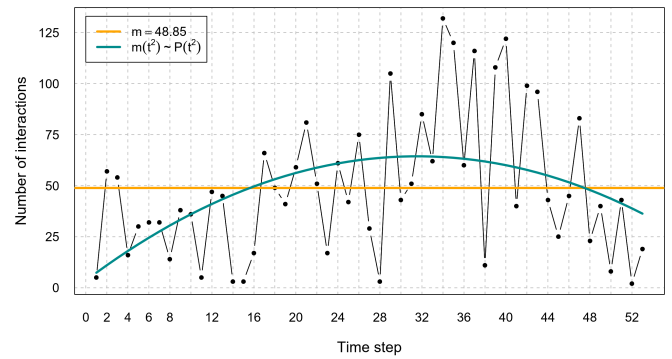


Figura 19: Número total de interacciones planta-polinizador registradas en cada paso de tiempo durante un período de 53 pasos comenzando el 20 de mayo de 2014. La línea amarilla muestra el número promedio de interacciones. Mientras tanto, la línea verde representa la variación en el número de interacciones a lo largo del tiempo, modelada por un polinomio de segundo grado, $m(t^2)$.

Método

Entre varios resultados robustos que representan el conjunto dinámico de redes [3], basaremos nuestro estudio en el modelo de redes libres de escala [1]. Por lo tanto, el proceso dinámico que ensambla una red bipartita ponderada real se describe mediante una extensión del modelo desarrollado por Bianconi, G. et al. [2]. Asociamos la competencia por interacciones con especies de un nivel taxonómico diferente con el atributo intrínseco de cada nodo i . Este atributo η_i , donde $\{\eta_i\}_{i \in \mathbb{N}}$ tiene una distribución de densidad $\delta(\eta)$, define la evolución temporal de la fuerza del nodo (es decir, el número de interacciones de un nodo) como:

$$s_i(t, t_0) = m(t^2) \left(\frac{t}{t_0} \right)^{\frac{2\eta_i + \eta_{\max}}{C}}, \quad (1)$$

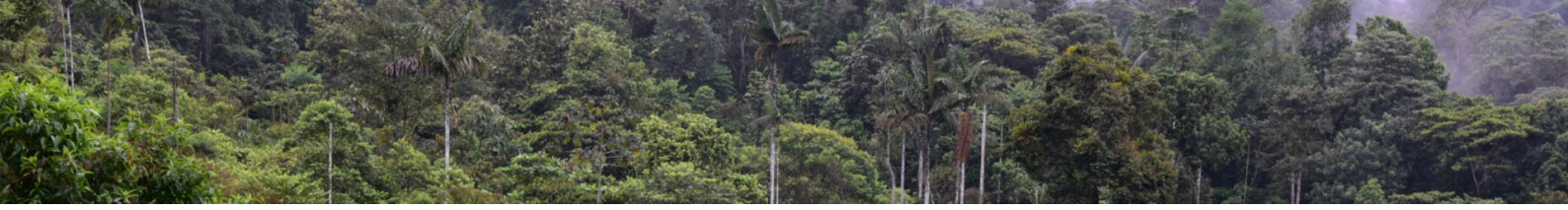
donde $m(t^2)$ representa el efecto de la fenología en el proceso de ensamblaje, t_0 es el primer momento en que el nodo i se conecta a la red, y C es un valor escalar definido por el conjunto dinámico de la red:

$$1 = \int_0^{\eta_{\max}} d\eta \rho(\eta) \frac{\eta}{C - \eta}, \quad (2)$$

con η_{\max} como el valor máximo de $\{\eta_i\}_{i \in \mathbb{N}}$.

Resultados y Discusión

Consistente con la ecuación (1), el 93.3% de las especies de plantas probadas y el 96.9% de las especies de abejas probadas exhiben dinámicas de interacción que cambian con el tiempo, siguiendo una función



de ley de potencia (Fig.20). Por lo tanto, para evaluar el modelo nos centramos en los exponentes dinámicos $\beta(\eta_i) = \frac{2\eta_i + \eta_{max}}{C}$. Para cada especie de planta y abeja, comparamos el exponente de la ley de potencia ajustada a partir de los datos empíricos (el número de interacciones a lo largo del tiempo) con el exponente de la ley de potencia predicha por su respectivo modelo teórico. En un gráfico logarítmico (Fig.21), comparamos así la pendiente de la curva de la ley de potencia (representada por líneas discontinuas negras) ajustada a partir de los datos empíricos (representados como puntos negros) con las pendientes de las leyes de potencia producidas por los modelos teóricos (representadas por líneas sólidas). Además, seleccionamos tres rasgos funcionales que capturan diferentes mecanismos por los cuales las especies de plantas y abejas compiten por interacciones, cada uno caracterizado por una distribución de densidad aproximada $\rho(\eta_i)$ (Tabla 1). La dinámica de la interacción de una especie depende de la comunidad de especies en el mismo nivel trófico y su capacidad para participar en interacciones. Además, encontramos que el ajuste del modelo mejora en todos los rasgos probados a medida que incorporamos rasgos adicionales al calcular los exponentes dinámicos. Esto subraya la importancia del tamaño final de la red, ya que estos exponentes son sensibles a la distribución de densidad de los rasgos involucrados. La representación de la fenología de las especies de plantas y abejas, $m(t^2)$, también depende de la comunidad de especies que componen la red (Fig.19). Este polinomio de segundo grado mejora el ajuste y proporciona flexibilidad y adaptabilidad al modelo. Las condiciones iniciales para la evolución dinámica de una especie de interés siempre se pueden ajustar con una selección adecuada de los parámetros de dicho polinomio (Fig.21).

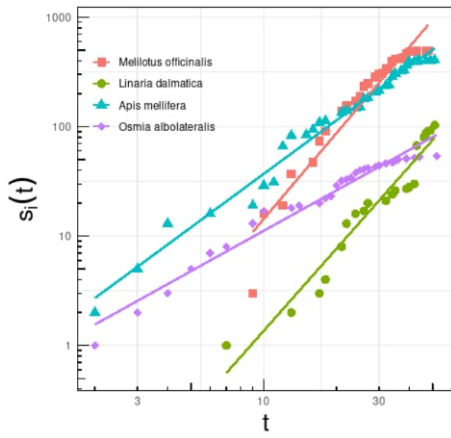


Figura 20: Evolución temporal de la fuerza del nodo para especies de plantas (■ y ●) y abejas (▲ y ◆). Las líneas, con coeficientes de determinación de 0.93, 0.94, 0.98 y 0.97 respectivamente, representan la extrapolación lineal de la evolución dinámica de cada especie.

Figura 21: Dinámica de interacción de **a.** *Melilotus officinalis*, y **b.** *Heriades cressoni*. Las figuras insertadas representan la distribución de densidad $\rho(\eta)$ del rasgo que produce el ajuste óptimo para los datos.

De este análisis solo, no podemos establecer un rasgo que funcione significativamente mejor para ambos niveles tróficos. El rasgo que mejor describe las interacciones dinámicas de las especies depende de cada especie individual (Fig.21). La suma de los residuos cuadrados (RSS) y el error cuadrático medio (RMSE) del modelo para cada rasgo son similares entre modelos del mismo nivel en la cadena alimentaria (Tabla 1).

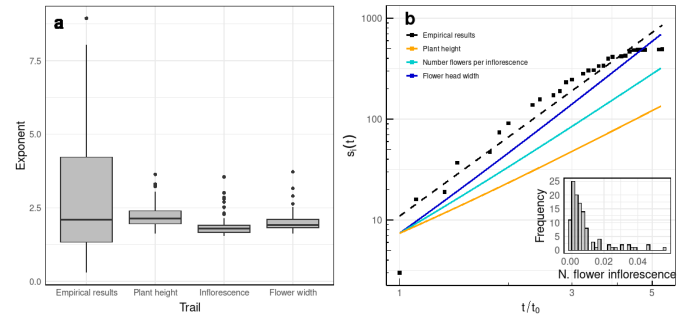


Figura 21: Dinámica de interacción de **a.** *Melilotus officinalis*, y **b.** *Heriades cressoni*. Las figuras insertadas representan la distribución de densidad $\rho(\eta)$ del rasgo que produce el ajuste óptimo para los datos.

Table 1: Rasgos de flores y polinizadores incluidos en nuestro análisis. La notación $\rho(\eta_i)$ indica la distribución que mejor describe la distribución de rasgos para cada especie. Además, se proporcionan estadísticas de error para cada rasgo, incluyendo la suma residual de cuadrados (RSS) y el error cuadrático medio (RMSE).

Nivel	Rasgo	$\rho(\eta_i)$	RSS	RMSE
Especies de plantas	Altura de la planta	Log-normal	344.70	2.14
	N. Inf. Florales	Exponencial	388.70	2.28
	Ancho de la capitula	Log-normal	385.93	2.27
Especies de abejas	ITD	Normal	2113.34	3.99
	Tamaño del cuerpo	Log-normal	2141.95	4.01
	Abundancia	Exponencial	2219.18	4.08

En ambos niveles tróficos, nuestro modelo reproduce aproximadamente la dinámica de la comunidad de especies (Fig.22). Para cada rasgo,

Figura 22: Distribución de exponentes dinámicos para **a.** plantas y **b.** polinizadores con tres rasgos funcionales cada uno. El exponente empírico corresponde a la pendiente del mejor ajuste de los datos en un gráfico logarítmico.

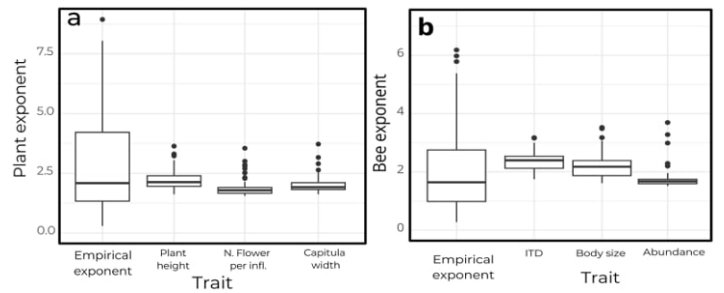
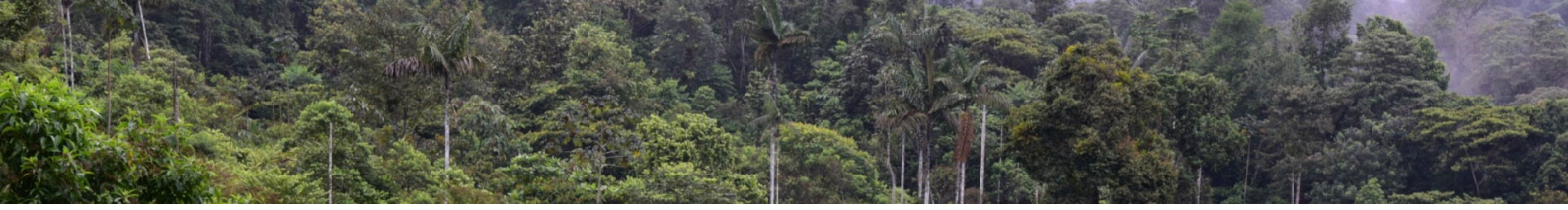


Figura 22: Distribución de exponentes dinámicos para **a.** plantas y **b.** polinizadores con tres rasgos funcionales cada uno. El exponente empírico corresponde a la pendiente del mejor ajuste de los datos en un gráfico logarítmico.

Conclusiones

A pesar del tamaño relativamente pequeño del sistema que estamos estudiando, nuestro modelo demuestra la aplicabilidad de la teoría de redes complejas a redes ecológicas. Basándonos en el modelo de Bianconi-Barabási, nuestro enfoque revela que una nueva especie en la red con pocas interacciones puede adquirir interacciones a una alta tasa si tiene un valor de rasgo grande. Esto resalta la capacidad del modelo para capturar potencialmente la dinámica de las interacciones de especies integrando morfología y fenología. Su simplicidad permite una repro-



ducción aproximada de la dinámica comunitaria en ambos niveles tróficos. A lo largo del desarrollo del modelo, exploramos exhaustivamente varias características topológicas de las redes bipartitas y suposiciones alternativas sobre la mecánica del proceso de ensamblaje. Sin embargo, ninguno de estos modelos produjo resultados superiores a los presentados en este trabajo. En el futuro, el desarrollo adicional del modelo se beneficiaría de conjuntos de datos que representen redes más grandes con intensidades de muestreo aún mayores a lo largo de las estaciones. Además, los conjuntos de datos recolectados en entornos no estacionales, como los trópicos, proporcionarían información valiosa para mejorar la robustez y aplicabilidad del modelo.

