



REASSEMBLY Boletín

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

#1, 2022

Contents

Columna del orador del proyecto	I
SP CM: ¡En medio de todo!	4
SP CM: Árboles, genética y permisos	7
SP 1: Modelado del ensamblaje de redes ecológicas	10
SP 1: Teoría y modelado	13
SP 2: Ranas, fauna de hojarasca y alcaloides	14
SP 3: Polinizadores diurnos y nocturnos	19
SP4: Dispersión de semillas por aves frugívoras, murciélagos y roedores	22
SP5: Interacciones entre plántulas de árboles y herbívoros	28
SP 6: ¡Los escarabajos de estiércol comen más que estiércol!	31
SP7: Madera muerta y insectos saprófilos	37

I Columna del orador del proyecto

Nico Blüthgen, TU Darmstadt

¡Qué año!

Nuestro esfuerzo conjunto llamado **Reassembly** comenzó oficialmente en noviembre de 2021 con nuestro **equipo** que involucra a cuarenta y cuatro personas. Ahora, mientras escribo esta columna, nuestra unidad de investigación ha cumplido un año, al menos formalmente si descontamos los muchos años de planificación e investigación individual previa. A lo largo del eje de tiempo de la vida humana, un año puede ser corto, pero sabemos lo rápidamente que cambian las comunidades animales y crecen los árboles en un bosque tropical, lo mejor visto a lo largo de la cronosecuencia de nuestro sitio de estudio, y así también crecieron rápidamente nuestra experiencia, insights y datos. Un año lleno de oportunidades y observaciones científicas, experiencias y privilegios personales.

Resiliencia de la investigación y los bosques, heridas y mentes

Las oportunidades emocionantes raramente aparecen sin desafíos y obstáculos, problemas imprevistos y contratiempos. Las redes biológicas pueden ser difíciles de predecir, las redes de colaboración científica pueden ser aún más desafiantes. Los nodos son personas individuales con caracteres individuales, y los resultados y vínculos pueden a veces parecer estocásticos. Pero todos los problemas se han resuelto y solucionado poco después de su aparición, lo cual se logró gracias al gran esfuerzo del equipo desde muchos lados. Reensamblaje no solo investiga cómo los parámetros biológicos se recuperan después de la perturbación, nuestro

ejercicio científico mismo pasa por pequeños ciclos de perturbación-recuperación. Esto incluye un primer borrador de solicitud de subvención presentado en 2018, que luego tuvo que ser revisado y convertido en un segundo antes de ser apoyado más tarde por la DFG. Como se esperaba, la idea y la propuesta original en realidad se recuperaron en una forma mucho mejor que la anterior.

Ahora, un año después de la implementación, todos los subproyectos empíricos terminaron al menos una ronda de trabajo en todas las 62 parcelas de la cronosecuencia, a pesar de los esfuerzos desalentadores y las largas distancias abrumadoras. Hemos experimentado muchos casos de agotamiento físico o mental, heridas, infecciones bacterianas difusas, leishmaniasis, hepatitis, una ola de covid, un automóvil que atropelló la pierna de Connie. El equipo ha superado todo esto. De nuevo, la recuperación puede ser rápida, no solo para un ecosistema forestal.

Se han logrado grandes recolecciones de datos, compilaciones y análisis y las interpretaciones están en curso, en general, esto se ve fantástico. Algunos resultados primeros se discutieron en un animado taller el pasado octubre en el Bosque Bávaro. Es altamente motivador ver nuevos descubrimientos a lo largo de la cronosecuencia y a lo largo de los subproyectos, y algunos esfuerzos previos por parte de Phil y Karen ahora también han dado lugar a las primeras publicaciones. Vea nuestras historias de éxito grandes y pequeñas y las [noticias en nuestra página de inicio](#).

Solo nuestro experimento principal, P-REX, recibió demasiado poco atención por parte de muchos de nosotros al principio, principalmente debido a problemas logísticos y compromisos excesivos. Esto ha sido decepcionante, ya que P-REX representa no solo un esfuerzo de equipo muy laborioso hasta ahora, implementado hace un año durante varias semanas, sino también un elemento científico particularmente importante de Reassembly para comprender la dinámica de la perturbación-recuperación. Sin embargo, ahora hemos definido una solución que será más incluyente y re-perturbaremos parte del tratamiento el próximo año. Incluso la re-perturbación en sí misma es una oportunidad para medir componentes que ya han vuelto a crecer después de un año. Otra herida que parece estar sanando rápidamente.

Resistencia al optimismo

La mayoría de nosotros compartimos una visión optimista sobre las recuperaciones y la curación de las heridas, desde las mentes hasta los bosques, y sobre la ciencia y el progreso que se puede lograr en esta unidad de investigación. ¿Cómo revivo mi optimismo cuando surgen problemas y las desventajas parecen restringir el progreso? Me recuerdo a mí mismo que es un privilegio increíble aprender de todos los demás participantes de la amplia red de Reensamblaje. Nuestros nodos de red incluyen colaboradores locales con conocimientos, jóvenes investigadores entusiastas



y colegas experimentados. Los vínculos entre nosotros son particularmente gratificantes y este intercambio crece, la red se vuelve cada vez más conectada y la importancia de cada enlace crece.