Bibliografía

- [1] A. L. Barabási and R. Albert. Emergence of scaling in random networks. *Science*, 286(5439):509–512, oct 1999. ISSN 00368075. doi: 10.1126/science.286.5439.509. URL <https://www.science.org/doi/10.1126/science.286.5439.509>.
- [2] G. Bianconi and A. L. Barabási. Competition and multiscaling in evolving networks. *Eurphysics Letters*, 54(4):436, may 2001. ISSN 0295-5075. doi: 10.1209/EPL/I2001-00260-6. URL <https://iopscience.iop.org/article/10.1209/epl/i2001-00260-6><https://iopscience.iop.org/article/10.1209/epl/i2001-00260-6/meta>.
- [3] S. Boccaletti, V. Latora, Y. Moreno, M. Chavez, and D. U. Hwang. Complex networks: Structure and dynamics. *Physics Reports*, 424(4-5):175–308, 2006. ISSN 03701573. doi: 10.1016/j.physrep.2005.10.009. URL www.elsevier.com/locate/physrep.
- [4] L. A. Burkle, M. P. Simanonok, J. S. Durney, J. A. Myers, and R. T. Belote. Wildfires influence abundance, diversity, and intraspecific and interspecific trait variation of native bees and flowering plants across burned and unburned landscapes. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 7, 2019. ISSN 2296701X. doi: 10.3389/FEVO.2019.00252/FULL.
- [5] L. A. Burkle, R. T. Belote, and J. A. Myers. Wildfire severity alters drivers of interaction beta-diversity in plant–bee networks. *Ecography*, 2022(3): e05986, mar 2022. ISSN 1600-0587. doi: 10.1111/ECOG.05986. URL <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/ecog.05986><https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ecog.05986><https://nsojournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ecog.05986>.
- [6] W. J. Castillo, L. A. Burkle, and C. F. Dormann. Dynamics of a plant–pollinator network: extending the bianconi–barabási model. *Applied Network Science*, 9: 1–12, 12 2024. ISSN 23648228. doi: 10.1007/S41109-024-00636-0/FIGURES/5. URL <https://appliednetsci.springeropen.com/articles/10.1007/s41109-024-00636-0>.

SP2: Procesos de la hojarasca en el suelo del bosque - Descomposición y redes de depredador-presa

Arianna Tartara, TU Darmstadt

Resumen

Este último año se sintió considerablemente diferente a los anteriores. Después de dos años marcados por trabajo de campo inmerso en los vibrantes ecosistemas del Chocó bajo, me encontré cambiando completamente de rumbo. Estos últimos doce meses los dediqué al laboratorio y a dar sentido a la enorme cantidad de datos que había recolectado durante las temporadas de campo anteriores. Más que nunca, comprendí la complejidad de mi proyecto. Al abarcar múltiples facetas de la ecología tropical, este representa para mí una experiencia emocionante pero desafiante. A lo largo del año, logré avances significativos en tres áreas clave: la descomposición de la hojarasca, las comunidades de artrópodos y la química de los alcaloides en ranas venenosas.

Descomposición de la hojarasca y procesos relacionados

Uno de los aspectos destacados de este año fue profundizar en la dinámica de la descomposición de la hojarasca a lo largo de una cronosecuencia de recuperación del bosque. Usando bolsas de hojarasca (LMB) y bolsas de té (TMB), descubrí patrones intrigantes en la descomposición, diferenciando entre comunidades descomponedoras según el tamaño de la malla (pequeños artrópodos y microbios, respectivamente). En primer lugar, la descomposición en LMB siguió una tendencia en forma de U, lo que sugiere una respuesta más matizada de las comunidades de descomponedores artrópodos frente a la sucesión del bosque. En contraste, las comunidades microbianas mostraron un aumento constante en la actividad a lo largo del tiempo en las TMB por encima del suelo. Ambos hallazgos coinciden con la idea de que los bosques más antiguos promueven tasas de descomposición más altas, probablemente debido a sus microclimas más estables y la presencia de comunidades de descomponedores bien desarrolladas. Esta tendencia podría reflejar una mayor actividad de descomponedores microbianos, como hongos y bacterias, respaldada por la complejidad estructural de los bosques maduros.

Las TMB bajo el suelo mostraron una débil correlación negativa con las etapas de sucesión forestal, presentando tasas de descomposición consistentemente más altas que las muestras sobre el suelo. Esto sugiere que los procesos subterráneos podrían recuperarse de manera diferente, estando más influenciados por factores como el pH del suelo y la disponibilidad de nutrientes que por la estructura de la vegetación sobre el suelo.

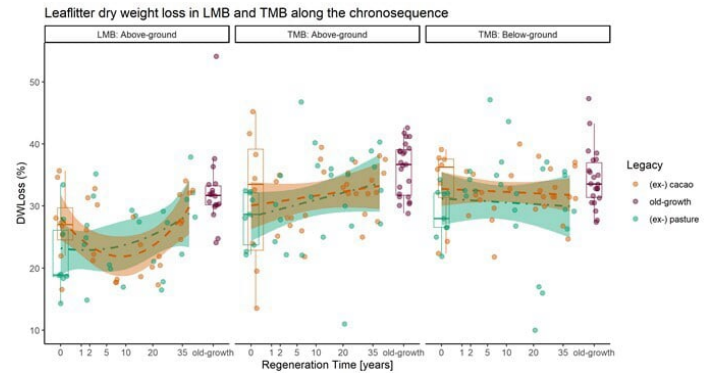


Figura 23: Pérdida de peso seco de la hojarasca después de 45 días de incubación en el campo, comparando LMB (artrópodos y microbios) y TMB (solo microbios).

Factores ambientales como la temperatura, el cierre del dosel y la biomasa sobre el suelo desempeñaron roles significativos, mientras que las variables topográficas como la elevación tuvieron una influencia más modesta pero aún medible. Curiosamente, la acumulación de hojarasca en el suelo del bosque alcanzó su pico en la mitad de la cronosecuencia, aunque esto no afectó directamente las tasas de descomposición.

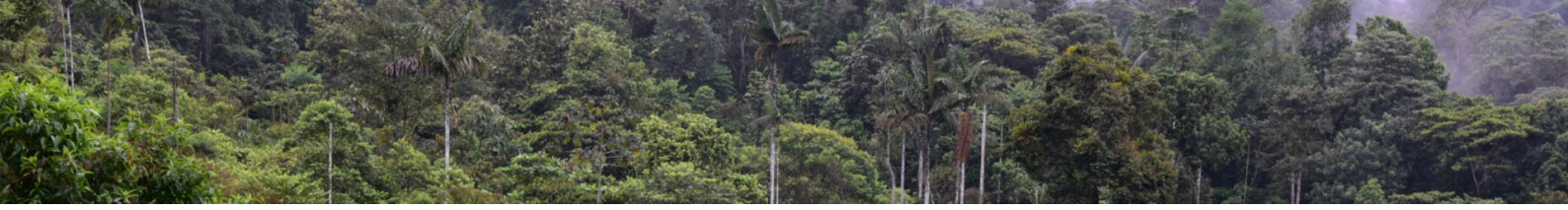
Las perturbaciones a pequeña escala añadieron otra capa de complejidad a estos procesos. A través del experimento PREX, observé que las perturbaciones puntuales redujeron temporalmente las tasas de descomposición. Sin embargo, la naturaleza mostró su capacidad de recuperación, con una recuperación dinámica de la descomposición con el tiempo. Mientras tanto, los cercos de exclusión para mamíferos no tuvieron un efecto medible, lo cual concuerda con las expectativas dado el nivel de las comunidades de descomponedores estudiadas.

Comunidad de artrópodos

En paralelo a este trabajo, profundicé en el intrincado mundo de los artrópodos de la hojarasca. Con la invaluable ayuda de dos colaboradores, Florian e Isabel, procesamos una inmensa cantidad de muestras y enviamos muchas para análisis de ADN. Los códigos de barras genéticos han llegado recientemente y estoy ansiosa por explorar más a fondo la taxonomía. Los primeros resultados revelaron que tanto la abundancia como la riqueza de especies de los artrópodos de la hojarasca tienden a disminuir a medida que los bosques se regeneran, aunque estas tendencias varían considerablemente según los grupos funcionales. Esta tendencia decreciente en la abundancia a lo largo de la cronosecuencia también se confirmó en las comunidades de artrópodos que colonizan las LMB del experimento de descomposición. Curiosamente, a medida que el bosque se recuperaba, la riqueza de órdenes de artrópodos en las LMB aumentó. El siguiente paso será enriquecer nuestro análisis con los datos taxonómicos recién adquiridos de los códigos de barras genéticos.

Alcaloides de ranas venenosas

En otro frente, se lograron avances significativos en el análisis de los alcaloides de tres especies de ranas venenosas de Canandé. Gracias a la increíble paciencia del Dr. Sebastian Escobar y el Dr. Ralph Saporito, las muestras de piel de rana recolectadas cuidadosamente en el campo finalmente llegaron al laboratorio de Saporito en Cleveland. Allí, tuve la oportunidad de extraer y analizar los alcaloides utilizando avanzadas técnicas de GC-MS. Actualmente, estoy centrada en la interpretación de los resultados, relacionando los espectros de masas obtenidos con la extensa biblioteca de alcaloides del Dr. Saporito. Como resultado preliminar, confirmamos que *Oophaga sylvatica*, fiel a su reputación, mostró una rica diversidad de alcaloides, mientras que las muestras de



Hyloxalus toachi y *Epiplatys aff. spinosai* no contenían ninguno. Este último caso es un resultado extremadamente sorprendente: estudios previos reportan alcaloides en esta especie, pero nosotros no observamos ninguno en nuestras muestras.

En general, a pesar del largo proceso burocrático de las muestras, el componente de alcaloides del proyecto ha sido un desafío emocionante y gratificante hasta ahora. Espero que, combinado con los esfuerzos dedicados de Karla Neira para identificar los contenidos estomacales de los dendrobátidos, este estudio permita ofrecer nuevas perspectivas sobre los hábitos alimenticios y las interacciones ecológicas que sustentan las defensas químicas de las ranas.

Llegando al final

Al entrar en mi cuarto año, estoy llena de expectativas. Con gran parte del trabajo fundamental completado, los próximos meses estarán enfocados en sintetizar mis hallazgos y construir la narrativa más amplia sobre la recuperación forestal, la descomposición y la ecología química.

SP2: Redes tróficas y defensas de alcaloides - ranas y fauna de hojarasca - ¡Primer artículo enviado!

Karla Neira-Salamea MfN/HU, Berlín – UDLA, Quito

Un viaje a través de continentes

2024 no fue nada como los años anteriores. Comenzó con un gran cambio: mudarme de Ecuador a Berlín. Aunque ya había vivido en Alemania durante mi maestría, este cambio me golpeó emocionalmente, haciéndome reflexionar mucho sobre lo que significa ser una mujer del Sur Global en la ciencia. Claro, hay privilegio solo por estar aquí, pero eso no borra los desafíos. Hacer un doctorado es difícil por sí solo, ahora imaginen hacerlo siendo mujer en un campo dominado por hombres. Añadan a eso ser una latina en Europa, navegando diferencias culturales, sesgos implícitos y, a menudo, sintiendo la necesidad de trabajar el doble de duro para demostrar tu valía. Estas experiencias han alimentado mi compromiso de estar atenta a estos desafíos y trabajar hacia espacios más inclusivos en la ciencia—especialmente para las mujeres del Sur Global.

En medio de toda esta reflexión, mi investigación me mantuvo centrada. Con mi trabajo de campo en el Bosque Chocó detrás de mí, era momento de sumergirme completamente en los datos y averiguar cómo funciona la regeneración del bosque a través de la lente de las ranas del sotobosque. Pasé meses sumida en estadísticas, y cuando finalmente llegaron los resultados, tuve el privilegio de presentarlos en el 10º Congreso Mundial de Herpetología en Borneo, Malasia. Nunca en mis sueños más salvajes imaginé que estaría dando una charla en una conferencia global en el sudeste asiático mientras realizaba mi doctorado.

El viaje a Malasia fue inolvidable. Antes de la conferencia, algunos amigos del laboratorio de Rödel y yo visitamos el Parque Nacional Mulu en Borneo, un lugar con una de las cavernas más grandes del mundo, un espectáculo de millones de murciélagos volando hacia afuera para cazar de una manera increíblemente organizada, y, por supuesto, muchas ranas. Luego vino la conferencia en Kuching, donde más de 1000 participantes de todo el mundo se reunieron. Mi presentación fue genial, la gente se interesó por mi trabajo y, como si eso no fuera suficiente, ¡conocí a otras cuatro herpetólogas ecuatorianas!



Figura 24: Laboratorio de Rödel y amigos asistiendo al 10º Congreso Mundial de Herpetología en Borneo.

A finales de año, terminé el primer capítulo de mi tesis doctoral. En este capítulo, exploré cómo las comunidades de ranas del sotobosque cambian a lo largo de la cronosecuencia. Las ranas del sotobosque dependen de microclimas específicos para sobrevivir, pero con historias de vida tan diversas, sus respuestas a la perturbación y la regeneración también pueden variar. Quería explorar si la edad del bosque, la distancia de los bosques y el legado del uso de la tierra (cacao o pastizales) influían en la riqueza, diversidad y composición de las especies de ranas a lo largo de la cronosecuencia. Resultó que las tres métricas aumentaron con el tiempo, pero ni la distancia de los bosques ni el legado del uso de la tierra impactaron significativamente esta recuperación. Los factores relacionados con la edad del bosque, como la complejidad estructural y la disponibilidad de luz, crean nuevos microclimas. Estas condiciones también pueden limitar la presencia de ciertas especies, dependiendo de su tolerancia a los cambios de temperatura. También creemos que nuestros hallazgos están conectados con la configuración del paisaje—un mosaico altamente forestado con parches de bosques primarios, bosques secundarios y plantaciones, todos interconectados, lo que permite a las ranas moverse a través de estos hábitats.

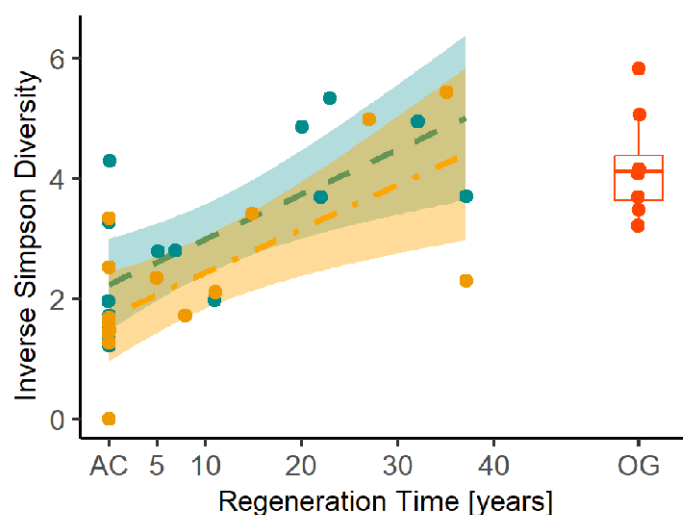
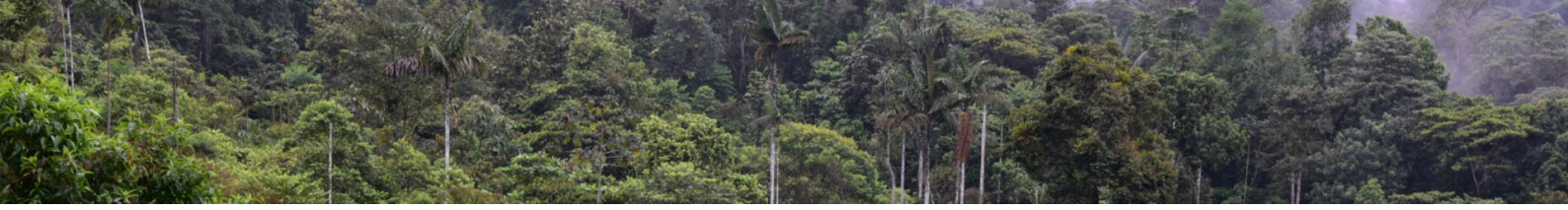


Figura 25: Trayectoria de la diversidad (Diversidad Inversa de Simpson) a lo largo de la cronosecuencia, mostrando un aumento con el tiempo.

Nuevos descubrimientos, nuevos desafíos, nuevas colaboraciones

Un punto destacado al final de este año fue la publicación de un artículo donde, después de 50 años en Ecuador, describimos una nueva especie de *Caecilia*. Cuando Sarah Bock, una estudiante de maestría en nuestro subproyecto, junto con Holger, el parabiólogo, descubrieron una extraña *Caecilia* larga, morada y amarilla, no podía creer lo que veía. Inmediatamente supusimos que era una nueva especie para la ciencia, y nos enfrentamos a un desafío. El equipo de Tesoro no estaba convencido de que recolectar el animal fuera la mejor opción—recolectar, lamentablemente, significa sacrificar al animal—y siempre es una decisión difícil. ¿Por qué hacerle daño a algo que nos importa? ¿Por qué sacar un animal de una reserva? Los herpetólogos enfrentan estas duras preguntas regularmente, pero por otro lado, ¿cómo podemos proteger algo que ni siquiera conocemos? Al final, el animal fue enviado a la colección de PUCE, curada por Santiago Ron, quien nos abrió las puertas de su laboratorio. Después de mucho trabajo, liderado por Sarah, *Caecilia tesoro* fue formalmente descrita, agregando otra especie notable a la



biodiversidad de Ecuador. Esto también marcó el inicio de una nueva colaboración entre MO y Santiago. Este es un paso muy positivo, ya que creo que es genial que la ciencia siga construyendo puentes para colaboraciones horizontales, de Norte a Sur.



Figura 26: *Caecilia tesoro* justo después de ser encontrada. Foto: Sarah Bock.

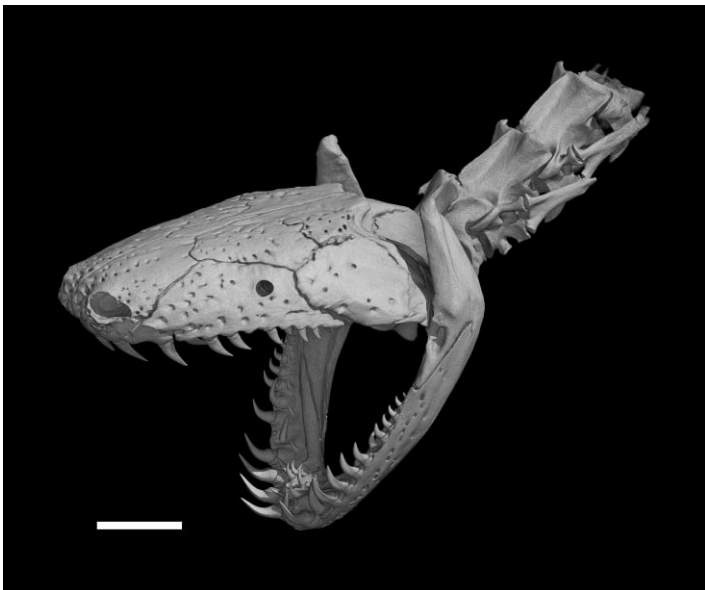


Figura 27: Cráneo de *Caecilia tesoro* capturado utilizando tomografía computarizada. Barra de escala = 5 mm. Foto: Sarah Bock.

Volviendo a mi tema principal, descubrí que las ranas venenosas que esperábamos dominar en las trayectorias no fueron las que se llevaron la atención. En su lugar, las ranas *Pristimantis* robaron el espectáculo. Son las verdaderas reinas del bosque, constituyendo la mitad de las especies que registramos. Ahora, no puedo esperar para aprender más sobre estas ranas de lluvia. ¿Cómo cambia la diversidad funcional de estas comunidades a medida que el bosque se regenera? ¿Qué están comiendo las ranas? Fue una tarea extremadamente desafiante, pero ¡Alex Keller y su laboratorio han completado el análisis de metabarcoding de las dietas de las ranas! Ahora, veremos qué encontramos. Además, ¿qué hay de la red trófica? ¡Tantas preguntas aún por explorar en mi último año de doctorado!

SP3: Interacciones planta-polinizador

Ugo Mendes Diniz, Technische Universität München

Tres años y 25000 insectos después...

Después de tres años muy productivos de trabajo de campo y recolección de datos, SP3 logró reunir un impresionante conjunto de datos de decenas de miles de insectos de muchos grupos taxonómicos, incluidos abejas sin aguijón diurnas, abejas de las orquídeas, abejas nocturnas y crepusculares, abejas sudoríparas, polillas esfinge y polillas tigre. Estos datos nos ayudarán a comprender cómo se recuperan los polinizadores después de la pérdida del bosque, la magnitud de su resistencia y resiliencia a las perturbaciones, y qué factores afectan su trayectoria de recuperación a lo largo de la cronosecuencia. No se debe dejar de mencionar la cantidad de trabajo que fue necesario para producir estos resultados. En los últimos años, y con la ayuda de nuestro increíble parabiologista Jender Vélez Loor y muchos grandes estudiantes decididos a atravesar el barro y el agotamiento de Canandé, visitamos cada una de las 62 parcelas de la cronosecuencia dos veces y colocamos alrededor de 700 trampas de todo tipo, no solo en el sotobosque sino también hasta 40 m de altura en el dosel con la ayuda de nuestro (doloroso, pero gratificante) método de arquería. Extiendo mi profundo agradecimiento y aprecio a todos los involucrados en el progreso de SP3, y estoy emocionado de ver qué viene después (esperemos que artículos).



Figura 28: Colocando trampas en el dosel con el arco y la inmensa asistencia de Jender.



Figura 29: Último día de muestreo, con una colección de investigadores muy felices, de izquierda a derecha: Kevin Deesy, yo, Julia Windl, Jender Vélez y Kathi Veltman.

La importancia de los doseles forestales

Entre nuestros resultados más emocionantes está el papel aparentemente clave de los doseles (> 20 m) en bosques primarios y sucesionales. Estamos empezando a ver cómo la mayoría de los grupos de polinizadores son más abundantes y diversos en los doseles, independientemente del legado de perturbación y la edad del bosque. Estos patrones sugieren que, aunque los grandes árboles del dosel tardan mucho tiempo (incluso siglos) en aparecer en el paisaje, la estratificación vertical comienza a aparecer bastante pronto. Todavía necesitamos averiguar qué impulsa a los polinizadores hacia arriba. La disponibilidad de recursos probablemente juega un papel importante, pero tenemos muchas variables diferentes que desenredar. Sin embargo, nuestros resultados ya comenzaron a mostrar los efectos beneficiosos de la restauración forestal desde el principio.



Figura 30: Un ejemplo de la estructura de un dosel alto (> 35 m) en Canandé, con algunas de nuestras trampas colgando de una rama

Arrojando luz sobre la recuperación y distribución de los polinizadores

Una gran parte de REASSEMBLY es comprender la resistencia y resiliencia de la biodiversidad. Mientras que muchos grupos parecen tardar siglos en recuperarse a su estado de bosque primario, los polinizadores parecen tener un tiempo más fácil. Los resultados hasta ahora muestran una alta tasa de recuperación de la abundancia, diversidad y perfil funcional de los polinizadores, particularmente polillas y abejas sin aguijón (Fig. 31). Esto probablemente tiene mucho que ver con su alta capacidad de dispersión, pero aún necesitamos averiguar los impulsores reales. Algunos grupos parecen ser más sensibles que otros, como las abejas de las orquídeas (Euglossini), que mostraron una recuperación más retrasada y pueden sugerir que algunos grupos sirven como indicadores de perturbación.

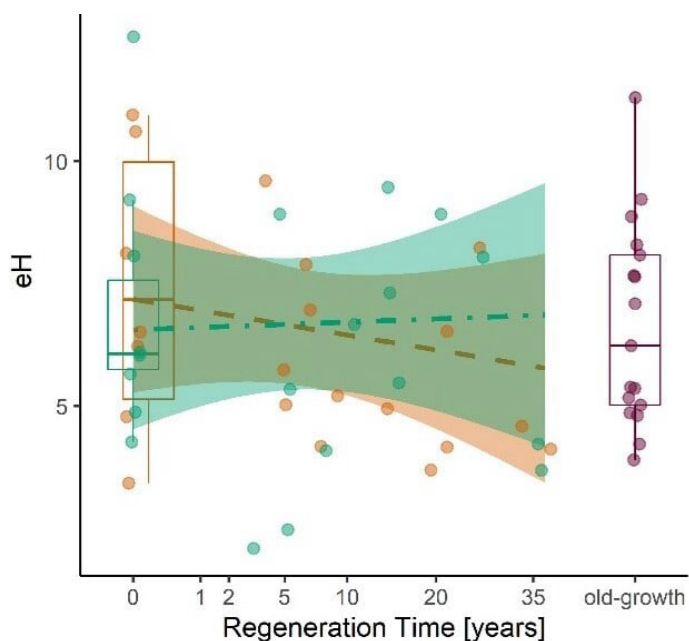


Figura 31: Ejemplo de la resistencia a la perturbación de un grupo de abejas (Meliponini): la diversidad no cae por debajo de los niveles de crecimiento antiguo incluso en perturbaciones activas.

Lo que viene: redes, plantas y desenredar causas y efectos

Aunque el trabajo de campo ha terminado, todavía queda mucho trabajo por delante. Mientras pronto podremos mostrar nuestros resultados sobre la recuperación de insectos, la joya de la corona de SP₃ (y REASSEMBLY en general) está por venir: redes. Después de extraer ADN y metabarcodificar más de 1500 muestras de polen, finalmente tendremos una idea de la estructura de las interacciones planta-polinizador y cómo se recuperan a lo largo de la cronosecuencia. Con ello, también pretendemos mostrar el papel de la diversidad floral, la disponibilidad y la variabilidad funcional por parcela, un conjunto de datos que contiene más de 1000 ocurrencias de plantas en la recuperación de los múltiples niveles de diversidad e interacciones de polinizadores. En resumen, todavía necesitamos conectar los puntos entre parcela, planta e insecto, y 2025 seguramente traerá los mayores conocimientos a SP₃ desde el inicio del proyecto. ¡Manténganse al tanto!

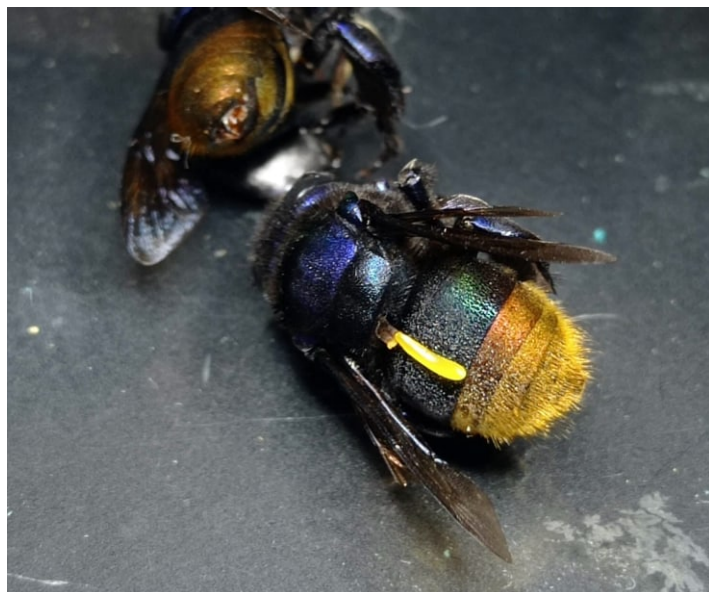


Figura 32: Una abeja de las orquídeas llevando una polinia de una orquídea en su espalda. La polinia, como todas las muestras de polen, se sometió a metabarcodificación para que podamos evaluar la estructura y recuperación de las redes de polinización.