Ver la selva tropical desde una perspectiva diferente y participar en el pensamiento, la observación y la medición de otra persona es altamente gratificante. Cada uno de nosotros aprende de jóvenes e investigadores experimentados, de un hábil experto en otro taxón o de un pensamiento aparentemente ingenuo de alguien fuera de su propia experiencia. Uno de mis puntos culminantes el año pasado fue una noche con Santiago, entusiasmado con la red de niebla de murciélagos, y recuerdo vívidamente varios paseos nocturnos con Mark-Oliver y Yadira encontrando docenas de ranas, caminatas diarias con Connie aprendiendo sobre la composición de especies de un bando de aves mixto y discusiones con David mirando colonias de hormigas.

Sólo puedo animar a todos en el proyecto a tomar un tiempo, digamos unas pocas horas en un día o noche, para unirse a otro investigador durante su trabajo en el bosque, y ver la ecología de un bosque de nuevo a través de una lente diferente. Toma esto como tu 'tarea' para 2023: únete a al menos a dos otros investigadores en su excursión de campo.

¡Y respira! En un momento tranquilo durante un paseo por el bosque, un armadillo cruzó el camino cerca de mis botas de goma, en otro paseo arañas y monos aulladores estaban cerca y lo suficientemente tranquilos como para ser filmados ([ve aquí](#)). La lluvia enfría el sudor de mi cuerpo después de una larga caminata, un cruce de arroyo particularmente bonito o otra especie de escarabajo en una hoja que nunca antes vi. Todas estas pequeñas cosas ayudan a resolver problemas y a recuperar una mente anteriormente estresada, agitada o con problemas o un humor enojado. Esto puede sonar inapropiadamente romántico o esotérico cuando lo lees en tu oficina, pero estoy seguro de que la mayoría de nosotros que estuvimos o aún estamos en el bosque estamos de acuerdo en tales servicios de ecosistema mental o espiritual de un bosque tropical en recuperación o intacto. Es gratificante, pacífico y muy emocionante.

¡Qué oportunidad!

Nuestro proyecto conjunto es una oportunidad científica básica, pero también nos permite apreciar lo efectiva que puede ser la restauración y la conservación. Jocotoco es una organización sin fines de lucro increíblemente exitosa, involucra a personas altamente comprometidas localmente en cada reserva, así como en la sede, es respetada a nivel regional y nacional, e incluso desempeña un papel cada vez más crucial para cumplir con los objetivos globales de biodiversidad y cambio climático. Si bien ocasionalmente las interacciones con Jocotoco o las demandas del turismo ecológico o los donantes pueden no parecer funcionar de manera adecuada para todos, recuerde la oportunidad única que nos ofrece nuestra colaboración con esta fundación de conservación. Llevar a cabo una empresa de investigación a gran escala sería absolutamente imposible sin Jocotoco, sin su visión y sabiduría pasada y continua, que comenzó alrededor del año 2000 comprando tierras agrícolas para dejarlas crecer de nuevo en la selva lluviosa que ahora estudiamos como una secuencia temporal bien resuelta. Las oportunidades incluyen el conocimiento y el apoyo de las personas, la seguridad y logística, los senderos para caminar, la alojamiento y las cabañas. Imposible sin la ayuda del actual personal altamente motivado y de apoyo, como Katrin, Bryan, Lady y Leo, entre otros grandes ayudantes de corta duración. Y una estación de investigación increíble, el laboratorio Chocó, que fue construido e implementado a una velocidad sin precedentes y ahora parece servir todas nuestras necesidades e incluso más. Fue financiado en gran medida por un donante anónimo, posible gracias al enorme esfuerzo personal de Adela y otros, y co-financiamos partes de él a través de la TU Darmstadt.

Estoy muy, muy agradecido por todas estas oportunidades. También debemos agradecer a nuestro "subestación" paradise-like Tesoro Escondido y el esfuerzo personal y amistad del equipo liderado por Tali, Yadi y Adri. Ahora nuestro empeño ha crecido aún más con un financiamiento adicional destinado a estudiar la recuperación de la selva lluviosa en otra gran reserva de Jocotoco, Buenaventura. Pero este puede ser un tema separado y puede dejarse para el próximo boletín. Por supuesto, mis agradecimientos anuales incluyen a todos los 44 (± 10) miembros del equipo y a todos los 62 (± 2) parcelas.

Por último, pero no menos importante, estoy en deuda con Connie por su compromiso único en resolver todos estos grandes problemas científicos y mentales de manera muy profesional en todas las múltiples dimensiones que puedes imaginar en el primer año de Reassembly. Connie ha dejado una marca muy duradera en el proyecto, y todos le deseamos lo mejor para su fantástica nueva posición como Científico de Conservación en la Real Sociedad Británica para la Protección de las Aves (RSPB). Mi última metáfora de recuperación aquí es que incluso sobreviviremos y nos recuperaremos de esta perturbación, con una nueva coordinadora científica que comience a principios del próximo año. Su nombre significa optimismo: Felicidad.

Cuando Martin y yo tuvimos la loca idea de un proyecto de investigación, en 2017 en su veranda en Friburgo durante nuestras vacaciones de Pascua, aún no habíamos vislumbrado una unidad de investigación tan emocionante y enorme como la que todos somos ahora. El primer año ha sido lleno de grandes logros. Esto se ha convertido claramente en mi proyecto de investigación favorito de todos [por favor, no les digas a los otros en los que estoy involucrado o incluso dirigiendo ;)]. Estoy deseando ver crecer las redes científicas y ecológicas y ver cómo se fortalecen las redes de colaboración dentro y fuera de nuestra unidad de investigación. Y ahora estoy muy ansioso de leer este emocionante boletín No. 1 de Reassembly.