SP4: Dispersión de semillas y su importante papel en la recuperación del bosque

Anna Rebello Landim,
Senckenberg Biodiversity and Research Centre

Lo que todos deberían saber sobre mi trabajo

Después de recolectar datos con éxito en las 62 parcelas entre 2022 y 2023, este año mi trabajo pasó del campo a la oficina, donde he estado analizando los datos recolectados durante los primeros dos años del proyecto. Usando una combinación de datos y modelos de simulación, estudio cómo los animales dispersores de semillas ayudan a los bosques a recuperarse.



Figura 33: Anna y Jordy después de su último día de trabajo de campo en diciembre de 2023.

La dispersión de semillas permite la recolonización de hábitats degradados por especies de plantas de bosques maduros [1]. En los bosques tropicales, la mayoría de las plantas dependen de animales frugívoros para la dispersión de semillas [2]. Varias especies animales, particularmente aves y mamíferos, dispersan semillas y pueden desempeñar roles distintos en la dispersión de semillas [3]. Mientras que animales grandes como tucanes y monos araña son capaces de dispersar semillas a largas distancias, los mamíferos no voladores como los agutíes dispersan semillas de frutos grandes que se encuentran en el suelo del bosque. Estas interacciones de dispersión de semillas influyen en las especies de plantas que pueden llegar a hábitats degradados, impulsando la recuperación del bosque con el tiempo. A pesar de la importancia de la dispersión de semillas mediada por animales para la recuperación natural de los bosques tropicales, muchas preguntas sobre los mecanismos detrás de la recuperación de las interacciones de dispersión de semillas después de la deforestación siguen sin respuesta.

Dispersión de semillas desde bosques maduros a parches de bosques en regeneración

En un primer estudio, exploré cómo el movimiento de los animales dispersores de semillas afecta la dispersión de plantas desde bosques

maduros (la fuente) a parches de hábitats degradados (el objetivo). Para ello, simulé eventos de dispersión de semillas entre parches forestales fuente y objetivo. En nuestras simulaciones, nos centramos en cómo la distancia entre parches de hábitat y la diversidad de frutos en el parche objetivo influyen en el número y la diversidad de semillas que llegan al parche de hábitat degradado (Fig. 34). Mis simulaciones mostraron que el número y la diversidad de semillas disminuían con la distancia, y la mayoría de las semillas se dispersaban dentro de los 250 metros desde el parche fuente. Estos valores variaban según la diversidad de recursos frutales en el parche objetivo: cuantos más recursos frutales en un parche, mayor era el número y la diversidad de semillas que llegaban a ese parche objetivo. La diversidad de semillas que llegaban al parche objetivo también dependía del nivel de especialización de la red de dispersión de semillas en el parche fuente. En redes más especializadas - cuando las plantas dependen de dispersores específicos - la diversidad de semillas que llegaban al parche era menor que en redes generalizadas. Por lo tanto, compartir dispersores entre especies vegetales aumentaba el potencial para la dispersión de semillas y la recuperación del bosque.

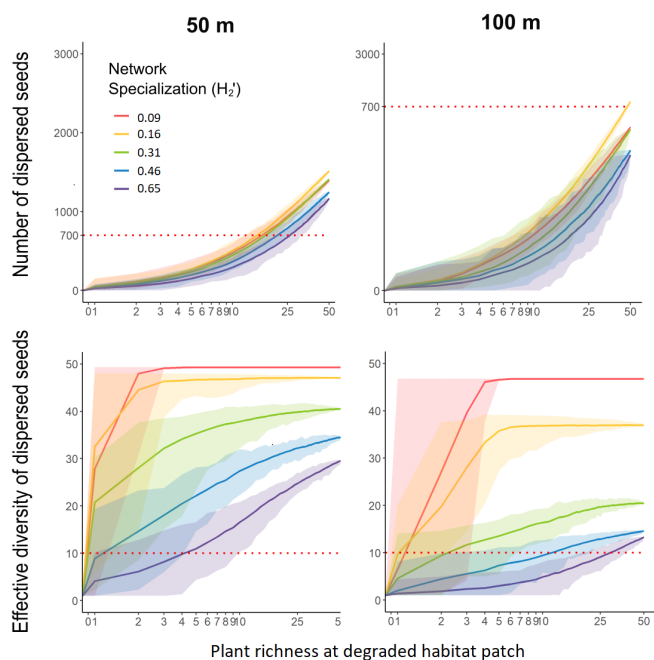
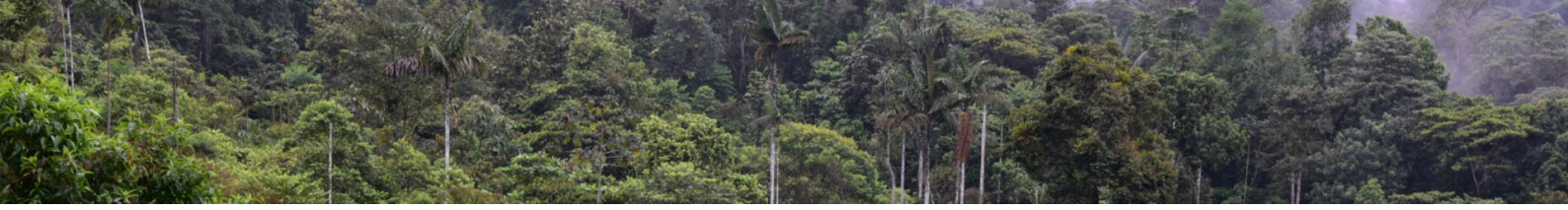


Figura 34: El número y la diversidad efectiva de semillas que llegan a un parche objetivo a 50 y 100 metros de un parche fuente en el bosque maduro. El eje x representa la riqueza de especies de plantas con frutos en el parche objetivo. Los diferentes colores representan diferentes niveles de especialización de la red, desde muy generalizada (rojo) hasta muy especializada (púrpura).

Tiempo de recuperación de las interacciones de dispersión de semillas

En un segundo estudio, analicé la recuperación de las interacciones de dispersión de semillas después de la deforestación, basándome en los datos del campo que Jordy y yo hemos recolectado en los últimos dos años. Registramos interacciones de dispersión utilizando dos métodos diferentes en cada una de las 62 parcelas. Para el dosel y el sotobosque del bosque realizamos observaciones directas con binoculares y para el suelo del bosque utilizamos cámaras trampa y desplegamos frutos frente a ellas. También compilé y medí rasgos funcionales importantes para todas las especies vegetales y animales involucradas en estas interacciones para medir la diversidad funcional de las interacciones de dispersión de semillas.



las. Mis resultados preliminares muestran que la diversidad funcional de las interacciones aumenta con la edad de recuperación de las parcelas. Observé interacciones funcionalmente más diversas en las parcelas más antiguas y en los bosques maduros. En los bosques de recuperación temprana, observé principalmente interacciones entre aves pequeñas y plantas pioneras (Fig. 35). Según mi modelo, parece que la diversidad funcional de las interacciones de dispersión de semillas necesita un par de décadas para recuperarse a valores comparables a los de los bosques maduros.



Figura 35: Manakin de cabeza roja (*Ceratopipra mentalis*) y tangara de rabadilla de fuego (*Ramphocelus flammigerus*). Dos especies comunes observadas interactuando en bosques de recuperación temprana. Las interacciones entre animales grandes y plantas de sucesión tardía se restringieron a etapas posteriores de recuperación.

Bibliografía

- [1] 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.
- [2] H. F. Howe and J. Smallwood. Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 13:201–228, 1982.
- [3] P. Jordano, C. García, J. Godoy, and J. García-Castaño. Differential contribution of frugivores to complex seed dispersal patterns. *Proc. Nat. Acad. Sci. U. S. A.*, 104: 3278–3282, 2007.

SP4: Murciélagos y dispersión de semillas

Santiago Erazo, Universidad de Ulm, Alemania - Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Introducción

SP4 es la combinación de dos grupos diversos y multidisciplinarios. Nos enfocamos en murciélagos, mamíferos no voladores y aves (principalmente frugívoras), sus interacciones de dispersión de semillas y su importancia y papel en un gradiente de recuperación forestal en el Chocó ecuatoriano. Nuestro grupo, Marco Tschapka (IP), Santiago Burneo (colaborador principal) y yo (estudiante de doctorado) se desarrolla en torno a la dispersión de semillas por murciélagos. Matthias Schleuning (IP), Eike Lena Neuschulz (IP), Boris Tinoco (colaborador principal) y Anna Rebelo Landim (estudiante de doctorado) se enfocan en la dispersión de semillas por aves frugívoras y mamíferos no voladores. Además, SP4 estudia la lluvia de semillas. Durante el trabajo de campo, contamos con la valiosa colaboración de Parabiólogos capacitados, principalmente Jefferson Tacuri y Jordy Ninabanda. También contamos con la ayuda de Paola Ayala en diferentes actividades de laboratorio realizadas en el Museo de Zoología de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (QCAZ). El área de estudio se encuentra en Esmeraldas, en la región biogeográfica del Chocó en Ecuador. Esta región es parte del hotspot Tumbes-Chocó-Magdalena, importante por su diversidad y endemismo [3] y enfrenta amenazas constantes y crecientes generadas principalmente por la deforestación para la agricultura y la extracción de madera [1]. El paisaje del área de estudio consiste principalmente en pastizales, campos de cacao y diferentes niveles de regeneración forestal. Para entender cómo la diversidad, funcionalidad e interacciones ecológicas se ven afectadas por el tiempo de regeneración y la composición del paisaje, utilizamos murciélagos filostómidos como grupo de estudio. Este grupo se considera ideal para este tipo de estudio. Se ha demostrado que responde a la variación del ecosistema, tiene una amplia distribución, alta diversidad, etc. Además, son importantes contribuyentes a varios servicios ecosistémicos, como dispersores de semillas y polinizadores [2].

Diversidad de murciélagos

Para asegurar un trabajo de campo adecuado, ha sido necesario un entrenamiento constante. El área de estudio fue visitada previamente para entender sus características geográficas y ambientales. Esto nos permitió estar preparados para las diferentes adversidades y posibles complicaciones que podrían surgir durante el trabajo de campo. Además, antes de comenzar el trabajo de campo, se compiló una lista de posibles especies de murciélagos distribuidas en la región a partir de la literatura y se revisaron especímenes de la Colección de Mamíferos del QCAZ-M para determinar los caracteres morfológicos que facilitarían su identificación en el campo. A finales del 2023, después de cuatro campañas de campo durante las estaciones seca y lluviosa, completamos el muestreo en los 62 sitios, un total de 186 noches y 6138 horas/redes de muestreo. Se capturaron un total de 2571 individuos. Durante el trabajo de campo fue necesario recolectar varios especímenes, principalmente aquellos con caracteres morfológicos diagnósticos muy sutiles que generaron confusión taxonómica y requirieron una revisión más detallada para su identificación. Un total de 67 especímenes están depositados como colección de referencia en el museo QCAZ-M, registrados bajo el Contrato Marco MAAE-DBI-CM-2021-0165 emitido por el Ministerio del Ambiente del Ecuador. En los primeros meses de 2024, se completó la revisión morfológica de los especímenes recolectados. Además, se realizó la extracción de ADN y todo el proceso necesario para obtener las secuencias genéticas de aproximadamente 35 de los especímenes recolectados. Esta

información se utilizó para actualizar la base de datos y la lista de especies. Se registraron un total de 46 especies, distribuidas en cuatro familias (Emballonuridae, Phyllostomidae, Thyropteridae y Vespertilionidae). Sin embargo, solo se consideraron 42 especies de filostómidos como grupo de estudio, con 2558 individuos.



Figura 36: Diversidad de murciélagos: *Vampyroides major*.

Composición del paisaje y murciélagos filostómidos

Con la lista de especies y la base de datos actualizadas, pudimos continuar con los respectivos análisis para responder a nuestras preguntas de investigación. Para analizar cómo el ensamblaje de murciélagos filostómidos responde a la composición del paisaje en regeneración, calculamos los números de Hill ($q=0$, $q=1$ y $q=2$) como medidas de diversidad. Entre los resultados, se observó una correlación positiva entre los años de regeneración forestal y las medidas de diversidad. Por otro lado, al considerar la composición del paisaje, los Modelos Lineales Generalizados (GLM) de las medidas de diversidad mostraron una tendencia negativa con la disminución de la cobertura forestal, influenciada principalmente por el aumento de la cobertura de pastizales y la regeneración inicial. Los resultados muestran la importante diversidad de murciélagos en la región biogeográfica del Chocó. Las respuestas del ensamblaje a la composición de un paisaje con regeneración forestal son evidencia de los efectos pasados y presentes de la deforestación y modificación en la región del Chocó. Los resultados preliminares de esta sección de nuestro estudio fueron presentados en el IV Congreso Latinoamericano y del Caribe de Murciélagos (IV COLAM), en Cusco, Perú, en agosto de 2024. También, en el VI Congreso Ecuatoriano de Mastozoología (VI CEM), Tena, Ecuador, en octubre de 2024. En ambos congresos, tuvimos la oportunidad de reunirnos con importantes investigadores y apreciar los estudios significativos que se están llevando a cabo en diferentes partes del mundo. Durante ambas presentaciones, recibí comentarios muy positivos y constructivos sobre nuestra investigación. Además, tuve el honor de ganar el 'Premio a la Mejor Presentación de Estudiante de Posgrado en el VI CEM'.