Figure 1: *Ectatomma tuberculatum* hormiga en un nectario extrafloral (*Inga*)



Figure 2: Abeja de orquídea *Euglossa*

Módulo de Coordinación de SP

Connie Tremlett, TU Darmstadt

Lo que todos deben saber sobre mi trabajo

El Módulo de Coordinación (CM) es responsable de la coordinación científica entre los subproyectos, la provisión de datos de referencia y la logística, organización y apoyo. El CM está dirigido por Nico Blüthgen e incluye a los gerentes de estación y al equipo de campo en Canandé, los dos postdocs del proyecto y los Co-Investigadores Principales. Esta sección está escrita por el coordinador científico.

¡El módulo CM tuvo mucho trabajo que hacer en el primer año del proyecto! Esto incluyó:

1. Finalizar la selección e implementación de las parcelas cronosecuenciales;
2. Implementar el Experimento de Perturbación-Recuperación (P-REX);
3. Comenzar el proyecto de inventario de árboles;
4. Comenzar la recopilación de datos de referencia de las parcelas;
5. Organizar la reunión de inicio (en Frankfurt, Alemania), el primer taller (en el Chocó Lab, Ecuador) y una reunión de otoño (en el Bosque Bávaro, Alemania);
6. Definir políticas y procedimientos para el proyecto (gestión de datos, publicaciones).

Planes y realidad

1. La selección e implementación de los tramos de la cronosecuencia

La selección de los tramos de la cronosecuencia realmente tomó varios años, muchos de los tramos fueron seleccionados inicialmente por Nico, Martin y Karsten Mody durante viajes de campo en 2018 y 2019. Sin embargo, el tamaño de los tramos aumentó de 25 m² a 50 m² durante el proceso de revisión para la financiación del proyecto, por lo que muchos de los tramos seleccionados inicialmente eran demasiado pequeños. Como aquellos de ustedes que han visitado el sitio del proyecto sabrán, el terreno puede ser bastante difícil, colinas empinadas y MUCHO barro, por lo que encontrar áreas de 50 m² que sean relativamente convenientes para el trabajo de campo es un verdadero desafío. Esto fue particularmente clave para el subconjunto de tramos que serán estudiados más intensivamente como parte de P-REX. También queríamos abordar una desigualdad de elevación en la selección inicial de los tramos, lo que resultó en una tendencia a encontrar tramos agrícolas activos a una elevación más baja y tramos de bosques maduros a una elevación más alta (las partes más altas, menos accesibles del bosque eran menos propensas a ser taladas o despejadas para la agricultura).

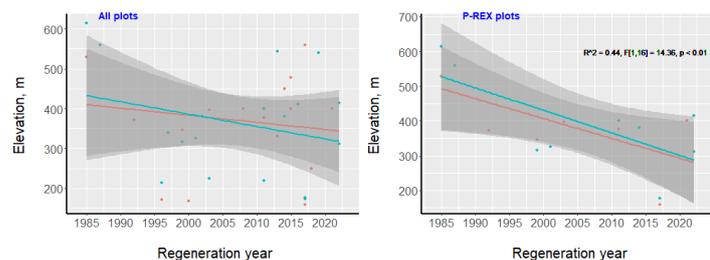


Figure 3: Año de regeneración y elevación para los tramos que se están regenerando a lo largo de la cronosecuencia, para todos los tramos (izquierda) y para los tramos de P-REX (derecha).

Esto significó buscar nuevas parcelas en diferentes elevaciones. Pensábamos optimistamente que podríamos hacer la selección final durante un viaje de cinco semanas a Ecuador en septiembre y octubre de 2021, pero de hecho este proceso continuó hasta principios de abril de 2022. Ahora no hay diferencia estadística en la elevación entre los tipos de parcela, pero todavía tenemos un efecto de edad de regeneración dentro del subconjunto P-REX: las parcelas más altas tenían más probabilidades de haber sido abandonadas hace mucho tiempo (Fig. 3).

Decidimos que esto valía la pena a cambio de parcelas más accesibles (las posibles alternativas estaban mucho más lejos de los refugios principales).

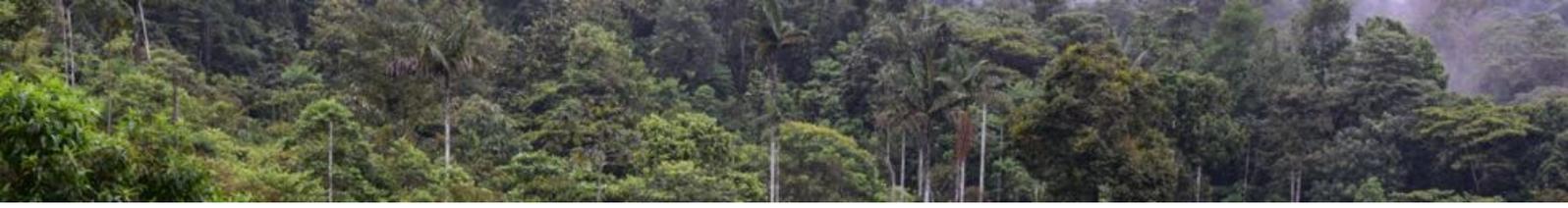
2. Implementación del Experimento de Perturbación-Recuperación (P-REX)

Las parcelas P-REX fueron marcadas y cercadas entre octubre de 2021 y febrero de 2022. ¡Esto en sí mismo es un trabajo difícil! El primer desafío fue encontrar áreas que pudieran acomodar una parcela de 50 m², marcar con precisión el límite y seleccionar cuatro subparcelas de 10 m² que fueran lo más convenientes para colocar experimentos. Las cercas están hechas de un material de malla gruesa, que es más barato y fácil de transportar que el metal. Esto significa que es flexible y no se romperá cuando caiga un árbol sobre ella, aunque a veces la integridad de la cerca se ve comprometida cuando es aplastada por el barro o las ramas. Por lo tanto, estamos reemplazando los tubos de plástico con postes de cerca de madera. Implementamos el trabajo de perturbación P-REX en las parcelas entre el 5 de febrero y el 24 de marzo (la Covid-19 retrasó el comienzo del trabajo). Luego tomó un día completo implementar el trabajo P-REX en cada parcela.