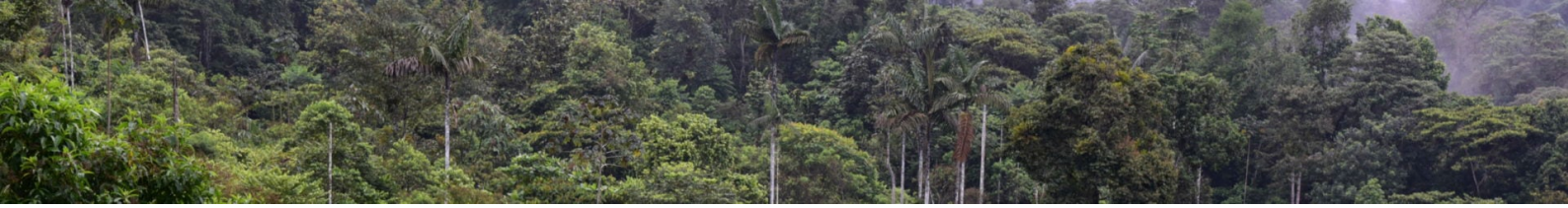


Figura 37: Congreso: VI CEM.

Murciélagos frugívoros y dispersión de semillas

Como parte de nuestros objetivos, buscamos entender el papel de los murciélagos como dispersores de semillas en un paisaje forestal regenerado. Identificar la diversidad de semillas y las interacciones murciélago-planta para determinar posibles patrones de dispersión y su influencia en la regeneración. Durante el trabajo de campo, fue posible recolectar más de 1000 muestras fecales entre los 2500 murciélagos capturados. Las muestras están depositadas en el QCAZ-M. En el primer trimestre de 2024, después del exhaustivo trabajo realizado por Paola Ayala, fue posible procesar todas las muestras. El proceso involucró identificar y separar las semillas por morfotipo, determinar su abundancia aproximada y preservar las muestras adecuadamente. Se necesitó mucho tiempo y práctica para identificar las semillas, donde se consideraron características como tamaño, forma, color y textura, entre otras. Se identificaron aproximadamente 100 morfotipos de semillas, distribuidos entre 22 especies de murciélagos. Para confirmar la identificación taxonómica de las semillas, se preparó una muestra de cada morfotipo y se envió al laboratorio de la Universidad de Múnich, Alemania. En este laboratorio, el profesor Alexander Keller y su equipo realizaron los análisis correspondientes para obtener el código de barras de los diferentes morfotipos. Después de los análisis, se han identificado aproximadamente 45 especies de semillas dispersadas por murciélagos.

Bibliografía

- [1] V. Gonzalez-Jaramillo, A. Fries, R. Rollenbeck, J. Paladines, F. Oñate-Valdivieso, and J. Bendix. Assessment of deforestation during the last decades in Ecuador using noaa-avhrr satellite data. *Erdkunde*, 70(3):217–235, 2016.
- [2] R. Medellín. Sustaining transboundary ecosystem services provided by bats. In L. López-Hoffman, E. McGovern, R. Varady, and K. Flessa, editors, *Conservation of Shared Environments: Learning from the United States and Mexico*. University of Arizona Press, 2009.
- [3] R. A. Mittermeier, P. R. Gil, M. Hoffman, J. Pilgrim, T. Brooks, C. G. Mittermeier, J. Lamoreux, G. A. B. da Fonseca, and P. A. Saligmann. *Hotspots Revisited: Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions*, volume 392. CEMEX, Mexico City, 2004.

SP5: Reclutamiento de plántulas de árboles e interacciones con herbívoros durante la recuperación forestal

Eva Tamargo López, Philipps-Universität Marburg

Progreso del trabajo

El 2024 fue el año de cierre del trabajo de campo para SP5. En otros 4 meses en el increíble bosque de Canandé y Tesoro Escondido, el último año de monitoreo pasó con mucha diversión y nuevos recuerdos. Con la ayuda de los tres nuevos estudiantes de maestría (Stella Drechsler, Niko Ioannidis y Marco Hügel) y nuestro nuevo parabiólogo Miguel Ángel Tacuri, logramos monitorear nuestras 39 parcelas, con un muestreo adicional de artrópodos realizado por Niko y Miguel. Con el fin de aumentar la comprensión de las defensas anti-herbívoros en algunas de las especies más comunes en el área de estudio, también recolectamos volátiles (o compuestos orgánicos volátiles) de cuatro especies comunes de árboles: *Brosimum utile*, *Banara guianensis*, *Protium equadorensis* y *Wettinia quinaria*. El inicio del trabajo de campo fue apoyado por la presencia de Nina Farwig y Sybille Unsicker en Canandé, dos de las investigadoras principales de SP5. Su presencia fue de gran ayuda para mejorar nuestra metodología y nos permitió disfrutar de su agradable compañía y grandes bocadillos en estos bosques tropicales (fig.38).



Figura 38: Equipo de campo de SP5 2024.

Con la invaluable ayuda de Miguel, también logré monitorear por primera vez las otras 24 parcelas no PREX. Fue una aventura emocionante que me permitió visitar toda el área de estudio de Reassembly. El 2024 fue un año emocional, lleno de despedidas, que muestra otras perspectivas de las ventajas de trabajar en esta increíble área, como poder conocer personas hermosas que siempre permanecerán en mi corazón.

Además del trabajo de campo en nuestro paraíso tropical, también logramos algunos avances. Pude presentar nuestro trabajo “Recuperación de interacciones plántula de árbol-herbívoro a lo largo de una cronosecuencia tropical” en la reunión anual de la Sociedad Europea de Ecología Tropical en Lisboa en febrero de 2024 (fig.39). Esta fue una gran oportunidad para presentar nuestros avances a la comunidad científica y conectar con investigadores que trabajan en la misma área de investigación que yo.



Figura 39: Presentación en la Sociedad Europea de Ecología Tropical en Lisboa (Febrero del 2024).

También estamos avanzando rápidamente con la identificación por código de barras de especies, añadiendo más detalles a nuestros datos. Esto solo es posible gracias a la ayuda experta de Sebastián Escobar (CM) y Alexander Keller y su equipo (SP3).

Tercera temporada de campo: Enfoque PREX y muestreo de artrópodos

Tres años después del experimento de perturbación, comenzamos a centrarnos en los datos de PREX. Ya hemos registrado la recuperación de plántulas de árboles en 25 de las 39 parcelas perturbadas. Estoy deseando explorar cómo el bosque, los árboles adultos en los alrededores y el tiempo de recuperación del bosque están influyendo en las comunidades de plántulas que se recuperan después de la perturbación. Este será el principal enfoque de Stella también, quien se concentrará en el Experimento de Perturbación - Recuperación en su tesis de maestría (fig.40).



Figura 40: Stella Drechsler midiendo una *Wettinia quinaria* en un tratamiento cercado no perturbado.

También es emocionante añadir información sobre la recuperación de artrópodos. Este será el enfoque de la tesis de maestría de Niko el próximo año y ayudará a aumentar nuestra comprensión de las interacciones plántula-árbol, ya que describiremos, no solo la recuperación

de la comunidad de plántulas, sino también su contraparte, la comunidad de insectos. Es interesante notar que, aunque no participamos en el proyecto BugNet por razones de tiempo, seguimos su protocolo de muestreo [1] para llevar a cabo nuestro muestreo. Esto puede llevar a conclusiones interesantes sobre la recuperación de artrópodos, ya que este proyecto internacional tiene solo algunos puntos en Sudamérica (fig.41).



Figura 41: Miguel Tacuri y Niko Ioannidis realizando muestreo de insectos en el sotobosque en una parcela de pastizal joven.

Primer borrador del artículo y expectativas futuras

Después de una extensa limpieza y análisis de los datos, ¡finalmente estamos comenzando a ver la luz al final del túnel! SP5 está a punto de enviar su primer manuscrito sobre la recuperación taxonómica y funcional de plántulas de árboles a lo largo de nuestra cronosecuencia tropical. Trabajar en este primer capítulo de mi doctorado ha sido emocionante para mí. Finalmente puedo ver cómo mi arduo trabajo de campo se convierte en un hermoso manuscrito; y esto me ha permitido entender algunas de las dinámicas en la recuperación forestal. En este manuscrito explicamos que la rápida recuperación taxonómica (fig.42) podría estar relacionada con la cobertura forestal en el paisaje circundante. También vemos una tendencia positiva en la recuperación de la diversidad funcional con valores crecientes de diversidad hacia el bosque maduro. Con la información adicional recolectada y procesada este año, identificamos un posible estancamiento funcional en las legados de pastizales para algunos rasgos como la dureza de las hojas. ¡Más detalles serán dados en el manuscrito, así que estén atentos!

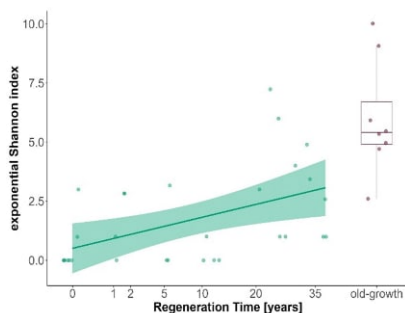


Figura 42: Recuperación de la diversidad de especies con la edad del bosque, mostrando un rápido aumento en el índice de Shannon exponencial con el tiempo, sin alcanzar aún los niveles de bosque maduro, como lo muestra el diagrama de caja del bosque maduro.

Expectativas futuras

Nuestros planes futuros son:

1.- Publicación sobre la recuperación de la red de herbivoría. Esta publicación será un trabajo conjunto con Marco Hügel y Lukas Werner para desentrañar los procesos detrás de los patrones de recuperación de la herbivoría.

2.- Publicación sobre la recuperación de plántulas de árboles después de una perturbación antropogénica (PREX). Junto con Stella Drechsler identificaremos los principales factores que influyen en la recuperación de plántulas de árboles después de una fuerte perturbación de deforestación en un bosque tropical de tierras bajas.

3.- Guía de campo de plántulas de árboles de Canandé y Tesoro. Por último, una vez que se complete el análisis de nuestros códigos de barras, compilaremos una guía de campo de plántulas de árboles para ayudar a los próximos investigadores que visiten el increíble bosque del Chocó en Canandé y Tesoro Escondido.

Conclusión y perspectivas

Nuestro trabajo está proporcionando importantes ideas sobre las dinámicas de la recuperación de plántulas de árboles a lo largo de nuestro gradiente sucesional. La diversidad de plántulas aumenta de manera consistente una vez que las tierras se abandonan y comienza la sucesión, pero este proceso puede verse ralentizado por el legado del impacto humano.

En conclusión, aunque la regeneración natural puede impulsar la recuperación del ecosistema, es importante arrojar luz sobre los factores (a) bióticos y (a) bióticos que promueven o dificultan este proceso. Esto puede ayudar a implementar acciones para mejorar la recuperación del bosque desde todas las perspectivas.

Para concluir, nuestro proyecto avanza de manera constante. El 2025 será el año en el que todo nuestro trabajo se cierre con tres hermosas publicaciones con todo el conocimiento adquirido sobre la recuperación de interacciones plántula de árbol y herbívoros en los Bosques Tropicales de Tierras Bajas Perennes.



Figura 43: La belleza de Canandé, la Reserva Jocotoco. Foto de Niko Ioannidis.

Bibliografía

[1] t. W. I. f. S. University of Bern, A. R. SLF, and the Oeschger Centre for Climate Change Research OCCR (Switzerland). Bug-network project. <https://www.bug-net.org/invertebrate-sampling-protocol/>. Último acceso: 26 de noviembre de 2024.

SP6: Escarabajos peloteros y recuperación forestal

Karen Marie Pedersen, TU Darmstadt con contribuciones de Jan Johan, y Anne-Sophia Jatsch

¿Quiénes conforman el SP6?

Este año, nuestro equipo creció nuevamente y ahora está compuesto por tres supervisores, Nico Blüthgen, Thomas Schmitt y Diego Marín-Armijos, el colaborador Santiago Villamarín-Cortez, la estudiante de doctorado Karen Marie Pedersen, el estudiante de maestría Jan Johan, la asistente de campo Anne-Sophia Jatsch¹, y nuestro asistente de investigación y experto disector de escarabajos peloteros Simon Heck. Colectivamente, estudiamos los escarabajos peloteros en el contexto de la RECONSTRUCCIÓN.



(a) Anne con cebo de escarabajos peloteros en el campo. (b) Anne trabajando con los cebos volátiles.

Figura 44: Le pedí a Anne que me enviara fotos de ella en el campo. Estas son esas fotos, y creo que capturan perfectamente su entusiasmo. No puedo esperar para ver las abejas de las orquídeas.

¿Qué logramos este año?

Creo que mi atracción personal por los escarabajos peloteros proviene de sus contribuciones duales a la descomposición y la dispersión de semillas [2], además de sus excelentes personalidades. En años anteriores, he escrito mucho sobre mi trabajo de campo y un poco menos sobre otros aspectos de la investigación. Este año fue el primero en el que no recolecté datos en el campo. Esto me permitió centrarme más en la escritura, el análisis de datos y mejorar mis habilidades matemáticas y analíticas de datos (aún en proceso). Tuvimos un artículo publicado en marzo y pudimos enviar el artículo sobre las redes de escarabajos peloteros de múltiples recursos en el contexto de la recuperación forestal en junio, y esperamos volver a enviar la versión revisada el próximo mes (diciembre). Si bien los artículos son el producto más prestigioso de nuestro trabajo, hay muchos pasos que consumen tiempo antes de llegar al artículo. Cada paso produce su propio producto. Este año generamos otros productos. Estos incluyeron la organización de la información sobre claves de especies para los escarabajos peloteros en Canandé, lo que permitirá a otros trabajar más fácilmente con este grupo, códigos de barras para la mayoría de las especies de escarabajos peloteros, fotos

¹Debido a la sequía de este año, hay muy pocos escarabajos peloteros, por lo que Anne podría terminar estudiando abejas de las orquídeas y otros insectos atraídos por trampas volátiles.

de las especies de escarabajos peloteros, y datos limpios sobre dispersión de semillas. También comenzamos el análisis para el artículo sobre dispersión de semillas, avanzamos en el análisis de los datos de remoción de estiércol (recolectados por las cámaras modulares), comenzamos a recolectar escarabajos peloteros con trampas volátiles y comenzamos el trabajo de laboratorio para el metabarcoding de los contenidos intestinales de los escarabajos peloteros.

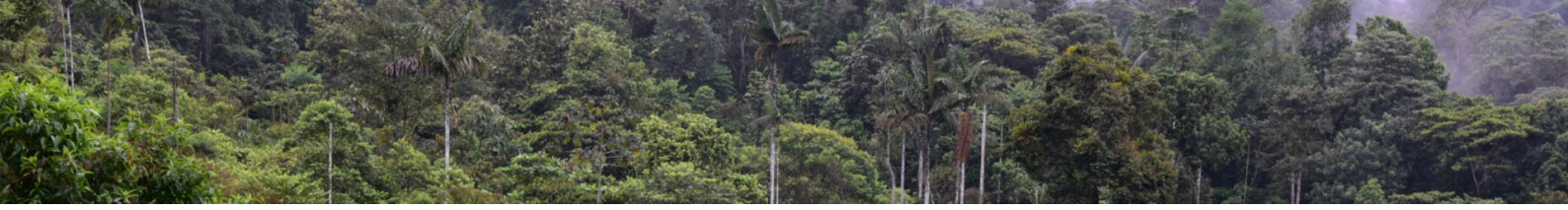
Trabajo de campo

No estuve personalmente en el campo este año. Sin embargo, las últimas colecciones de campo utilizando trampas volátiles fueron instaladas por Anne en el campo este año. Estas trampas utilizan volátiles que se sabe que son volátiles de estiércol en diferentes combinaciones. Sin embargo, debido al año extremadamente seco, se han recolectado muy pocos escarabajos peloteros, incluso con los cebos de estiércol, que normalmente funcionan mejor que las trampas volátiles. Esto significa que los datos de estas trampas probablemente no se usarán para estudiar los escarabajos peloteros. Sin embargo, esto no quiere decir que las trampas no estén produciendo datos. Las abejas de las orquídeas parecen estar atraídas por las trampas. Esto significa que probablemente habrá un cambio para estudiar las abejas de las orquídeas y analizar sus preferencias volátiles. Anne tiene una gran actitud, lo cual es perfecto para este tipo de trabajo de campo (fig. 44).

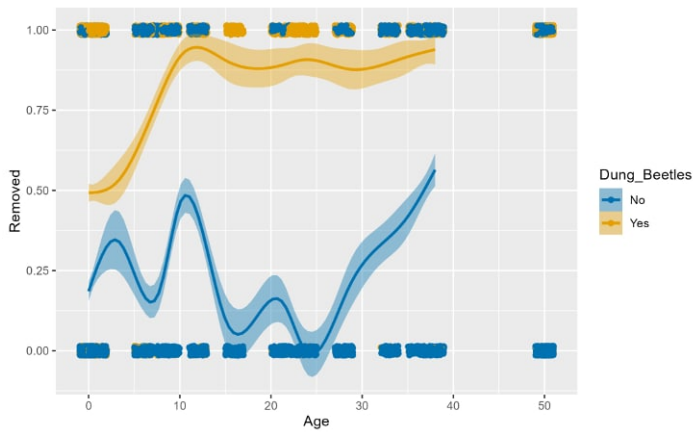
Dispersión secundaria de semillas

Dentro del PREX, colocamos 200 g de estiércol de cerdo con mezclas de semillas estandarizadas con semillas de entre 1 mm y 30 mm de largo, representando un rango realista de tamaños de semillas. Las semillas fueron recolectadas de árboles locales. Se colocaron dos mezclas de semillas con estiércol en cada tratamiento del PREX, una con una exclusión de escarabajos peloteros sobre ella y otra abierta a los escarabajos. Luego regresamos después de cuatro días para contar el número de semillas restantes, medir la distancia desde el punto central, contar el número de túneles de escarabajos peloteros y medir las bocas de los túneles. Este año, obtuve acceso al conjunto de datos completo gracias a que Edith me trajo los cuadernos de campo. Luego pude ingresar los datos restantes en una hoja de cálculo. Este es un conjunto de datos grande con 6840 filas y 14 columnas, lo que equivale a 95,760 celdas, para los datos específicos de las semillas. También hay datos específicos de los tratamientos en otras hojas de datos. Esto es demasiado para verificar manualmente con precisión, así que comprobé la entrada de datos utilizando código en R que identificó tratamientos faltantes, valores atípicos y errores ortográficos. Esto tomó algo de tiempo, pero valió la pena al final.

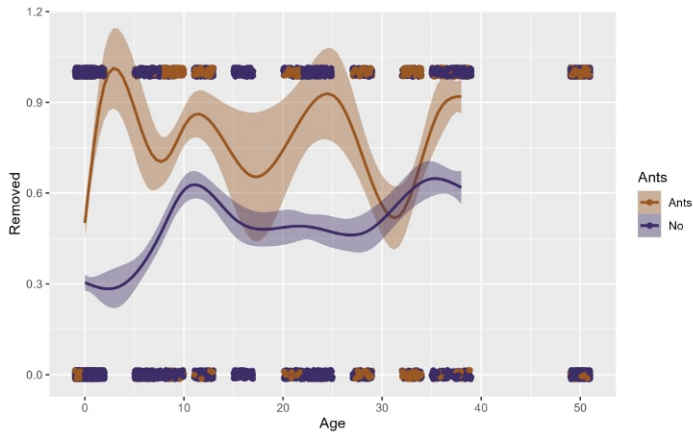
Presento un análisis preliminar aquí, ya que los datos limpios solo se produjeron el 11 de noviembre de 2024. Los resultados con estos datos completos pero limpios no son tan diferentes de los datos parciales y sucios del año pasado. Así que, si se siente un poco como un *deja vu*, no está equivocado. Usando el conjunto de datos completo, queríamos ver qué variables de las variables recolectadas son importantes para la remoción de semillas. Para esto, ejecutamos un GLMM con una distribución binomial. Dentro del modelo, nuestros efectos fijos fueron la presencia o ausencia de escarabajos peloteros, la presencia o ausencia de hormigas, la edad del bosque como variable de rango, luego escalada, el largo de las semillas, si el sublote estaba cercado o no, y si el lote estaba perturbado o no. Incluimos el ID del tratamiento (que corresponde a la ubicación) como un factor aleatorio en el modelo. Las variables del PREX (cercado y perturbación) no son significativas. Otras variables son significativas: la presencia de escarabajos peloteros aumenta la remoción de semillas



(p -valor < 0.0001), la presencia de hormigas también aumenta la remoción de semillas (p -valor < 0.0001), la edad del bosque en rango también aumenta la remoción de semillas (p -valor = 0.0003), y las semillas más largas son menos propensas a ser removidas (p -valor < 0.0001) (fig. 45). La remoción de semillas por hormigas probablemente sea destructiva, ya que observamos el consumo de semillas por hormigas en el campo, por lo que probablemente sea un efecto neto negativo para la supervivencia de las semillas. La remoción de semillas por escarabajos peloteros no es inmediatamente destructiva, ya que los escarabajos peloteros no consumen las semillas y, en su lugar, dificultan que los depredadores de semillas, como roedores y hormigas, las encuentren, lo que las hace más propensas a ser un efecto neto positivo para la supervivencia de las semillas.



(a) Gráfico de las semillas que son removidas (1) o no removidas (0) en el eje y, y la edad del bosque en el eje x. Cada semilla en el conjunto de datos está representada por un círculo, y los tratamientos con escarabajos peloteros están coloreados en amarillo, aquellos donde los escarabajos fueron excluidos están en azul.



(b) Gráfico de las semillas que son removidas (1) o no removidas (0) en el eje y, y la edad del bosque en el eje x. Cada semilla en el conjunto de datos está representada por un círculo, y los tratamientos con hormigas están coloreados en marrón, aquellos donde no se observaron hormigas están en morado.

Figura 45: Remoción de semillas a través de la secuencia cronológica. El gráfico de dispersión muestra que la presencia de hormigas genera mucho ruido en los datos de remoción de semillas.

Dissecciones de escarabajos peloteros para redes de escarabajos peloteros de mamíferos

Le pedí a Alex Keller si podía probar su protocolo para metabarcoding con COI en los escarabajos peloteros. Desde el principio, fui

escéptica de que los primers que no filtran algunos organismos funcionarían bien porque se esperaría que hubiera mucho ADN de escarabajos peloteros en relación con el ADN objetivo de mamíferos en los tractos digestivos de los escarabajos peloteros. Sin embargo, uno nunca sabe hasta que lo prueba, y él amablemente probó el protocolo. Desafortunadamente, los resultados fueron principalmente ADN de escarabajos peloteros. Después de eso supe que tendríamos que usar los primers de mamíferos como lo hicimos anteriormente [3]. Esta vez los hemos modificado para que funcionen con un secuenciador Illumina, y tengo la esperanza de que podamos obtener datos de un mayor número de escarabajos peloteros que la última vez. Sin embargo, el trabajo molecular siempre es un poco delicado, y los pequeños cambios pueden presentar problemas inesperados. Ahora que tenemos los materiales, hemos comenzado las disecciones de los escarabajos peloteros recolectados en el estudio de múltiples recursos para el análisis del contenido intestinal. David Donoso muy amablemente transportó los escarabajos peloteros de la segunda ronda de colecciones desde Ecuador hasta Alemania, por lo que tenemos aún más muestras de las que teníamos al principio del año. Comenzar este proceso fue mucho más lento de lo que anticipábamos, porque la compra de materiales nunca parece ser un proceso sencillo. Parece que debería seguir un orden lógico. Primero haces tu lista, encuentras el precio más bajo y luego compras los materiales. En la práctica, esto nunca parece funcionar. Pasamos cuatro meses yendo y viniendo con uno de los proveedores antes de poder comprar algunos de los reactivos necesarios y cumplir con los requisitos universitarios. Otro proveedor envió los materiales tres meses después de haber sido ordenados. Esto, entre otros aspectos, causó mucha frustración y retrasos. Parte de esto, por supuesto, se debe a mi inexperiencia y falta de tolerancia para tareas increíblemente tediosas con muchos obstáculos aparentemente tontos. Anticipo que obtendremos excelentes datos de esto en el próximo año, y estoy emocionada de escribir ese artículo.

Eurysternus foedus



Characters for the species *Eurysternus foedus*: Species within the foedus species group have a body size between 12.0 and 25.0 mm. The body surface covered by short setae of size uniform, but with some longer tufts at the elytral apex and on margins of head and pronotum. Eyes poorly visible in dorsal view. The pronotal surface is irregular with concavities or depressions. The elytra have variable often alveolate microsculpture on the surface. The elytral interstriae are narrow. The posterior coxae are unicolor. The metatibial spine sessile in males. *E. foedus* can be differentiated from *E. strebilus* with the following characters. Body size is

Figura 46: Un ejemplo de uno de los conjuntos de fotos y descripciones de caracteres de especies de la guía preliminar de escarabajos peloteros.

Guía de escarabajos peloteros

Este año, pasé mucho tiempo organizando y generando información y materiales para facilitar la identificación de escarabajos peloteros en Canandé por parte de los estudiantes. Para hacer esto, creé una lista de especies y organicé todos los caracteres de géneros y especies y citas cuando fue posible. Luego tomé fotos apiladas de los escarabajos que

había clavado. Las fotos eran demasiado grandes para ser incluidas en un solo documento, por lo que escribí un código en Python para redimensionarlas automáticamente. Luego tomé el archivo Excel y las fotos y, en un archivo rmarkdown, escribí algunas funciones que extraían automáticamente todas las fotos más pequeñas del directorio con las fotos de especies y las celdas con las descripciones de caracteres de especies en el Excel. Esto generó un documento bastante feo pero útil que servirá como base para una guía más profesional de escarabajos peloteros (fig. 46).



(a) Las cajas son escarabajos peloteros anotados.



(b) Resaltados en cajas moradas están los objetos en movimiento.

Figura 47: Este método reveló algunos escarabajos peloteros que había pasado por alto antes y aumentó enormemente mi velocidad de anotación. También me ha permitido aumentar la cobertura de imágenes anotadas a lo largo de todo el time-lapse. Nuevamente, basado en el artículo mencionado anteriormente, parece que algunos ajustes en el modelo han aumentado la precisión media en 0.5 y la recuperación en al menos 1.5. Esto aún está por investigarse más a fondo.