Figure 4: Parcela de P-REX con todo el material de hojarasca retirado, con trampas de hojarasca en blanco y cerca en negro. La línea azul marca el "área sagrada".

Eliminamos y cuantificamos: todos los árboles y palmas con una circunferencia a la altura del pecho (cbh) de menos de 25 cm (registramos la cbh individual de árboles/palmas con una cbh de entre 6-25 cm, y la cuenta de individuos y el peso húmedo de árboles y palmas [como categorías separadas] con una cbh de menos de 6 cm); plántulas (clasificadas como todas las plantas por debajo de la rodilla, cuenta de individuos y peso húmedo colectivo); pastos (peso húmedo colectivo); enredaderas (clasificadas como cualquier planta con hábito de crecimiento reptante o escandente que no sea una liana leñosa, peso húmedo colectivo); y otros monocotiledóneos (cuenta y peso húmedo colectivo). En total, esto



sumó 8.700 kg en todas las parcelas. También eliminamos la hojarasca y la madera muerta, pero no los cuantificamos (habíamos planeado hacerlo al principio, pero nos dimos cuenta de que era demasiado tiempo consumidor). Todo fue arrojado fuera de la parcela de 50x50m, lo que causó una perturbación inevitable en el camino. La comparación de los pesos húmedos de la vegetación entre sitios será complicada por la variación en la lluvia. También medimos la circunferencia de los árboles y palmas más grandes, y las lianas leñosas, pero no los retiramos de la parcela. Implementar el P-REX fue bastante arduo y todos estábamos felices cuando terminó! También, no es sorprendente, encontramos muchas serpientes en el camino, y estaba muy agradecido de que no hubo accidentes.

3. Inicio del proyecto de inventario de árboles

El primer paso del inventario de árboles es etiquetar los árboles. Este trabajo comenzó en diciembre de 2020 y todavía continúa, vea la siguiente sección de Sebastián, quien está liderando el trabajo botánico en campo. El equipo marca los árboles con etiquetas de aluminio y clavos, antes de tomar las medidas. Nuestros principales problemas aquí fueron conseguir los materiales de etiquetado. Compramos 2000 etiquetas de aluminio de los Estados Unidos que se atravesaron en aduanas durante 5 meses, y tuvimos que pagar una tarifa adicional para liberarlos. También es muy difícil conseguir clavos de aluminio en Ecuador, por lo que desafortunadamente tuvimos unos pocos meses trabajando con clavos de acero, lo cual es problemático ya que el acero puede oxidarse y ser perjudicial para el árbol.

4. Comienzo de la recolección de datos básicos de los plot

Colocamos todos los iButtons en los plot a finales de abril, que registran datos de temperatura y humedad una vez por hora. Se coloca un datalogger en cada plot en una posición que se considera generalmente representativa, a una altura de 1.5 m y a la sombra para evitar sobrecalentamiento en el sol. Los datos deben descargarse de los iButtons cada 150 días, y estamos probando un lector portátil que descarga los datos de los registradores en el campo, el cual hasta ahora parece funcionar bien. Los datos preliminares muestran, como era de esperar, una humedad en general muy alta en todas partes (promedio de >90%), con los plot agrícolas activos siendo los menos húmedos y los plot de bosques maduros siendo los más húmedos (Fig. 5).

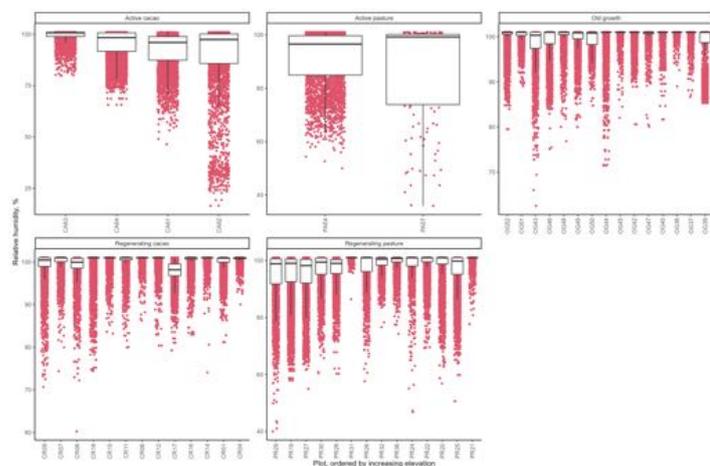


Figure 5: Humedad relativa, % registrado por iButtons en las parcelas, con las parcelas ordenadas por elevación creciente, mostrando en sentido horario desde la parte superior izquierda: parcelas de cacao activo, pasto activo, viejo crecimiento, cacao en regeneración y pasto en regeneración

Las temperaturas promedio en las parcelas oscilaron entre 22 y 25 grados, con las temperaturas más bajas en el bosque de viejo crecimiento y las más altas en las parcelas agrícolas activas. La temperatura disminuye con la elevación (Fig. 6). Un desafío adicional aquí son los registradores que desaparecen, especialmente en las parcelas agrícolas activas.

El siguiente paso es decidir qué datos meteorológicos adicionales deseamos recopilar (por ejemplo, lluvia) y comprar el equipo, y organizar análisis de la química y composición del suelo. El análisis de suelo en particular no es una tarea pequeña, y para hacerlo adecuadamente se requiere seguir un protocolo de muestreo muy exhaustivo utilizando equipo profesional (y caro). Planeamos medir, a una profundidad de 0-10cm y 40-50cm: pH del suelo, varios elementos (incluyendo nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, hierro, cobre, manganeso, zinc, borium), carbono orgánico y la relación C/N.

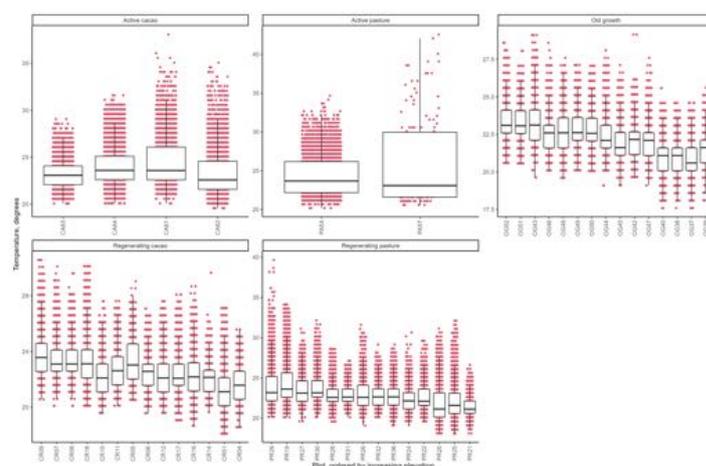


Figure 6: Temperatura en grados Celsius registrada por iButtons en los lotes. Los lotes se ordenan por elevación creciente, mostrando de izquierda a derecha, de arriba a abajo: lotes de cacao activo, lotes de pastos activos, bosques de crecimiento antiguo, lotes de cacao en regeneración y lotes de pastos en regeneración

5. Organización de reuniones y talleres

Tuvimos la reunión de inicio del proyecto Reassembly en el Palmengarten de Frankfurt en noviembre de 2021. Fue genial reunir a muchos del equipo (muchos viejos amigos, pero también muchas caras nuevas, incluyéndome a mí) para comenzar oficialmente el proyecto, presentar el sitio de estudio y el equipo, y dar la bienvenida a los nuevos investigadores de doctorado, que dieron una breve charla para presentar sus proyectos. Nuestro primer taller más aplicado se llevó a cabo en el Choco Lab a finales de marzo de 2022, donde Nico y Carsten introdujeron normas de datos, entrada y compartición y dieron una introducción a RMarkdown, Github y análisis de redes. El principal desafío en ambos eventos fue la conexión a Internet; es importante diseñar programas que puedan manejar la desaparición de Wi-Fi por unas pocas horas. Luego nos reunimos en el hermoso Nationalpark Bayerischer Wald para nuestro taller de otoño, que mantuvimos bastante informal como una oportunidad para reunirnos y hablar, discutir sobre bosques y restauración, y en particular para fomentar la integración entre los subproyectos. También estamos organizando la primera reunión anual del proyecto, que se llevará a cabo en enero de 2023 en Alemania.

6. Definir políticas y procedimientos

Otra actividad importante y consumidora de tiempo ha sido definir políticas y procedimientos para el proyecto. Esto incluye el desarrollo de



una estrategia para la gestión y almacenamiento de datos, y la definición de las Reglas de Procedimiento del proyecto Reassembly - nuestras políticas para compartir datos, coautoría, trabajos de síntesis, colaboraciones y otras cosas importantes para apoyar la realización de la ciencia con el ethos de la ciencia justa, abierta y transparente.

Impresiones desde el campo

¡Somos muy afortunados de tener un lugar de campo tan hermoso y biodiverso, con un fantástico laboratorio de investigación y un equipo local tan maravilloso! Pero también es un desafío. Mi principal visión práctica de pasar tiempo en el campo es que es importante planificar tiempo "extra" para el trabajo de campo para permitir los inevitables contratiempos del clima, deslizamientos de tierra, problemas de salud, tiempo limitado de personal y transporte, etc.

Módulo de Coordinación SP

Sebastián Escobar, Universidad de Las Américas

Lo que todos deben saber sobre mi trabajo

El Módulo de Coordinación (CM) es responsable de obtener los datos de referencia que se utilizarán en solitario, pero también pueden ser utilizados por otros estudiantes o investigadores en sus propios proyectos. Soy uno de los dos postdocs en el proyecto y trabajo en la Universidad de Las Américas (UDLA) con María José Endara, quien es una experta en ecología y evolución tropical. Además de ella, también coordino actividades con Nico Blüthgen, Connie Tremlett y Juan Guevara. Con la ayuda de dos parabiólogos, llevamos a cabo varias actividades durante el 2022. En primer lugar, estamos recopilando datos sobre la estructura del bosque y la diversidad de árboles. También hemos recogido muestras de todas las especies de árboles para desarrollar una biblioteca de códigos genéticos y para análisis filogenéticos y químicos. CM también facilita la obtención de todos los permisos requeridos por los estudiantes y investigadores para desarrollar sus investigaciones.