Actividad de los escarabajos peloteros

Jan comenzó como estudiante de licenciatura en el SP6, y estamos muy contentos de que haya seguido trabajando con nosotros como estudiante de maestría. Él tiene algunas habilidades técnicas valiosas que lo hicieron un buen fit para nuestro trabajo con las cámaras de escarabajos peloteros. El objetivo de las cámaras era entender mejor las ventanas de actividad de los escarabajos peloteros y las tasas de remoción de estiércol a medida que el bosque se recupera. Le pedí que proporcionara un breve resumen del progreso que hizo durante el último año, y ese texto está incluido a continuación.

Este proyecto siempre ha sido un desafío. Desde intentar diseñar un sistema de cámaras impermeables y de bajo costo hasta lidiar con los datos desordenados que generaba. Antes de comenzar, nunca había oído el término “microcontrolador” y pensaba que el aprendizaje automático era brujería. Al final de la temporada de campo, nos encontramos con dispositivos de monitoreo bastante decentes y fáciles de usar. Y respecto a la brujería: ¡estoy llegando! Hasta ahora tenemos 1327 anotaciones de escarabajos peloteros en 699 imágenes. El proceso de anotación aún no ha terminado, pero se ha vuelto mucho más rápido con la ayuda de un algoritmo de visión por computadora que descubrí basado en un artículo previo [1]. Esto me permite resaltar el movimiento en las fotos de time-lapse (fig. 47).

Bibliografía

- [1] M. S. Kesselring, J. C. M. de la Fuente, F. Thomsen, J. Eisert, S. D. Bartlett, and B. J. Brown. Anyon condensation and the color code. 2022. doi: 10.48550/ARXIV.2212.00042.
- [2] E. Nichols, S. Spector, J. Louzada, T. Larsen, S. Amequita, M. Favila, and SR. Network. Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. *Biological Conservation*, 141(6):1461–1474, 2008. doi: 10.1016/j.biocon.2008.04.011.
- [3] K. M. Pedersen, C. Von Beeren, A. Oggioni, and N. Blüthgen. Mammal dung–dung beetle trophic networks: An improved method based on gut-content DNA. *PeerJ*, 12: e16627, Mar. 2024. ISSN 2167-8359. doi: 10.7717/peerj.16627.

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

Nina Grella, Universität Bayreuth

Progreso del trabajo

2024 fue el año en que SP7 finalmente terminó la última temporada de campo y donde recuperamos todos los datos de nuestros experimentos. En 2023 instalamos un gran experimento de descomposición de madera muerta en las parcelas PREX con más de 1000 piezas de madera. Dejamos la madera muerta en las parcelas para investigar las tasas de descomposición dependiendo de la edad del bosque, las perturbaciones y los tratamientos con cercas. Después de retirar y medir la primera mitad de las maderas en otoño de 2023, recuperamos la segunda mitad esta primavera después de darle un año para ser descompuesta por artrópodos y hongos. La mayor parte del trabajo de campo fue realizado principalmente por nuestro increíble parabiólogo Holger, con quien recolectamos datos de madera en las temporadas anteriores. Yo y el resto del equipo de SP7 estábamos muy contentos de tener a Holger en nuestro equipo y poder contar con su fiabilidad y creatividad para resolver problemas. Durante este tiempo, estuve trabajando en Bayreuth en las muestras de hormigas y termitas de las temporadas anteriores. Las agrupé en morfoespecies y las preparé para ser codificadas (Fig. 50, 49). Ahora, a finales del año, he obtenido 2700 secuencias de ADN de los miles de insectos que he recolectado y ya he identificado la mayoría de sus especies con la ayuda de David Donoso utilizando árboles filogenéticos y rasgos morfológicos. Este año me emocionó mucho que mi primer artículo como primer autor sobre comunidades de vertebrados a lo largo del gradiente de recuperación del bosque fuera aceptado para su publicación recientemente [1]. Este artículo se basó en datos derivados de trampas fotográficas que el equipo de Jörg Müller había instalado en las parcelas al comienzo del proyecto Reassembly. Con este estudio mostramos que los bosques en regeneración tienen un alto potencial para la recuperación de la diversidad de vertebrados y sentamos las bases para otros estudios sobre evaluaciones rápidas de vertebrados utilizando trampas fotográficas en nuestra área de estudio.



Figura 48: Nina trabajando en la identificación de insectos al microscopio en Bayreuth.

Conferencias

En septiembre de 2024 tuve la oportunidad de presentar los resultados de mi análisis de alados voladores de hormigas y termitas en nuestra área de estudio en la 53ª conferencia anual de la sociedad ecológica alemana en Freising. Los datos fueron recolectados por el equipo de Jörg Müller, quien muestreó una variedad de insectos con trampas luminosas, y se me dio la oportunidad de analizar las comunidades de hormigas y termitas. Esto fue especialmente interesante para mí, porque la distribución de reproductores voladores puede contribuir a desentrañar los efectos del filtrado del hábitat y la limitación de dispersión de los insectos sociales.

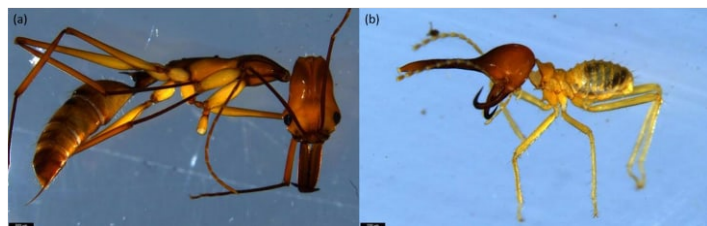


Figura 49: Dos bonitos especímenes de insectos recolectados en Canandé. (a) la hormiga de mandíbula trampa *Odontomachus hastatus* y (b) una termita perteneciente al género *Rhynchotermes*.

Trabajos previos del ex estudiante de doctorado Philipp Hönle han demostrado que la riqueza de especies de obreras de hormigas originarias de nidos sésiles no difiere a lo largo de nuestro gradiente de regeneración, pero que la composición comunitaria sí lo hace dependiendo de la edad del bosque [2, 3]. Con los datos de alados reproductores, que emergen de sus nidos para aparearse y la posterior fundación de nuevas colonias, mostré que la composición comunitaria no difiere a lo largo del gradiente de regeneración, sino que está impulsada por la ubicación de las parcelas para hormigas y termitas (Fig. 50). Esto indica que la limitación de dispersión no es un factor importante que explique la diferente composición comunitaria de obreras dependiendo de las edades de regeneración de las parcelas y proporciona evidencia de que el filtrado del hábitat podría ser un mecanismo importante que moldea las comunidades de hormigas y termitas en nuestra área de estudio. Para las termitas pronto tendré los resultados sobre la distribución de obreras a lo largo del gradiente de regeneración de mi propio trabajo de campo. Estoy deseando combinar toda esta información y ponerla en un panorama más amplio para explicar los mecanismos de distribución de insectos sociales y estoy emocionada de presentar estos resultados en febrero de 2025 en la 8ª Conferencia Europea de Ecología Tropical en Ámsterdam.

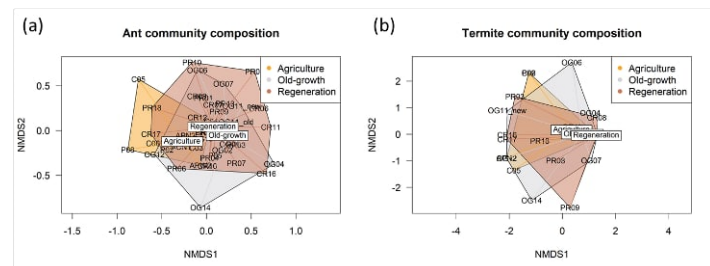
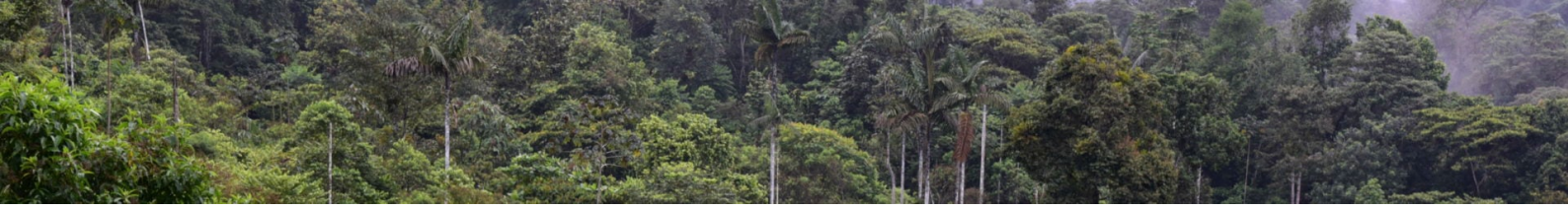


Figura 50: NMDS de alados de hormigas (a) y termitas (b) atrapados en trampas luminosas en tierras agrícolas, bosques en regeneración y bosques maduros.

Bibliografía

- [1] N. Grella, K. Pedersen, N. Blüthgen, A. Busse, D. A. Donoso, A. Falconí-López, C. Fiderer, M. Heurich, M. de la Hoz, P. Kriegel, F. L. Newell, M. Püls, D. Rabl,



- M. Schäfer, S. Seibold, C. J. Tremlett, H. Feldhaar, and J. Müller. Vertebrate diversity and biomass along a recovery gradient in a lowland tropical forest. *Biotropica*, (accepted).
- [2] P. O. Hoenle, D. A. Donoso, A. Argoti, M. Staab, C. von Beeren, and N. Blüthgen. Rapid ant community reassembly in a neotropical forest: Recovery dynamics and land-use legacy. *Ecological Applications*, page e2559, 2022.
- [3] P. O. Hoenle, M. Staab, D. A. Donoso, A. Argoti, and N. Blüthgen. Stratification and recovery time jointly shape ant functional reassembly in a neotropical forest. *Journal of Animal Ecology*, 92(7):1372–1387, 2023.

SP7b: Madera muerta e insectos saproxílicos

Ana Falconí López, Universität Würzburg



Figura 51: Ana en la Reserva Tesoro Escondido.

Lo que todos deberían saber sobre mi trabajo

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

La madera muerta es un recurso crítico para la biodiversidad global de los bosques, proporcionando hábitat para una amplia variedad de invertebrados y hongos. Mientras que muchas especies se benefician de forma oportunista de la madera muerta, aproximadamente un tercio de todas las especies de insectos forestales son saproxílicas y dependen exclusivamente de esta en algún momento de su ciclo de vida. Desafortunadamente, muchas de estas especies están en riesgo en paisajes gestionados intensivamente. Durante las últimas décadas, numerosos estudios se han centrado en la conservación de esta fauna, examinando particularmente los impactos de las prácticas de manejo forestal y las perturbaciones naturales. Sin embargo, existen importantes lagunas de conocimiento, especialmente en los bosques subtropicales y tropicales, donde se necesita con urgencia más investigación.

Para abordar estas lagunas, y después de tres años de trabajo de campo (2022-2024), completamos con éxito todos los experimentos planificados para nuestro proyecto (Fig.50). Estos han sido años de aprendizaje y autoconocimiento, en los cuales hemos valorado el trabajo en equipo y destacado la gran labor de nuestros parabiólogos.

Un breve resumen del año

Comencé el 2024 viajando a Alemania para asistir a nuestro taller de enero, donde pudimos observar los avances y resultados preliminares de todos nuestros colegas en los diferentes proyectos de Reassembly. En esta ocasión, presenté los resultados preliminares de mi segundo artículo sobre la diversidad y las redes de hospedadores de escarabajos saproxílicos. Luego viajé al Bosque Bávaro durante un mes y medio para terminar mi primer capítulo de artículo (Patrones de cantidad y diversidad de madera muerta) y trabajé con mi tutor Jörg para resolver los comentarios de los revisores y enviarlo para su revisión final.



Figura 52: Experimento de exclusión de insectos WP5; removimos la última madera muerta expuesta de diferentes jaulas y parcelas después de un año.

Regresé a Ecuador a mediados de febrero y pude organizar toda la logística para mi último viaje de campo a las reservas de Canandé y Tesoro Escondido, de febrero a marzo de 2024. Para este trabajo de campo, planeamos recolectar los troncos de nuestro último experimento de exclusión de insectos en las 32 parcelas PREX. Todavía teníamos que recolectar los troncos después de un año de haberlos colocado en las diferentes jaulas y parcelas (Fig.51). Luego, cortamos los extremos de cada tronco para tomar muestras para hongos y medir la descomposición de la madera como pérdida de masa (peso y volumen); el volumen de las secciones de 5 cm se midió por desplazamiento de agua; las secciones cortadas se secaron a 80 °C hasta que la masa permaneciera constante (Fig.52).



Figura 53: Experimento WP5: secciones de madera cortadas y secadas a 80 °C hasta que la masa permanezca constante.

Después del trabajo de campo, pude enviar todas mis microplacas con los escarabajos recolectados durante mis últimas temporadas de campo (Fig.53). Finalmente, obtuve los resultados de los códigos de barras genéticos para organizar las especies con la orientación de mis tutores David y Jörg; logramos identificar alrededor de 90 especies de escarabajos.

Estos datos nos ayudarán a: i) caracterizar las respuestas de las comunidades saproxílicas a la degradación forestal, ii) analizar el reensamblaje de redes complejas de comunidades saproxílicas tras disturbios antro-

pogénicos, y iii) cuantificar el efecto de las comunidades saproxílicas y sus interacciones bióticas en las tasas de descomposición a lo largo del gradiente de recuperación forestal en un bosque tropical.

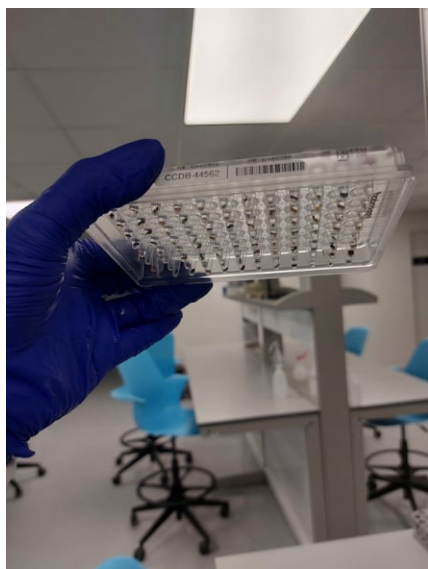


Figura 54: Microplacas con escarabajos.

En marzo, tuve la oportunidad de participar en el taller organizado por REASSEMBLY en la Universidad de las Américas (UDLA) en Quito (Figuras 54 y 55). Junto con otros estudiantes de doctorado, presenté un póster. Mi contribución se centró en la investigación que he realizado para mis dos artículos, que exploran los patrones de madera muerta y las redes de hospedadores de escarabajos.



Figura 55: Taller en la UDLA (sitio web UDLA, 2024).



Figura 56: Reassembly (sitio web UDLA, 2024).

El asombroso y poco conocido mundo de los insectos saproxílicos y la madera muerta en los trópicos

Finalmente, mi primer artículo 'Patrones de cantidad y diversidad de madera muerta a lo largo de un gradiente de recuperación natural del bosque desde áreas agrícolas hasta bosques tropicales maduros de tierras bajas' fue aceptado en mayo. Me alegró mucho poder contribuir a esta área que aún no está tan explorada en los trópicos. Nuestros hallazgos no mostraron un aumento significativo en el volumen de madera muerta a lo largo del tiempo durante la recuperación del bosque. Sin embargo, la diversidad en los tamaños, etapas de descomposición y tipos de desechos leñosos gruesos (CWD) sí aumentó a lo largo del gradiente de recuperación, independientemente del uso previo del suelo. La masa de desechos leñosos finos (FWD) aumentó en general a lo largo del gradiente, impulsada principalmente por un aumento notable en áreas que fueron pastizales, mientras que no se observaron cambios destacables en áreas previamente utilizadas para plantaciones de cacao. Sugerimos que la variedad de tamaños y etapas de descomposición de la madera muerta presente en estos dos sistemas agrícolas tropicales principales puede ofrecer recursos valiosos para los organismos saproxílicos y representar un potencial de almacenamiento de carbono subestimado fuera de los bosques maduros (Fig.56).

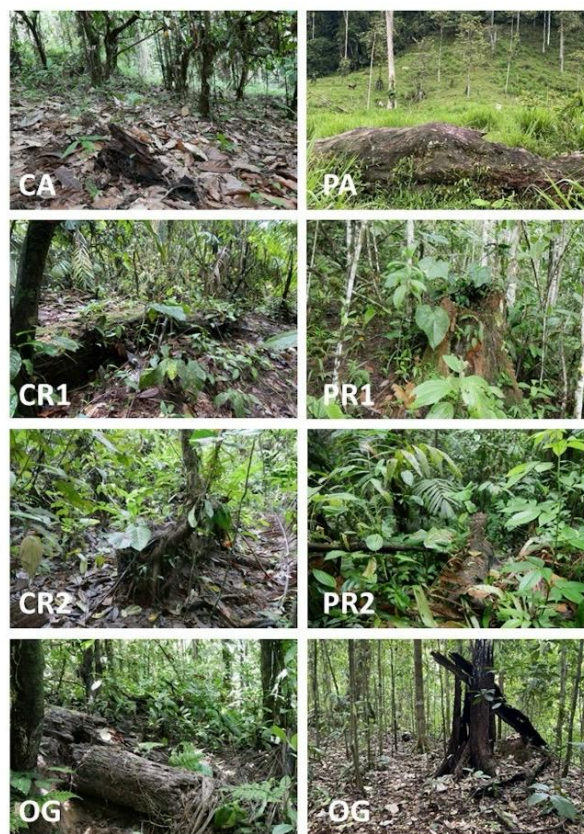


Figura 57: Algunos tipos de madera muerta encontrados en mi investigación, primer artículo (Falconí-López et al. 2024).

Actualmente, estoy trabajando en mi segundo artículo, en el cual analizo la diversidad y las redes de hospedadores de escarabajos saproxílicos a lo largo de un gradiente de recuperación. Los datos provienen del experimento del subproyecto WP3, donde expusimos troncos de cinco especies de árboles diferentes, cubriendo una gama de tasas principales de descomposición, a lo largo de una cronosecuencia que incluye pastizales



activos (AP), plantaciones de cacao (CA), bosques secundarios originados de pastizales o cacao en recuperación temprana (<20 años), bosques secundarios en recuperación tardía (20-40 años) y bosques maduros (OG). Identificamos las especies de escarabajos con el apoyo de códigos de barras genéticos y utilizamos modelos lineales generalizados, curvas de rarefacción-extrapolación y medidas modernas de diversidad de redes.

Perspectivas

La fase de investigación de campo ha terminado. Fue una mezcla de gran esfuerzo físico y mental, entre el lodo, largas jornadas de trabajo en las 62 parcelas y muchas noches en el increíble laboratorio de la estación científica Canandé. Como resultado, hemos podido obtener esta valiosa información y hallazgos (Fig. 57). Esto fue posible gracias al trabajo en equipo y a la coordinación logística con los administradores de la estación y nuestros increíbles parabiólogos Holger y Silvia.

El próximo año viviré y trabajaré en el Bosque Bávaro. Con el gran apoyo y orientación de mi increíble tutor Jörg Müller, intentaré terminar dos artículos más sobre la descomposición de la madera y la diversidad y redes de hospedadores de hongos saproxílicos a lo largo de un gradiente de recuperación. Vivir en Alemania será una experiencia increíble.

Además, el próximo año presentaré los resultados de mi segundo artículo en la 8ª Conferencia Europea de Ecología Tropical, que se celebrará en Ámsterdam (Países Bajos) del 24 al 28 de febrero de 2025. Esta será una gran oportunidad para presentar mis hallazgos a la comunidad científica y conectar con otros investigadores de la misma área.

El último año de mi doctorado será una oportunidad para crecer en mis habilidades de escritura, estadística e investigación. ¡Estoy emocionado por ello!



Figura 58: Ana en el mirador.

Bibliografía

Falconí-López, A., Grella, N., Donoso, D.A. et al. Patterns of deadwood amount and deadwood diversity along a natural forest recovery gradient from agriculture to old-growth lowland tropical forests. *Eur J Forest Res* 143, 1321–1332 (2024). <https://doi.org/10.1007/s10342-024-01671-3>

Graf, M.; Lettenmaier, L.; Müller, J.; Hagge, J. Saproxylic beetles trace deadwood and differentiate between deadwood niches before their arrival on potential hosts. *Insect Conserv. Divers.* 2022, 15, 48–60

SPX: Monos Araña y Dispersión de Semillas

Malika Gottstein, Uni Freiburg

Quiénes somos

Este año, nuestro equipo trabajando en el proyecto de los monos araña creció significativamente. Junto con mis supervisores, Katrin Heer, Eckhard W. Heymann, Citlalli Morelos-Juárez y el parabiologista Ariel Villigua, recibimos apoyo invaluable del equipo del Laboratorio de Genética Forestal en Freiburg. Un agradecimiento especial a las técnicas de laboratorio Sandra Link y Luisa Grove, a la asistente estudiantil Maike Menger y a la postdoctoral Carina Carneiro de Melo Moura por sus contribuciones dedicadas. ¡Estoy profundamente agradecida por el arduo trabajo y la colaboración de todos en el avance de este proyecto!

Progreso del trabajo

Este año, logramos avances significativos hacia el cumplimiento de los objetivos de nuestro proyecto, que incluyen evaluar la diversidad, cantidad y calidad de las semillas dispersadas por los monos araña, observar las distancias de dispersión de semillas e investigar el flujo génico a través de la dispersión de semillas.

En 2023, recopilamos datos ecológicos sobre el movimiento, los hábitos alimenticios y el comportamiento de los monos araña en Tesoro Escondido. Como los frugívoros arbóricolas más grandes de la región del Chocó, los monos araña juegan un papel crucial en la dispersión de semillas [1, 2].

Este año, analizamos datos de 150 horas de observación de monos araña y 270 muestras fecales para estudiar su dieta y dispersión de semillas. Durante estas observaciones, registramos casi 600 eventos de alimentación (definidos como un individuo alimentándose de un alimento específico). Los monos araña se alimentaron predominantemente de frutas (91% de los eventos de alimentación registrados), con consumo ocasional de hojas, flores, corteza, raíces aéreas de plantas, insectos y líquenes. La fruta madura representó el 83% de sus eventos de alimentación. Es importante destacar que el 63% de los eventos de alimentación involucraron la ingestión de semillas de frutas maduras, lo que sugiere una posible dispersión de semillas. Además, el 95% de las muestras fecales recolectadas contenían semillas.



Figura 59: Preparación de hojas de *P. guianensis* para la extracción de ADN.

Identificamos 86 especies de plantas de 39 familias que forman parte de la dieta de los monos araña en Tesoro Escondido. ¡Alex Keller y su laboratorio fueron de gran ayuda para identificar aquellas semillas que no pudieron ser identificadas en el campo mediante el uso de codificación de barras de ADN, muchas gracias!

Los monos araña consumieron principalmente frutas de Moraceae (principalmente *Brosimum utile*) y Urticaceae (principalmente *Pourouma guianensis*). En 2023, recolectamos muestras de hojas y cámbium de estas dos especies en Tesoro Escondido. En un área de 12 ha, muestreamos todos los individuos adultos de *B. utile* y *P. guianensis*, así como plántulas a lo largo de transectos (4 x 200 m).

A principios de este año, extrajimos ADN de un total de 479 muestras 59. Actualmente estamos trabajando en el genotipado de estas muestras utilizando un enfoque ddRADseq. Los resultados iniciales son prometedores y esperamos realizar análisis de parentesco y examinar la estructura genética espacial para ambas especies como medidas indirectas de las distancias de dispersión de semillas.



Figura 60: Captura de trampa fotográfica de *Proechimys* sp. dispersando semillas de *P. guianensis*.

Aunque otros animales también dispersan *B. utile* y *P. guianensis* 60, creemos que nuestros datos genéticos proporcionarán valiosos conocimientos sobre el flujo génico a través de la dispersión de semillas, particularmente por parte de los monos araña.

Divulgación pública

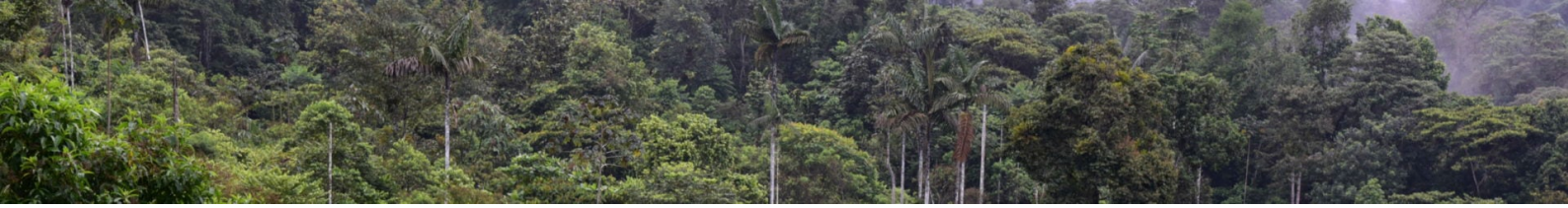
Estamos emocionados de haber compartido nuestro proyecto y algunos hallazgos preliminares en tres conferencias este año. Presenté en la Conferencia Europea de Ecología Tropical en Lisboa (febrero de 2024) y en la conferencia de la Gesellschaft für Primatologie en Konstanz (marzo de 2024). Ariel presentó nuestro proyecto en el Congreso Nacional de Mastozoología en Tena (octubre de 2024).

Conclusiones

Estamos muy satisfechos con el progreso que hemos logrado este año. Para mí, los aspectos más destacados incluyen aprender nuevas técnicas en el laboratorio y asistir a las conferencias para compartir nuestra investigación. ¡El apoyo continuo de todos los involucrados en este proyecto ha sido realmente una de las experiencias más destacadas del año!

Bibliografía

- [1] J. L. Dew. Spider monkeys as seed dispersers. In *Spider monkeys: Behavior, ecology and evolution of the genus Ateles*, pages 155–182. 2008.
- [2] D. Tirira. *Guía de campo de los mamíferos del Ecuador*. Publicación especial sobre los mamíferos del Ecuador 6. Ediciones Murciélagos Blanco, Quito, March 2007.



Imprenta

Este es un producto de la Unidad de Investigación 5207 de la DFG, Reassembly: Reensamblaje de Redes de Interacción de Especies. Para más información, consulte <https://www.reassembly.de/> o contacte info@reassembly.de. Diseño: Carten Dormann. Edición: Edith Villa Galaviz. El contenido está protegido por derechos de autor por DFG FOR 5207. Todas las fotografías están sujetas a derechos de autor por los autores, o, si no se indica autor, por la Unidad de Investigación.

Diseño en L^AT_EX, establecido en la fuente de código abierto Egenolff-Berner Garamond por Georg Duffner (<http://www.georgduffner.at/ebgaramond/>). Contacte a Reassembly para la plantilla.