Planes y realidad

1. Estructura del bosque e inventario de árboles

Esta actividad busca comprender cómo varía la producción de biomasa y la diversidad de árboles a lo largo de un gradiente de restauración del bosque. Esperamos que estos parámetros aumenten a lo largo de la cronosecuencia a medida que los bosques se recuperan de la perturbación. Además, analizaremos nuestros datos de estructura y árboles del bosque junto con los datos climáticos y de suelo. Esta actividad ha sido la más consumidora de tiempo de todas las tres durante el primer año del proyecto y todavía no está terminada. Este trabajo no puede ser llevado a cabo por mí solo. He recibido la valiosa ayuda de dos parabiólogos en el campo, Fredi y Franklin; aunque, Johan también ha intervenido cuando Franklin ha estado ocupado con otras actividades. Los dos parabiólogos son los primeros en llegar a las parcelas. Etiquetan todos los árboles con una circunferencia a la altura del pecho > 25 cm y medir las circunferencias de su tallo y su altura. Si hay varios tallos, como en el caso del cacao o de algunas palmeras, se miden los cinco tallos más grandes.

Hacer este trabajo fue un poco complicado al comienzo del proyecto porque, como Connie mencionó en la sección anterior, no teníamos los materiales necesarios para hacerlo. Y como puedes imaginar, obtener materiales especializados en Ecuador es difícil, caro y puede tomar muchos, muchos meses. Para comenzar, no teníamos placas de metal disponibles cuando comenzó el proyecto porque estaban atrapadas en las aduanas ecuatorianas durante varios meses. Por lo tanto, tuvimos que prestar algunas placas de colaboradores, que afortunadamente aceptaron proporcionar algunas hasta que las obtuvimos. Si las placas no llegaron, los clavos de aluminio tampoco. Por lo tanto, los árboles en los primeros lotes fueron etiquetados con clavos de acero 'regulares' que podrían dañar a los individuos debido a la formación de óxido. Por supuesto, esta no es la solución óptima, pero ayudó a comenzar con la etiquetación de árboles durante los últimos meses de 2021. Vale la pena mencionar que ningún árbol fue matado o seriamente dañado debido al uso de clavos de acero. Más tarde, Jocotoco nos sugirió usar cuerda de nailon para atar placas a los árboles. Los clavos de aluminio finalmente llegaron a finales de junio y luego comenzamos a usarlos. Durante las visitas siguientes a los lotes, hemos observado que algunas placas con clavos de acero o cuerda de nailon ya han caído y deben volver a fijarse con clavos de aluminio. Esto debería hacerse en al menos 27 lotes para garantizar que las

etiquetas permanezcan en su lugar para nuevas mediciones durante los años siguientes.

En total, hasta ahora se han etiquetado y medido 46 lotes. Solo quedan cuatro lotes (Casa Rosero) por etiquetar porque no lo estamos haciendo en los 12 lotes de pastura y cacao activos.

Una vez que se han etiquetado y medido los árboles en un determinado lote, visitamos nuevamente para identificar y tomar muestras de los árboles marcados. Ya que he sido 'el tipo de palma' por más de diez años, la curva de aprendizaje de la diversidad de árboles en Canandé fue muy acentuada durante las primeras campañas de campo. Afortunadamente, he recibido una valiosa ayuda en este asunto de Juan, experto en taxonomía de árboles tropicales, y de Fredi y los parabiólogos que conocen la flora local. La identificación de los árboles y la toma de muestras pueden llevar varios días, dependiendo del tipo de bosque y de su estado de regeneración. Por ejemplo, una parcela en un pastizal o cacao regenerado podría llevar un día o menos. Pero una parcela en un bosque antiguo puede llevar entre tres y cinco días, dependiendo del número y la diversidad de árboles, el tiempo necesario para llegar a la parcela, el clima y el terreno.

La parte más difícil de esta actividad es que necesitamos observar de cerca (hojas frescas) y ramas para identificar las especies de árboles. También ayuda la identificación de las especies encontrar frutos y flores, pero los árboles son altos. Y las hojas suelen estar en lo alto. Por lo tanto, usamos diferentes técnicas para tener una buena vista de esas hojas. Primero usamos binoculares para identificar la especie de árbol basándonos en la forma, color y patrones de venas de las hojas. Esto significa que estamos mirando hacia arriba constantemente, pero también tratando de prestar atención a nuestro entorno porque no queremos pisar a una serpiente o caer en un agujero. Si no podemos identificar el árbol de esa manera, necesitamos bajar las hojas. Principalmente usamos un podador telescópico para ello, que también tardó varios meses en llegar a Ecuador. Con esta herramienta podemos alcanzar hojas de hasta 10 m de altura. Para árboles más altos, usamos un pequeño peso de pesca de plomo atado a un rollo de cuerda. Se lanza el peso sobre una rama y luego se recupera para poder jalar la rama con la cuerda. Una solución práctica y fácil para alcanzar hojas de hasta 15 m de altura. Sin embargo, es necesario tomar precauciones adicionales al lanzar el peso ya que puede caer abruptamente y provocar un accidente. A veces el peso se queda atrapado entre ramas y necesitamos pensar en formas de sacarlo. Por lo tanto, es una buena idea llevar más de uno con nosotros. Si no podemos alcanzar las hojas del árbol con ninguno de estos métodos, buscamos hojas secas (a veces verdes) en el suelo. Pero si nada de esto funciona, entonces cortamos una pequeña porción de madera para la identificación genética utilizando códigos de barras.

Las muestras de hojas que no se pueden identificar en el campo se llevan al Herbario Nacional para hacerlo. Esas muestras primero necesitan ser preparadas, lo que hacemos todos los días después de regresar al campo. Colocamos una muestra de hojas dentro de una hoja de periódico y apilamos muchas para que queden planas. Además, cortamos una pequeña porción de hoja para los análisis genéticos y químicos, que se guardan en bolsas de papel con gel de sílice para que se sequen. En el herbario, las muestras se presanan de nuevo con correas de presión y luego se secan en un horno grande a 65-70°C durante 24 horas. Una vez secas las muestras, podemos comparar su morfología con las muestras del herbario para una correcta identificación. Conseguir los materiales necesarios para esta actividad no ha sido difícil, a excepción de los periódicos cuya producción se reduce con el tiempo. Por lo tanto, compramos todo el que podemos cuando lo encontramos.

Hemos identificado y muestreado árboles en 32 parcelas, siendo diez de ellas bosques maduros, diez de regeneración de cacao y 12 de regeneración de pastos. Se han encuestado un total de 4740 individuos y se

han identificado completamente 3907 de ellos (82,4%) hasta el nivel de especie. Se han recolectado hasta la fecha 756 muestras pertenecientes a 469 especies.

2. Biblioteca de códigos de barra genéticos

CM también está preparando una biblioteca de códigos de barra utilizando las muestras recolectadas durante el inventario de árboles. La idea es que los estudiantes y los investigadores que trabajan con semillas, polen y plántulas puedan identificar la especie con la que están trabajando comparando sus secuencias de códigos de barra con las nuestras. Codificaremos nuestras muestras de árboles utilizando cuatro genes comúnmente utilizados para este propósito (ITS, matK, rbcL y trnH-psbA). Todos los materiales de laboratorio y reactivos han sido comprados y ya han llegado a UDLA. Por supuesto, esto también tomó muchos meses. Acabamos de empezar a moler las muestras de hojas, que es un paso necesario para la extracción de ADN y compuestos químicos. No pudimos empezar esta actividad antes porque estábamos esperando la llegada de tubos especializados reforzados. Pero ahora están en nuestras manos. Por lo tanto, esperamos realizar masivamente las extracciones de ADN y las amplificaciones de PCR durante el próximo año. Al principio, planeamos secuenciar los códigos de barra en las instalaciones de UDLA. Sin embargo, el secuenciador Sanger allí trabaja con fragmentos de ADN de hasta 500 pb y todos nuestros códigos de barra son más largos que eso. Por lo tanto, secuenciaremos nuestras muestras en Macrogen en Corea, que incluso es un 30 por ciento más barato si enviamos las muestras en placas en lugar de en tubos. En relación con este trabajo genético, también codificaremos muestras de estudiantes que lo requieran. Asistiremos particularmente a la codificación de plántulas y semillas recolectadas por los estudiantes, pero también podríamos codificar muestras de animales si es necesario. Las muestras de plántulas ya se han entregado en la UDLA y se procesarán el año que viene junto con las muestras de árboles.

Además, podemos usar las secuencias de barcode para construir árboles filogenéticos. De esta manera, podríamos construir un árbol filogenético para cada parcela y estudiar cómo cambia la diversidad filogenética a lo largo de la cronosecuencia de la regeneración forestal. La diversidad filogenética es una medida de la biodiversidad que integra la historia evolutiva entre las especies de una comunidad y podría considerarse una medida más explicativa de la biodiversidad que las medidas de diversidad alfa, como la riqueza de especies [1]. Esperamos que la diversidad filogenética aumente con la regeneración forestal. Sin embargo, es posible que los niveles más altos no estén en las etapas más antiguas de la regeneración porque un helecho arbóreo, que es evolutivamente distante de las plantas con semillas [2], solo está presente en los bosques en regeneración. Si se incluyen en el inventario las helechos, lianas y otras plantas que no son técnicamente árboles pero tienen tallos gruesos (palmas?) sigue siendo un tema a debatir.

3. Permisos de investigación

Otra actividad en la que participa CM es la obtención de los diferentes permisos que necesitan los estudiantes y los investigadores. No necesitamos obtener un permiso de muestreo (Contrato Marco) porque ya estaba gestionado por UDLA. Sin embargo, necesitamos solicitar permisos de movilización cada vez que se mueven las muestras de la reserva Canandé a Quito. Hemos obtenido 20 permisos de movilización para 2353 muestras/lotos durante este primer año. También estamos a cargo de obtener permisos de exportación que son obligatorios para llevar muestras fuera del país. Para obtener un permiso de exportación, primero debemos firmar un Acuerdo de Transferencia de Material (MTA) entre UDLA y la universidad alemana a donde se moverán las muestras. Este

paso puede tomar un par de semanas más dos o tres semanas adicionales para el procesamiento del permiso de exportación. Por lo tanto, me gustaría enfatizar nuevamente que los estudiantes y los investigadores deben enviar un MTA llenado al menos cinco semanas antes de su viaje planificado. De lo contrario, podrían haber retrasos (y los ha habido) en la obtención de un permiso de exportación. La parte complicada de estos permisos es que necesitamos un permiso de movilización para solicitar un permiso de exportación, pero no para firmar el ATM. Por lo tanto, sus muestras deben estar en Quito dos o tres semanas antes de salir del país para que podamos iniciar el proceso de exportación.

Impresiones de campo

Después de pasar un año dividido entre los bosques húmedos de Canandé y la oficina de UDLA, definitivamente sugiero a los estudiantes y investigadores dejar siempre tiempo extra en su planificación para posibles retrasos inesperados. Esto se aplica para obtener todos los permisos necesarios, conseguir materiales y reactivos, y para las condiciones a veces impredecibles del trabajo de campo.

Primeros resultados

Basados en los datos recopilados hasta ahora, la diversidad alfa de árboles (índice de Shannon) aumenta significativamente con el tiempo de regeneración (Fig. 7). Esto se observó en los plot de regeneración de cacao (R_2 ajustado = 0,566, $p < 0,01$) y pastos (R_2 ajustado = 0,518, $p = 0,011$), así como en ambos juntos (R_2 ajustado = 0,539, $p < 0,001$). Esto coincide con nuestra expectativa de que la diversidad de árboles aumenta a medida que el bosque se recupera de la perturbación, y aparentemente esto es independiente del uso previo de la tierra.

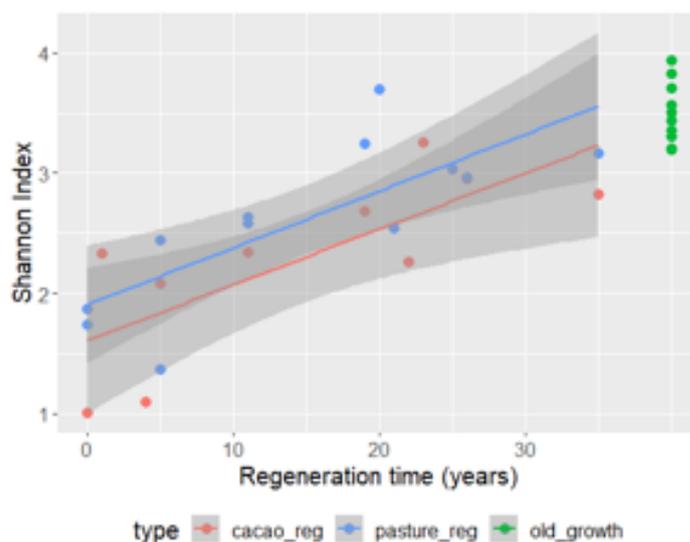


Figure 7: La diversidad alfa de árboles (índice de Shannon) aumenta significativamente con el tiempo de regeneración en los plot de cacao y pastos. Los datos de bosques de crecimiento antiguo se muestran para comparación.

Planes para 2023

Se espera que el inventario de árboles finalice dentro del primer semestre del año siguiente y el trabajo de herbario puede durar varios meses después de finalizar el inventario. Luego, se analizarán los datos de estructura de árboles y bosques junto con los datos climáticos y de suelo para preparar un primer manuscrito. También se procesarán las muestras



genéticas en las instalaciones de UDLA durante 2023 para preparar la biblioteca de código de barras y un segundo manuscrito sobre la diversidad filogenética.

Referencias

- [1] M. B. Miller J.T., Jolley-Rogers G. and T. A.H. Phylogenetic diversity is a better measure of biodiversity than taxon counting. *Journal of Systematics and Evolution*, 56(6):663–667, 2018.
- [2] S.-D. C. M. Palmer, J.D. The plant tree of life: and overview and some points of view. *American Journal of Botany*, 91(10):1437–1445, 2004.

SP I: Teoría y modelado

Timo Metz, TU Darmstadt

Quiénes somos

SP I es el subproyecto teórico de REASSEMBLY. Mientras que muchos de los otros subproyectos se centran en ciertos grupos de animales o tipos de interacción, nuestros enfoques teóricos tratan de identificar patrones generales y reglas generales de ensamblaje de redes para varios grupos de animales e interacciones. De esta manera, intercambiamos mucho con todos los otros subproyectos para descubrir cómo aplicar mejor nuestros modelos a las necesidades de los científicos empíricos. Nuestro subproyecto consiste en dos investigadores principales y dos estudiantes de doctorado. Los investigadores principales son Barbara Drossel, quien es una física teórica con una amplia experiencia en el modelado de sistemas biológicos y ecológicos, y Carsten Dormann, un ecólogo con un fuerte enfoque en el análisis estadístico. Mi compañero de estudiante de doctorado es William Castillo, quien es originario de Ecuador y también estudió física allí, pero ahora se enfoca en el análisis estadístico de redes ecológicas en el grupo de Carsten Dormann. Finalmente, está yo, Timo Metz, quien estudió física y biología y ahora combina estos dos campos de estudio en el grupo de investigación de Barbara Drossel, para modelar el ensamblaje de redes ecológicas. En mi opinión, REASSEMBLY presenta una emocionante oportunidad de construir un puente entre ecólogos empíricos y teóricos.

Objetivos

Mi trabajo se ocupa de los aspectos teóricos de la restauración de ecosistemas y el reensamblaje de la red de interacciones de especies. Utilizo modelos y simulaciones informáticas para descubrir cómo las comunidades ecológicas se recuperan y, especialmente, cómo cambian y se desarrollan en el tiempo las interacciones entre especies cuando los ecosistemas son restaurados. Quiero trabajar con científicos empíricos para explicar las observaciones de campo con teorías sobre cómo podrían haber surgido. Además, quiero complementar el trabajo empírico con expectativas teóricas. Con eso, trato de ampliar el conocimiento sobre lo que ayuda a los ecosistemas a recuperarse y qué bloques son esenciales para una recuperación exitosa de los ecosistemas.

Cómo trabajo

Los sistemas ecológicos, como los bosques tropicales de lluvia, son muy complicados y se caracterizan por una cantidad confusamente alta de especies, individuos e interacciones entre especies e individuos. Como teórico, quiero entender esta complejidad simplificándola primero y luego trabajando gradualmente hacia una mayor complejidad para comprender qué bloque nuevo conduce a qué efecto. Afortunadamente, a menudo no es necesario describir todo el sistema en todo su detalle para obtener información sobre procesos muy importantes. Lo que realmente quiero lograr es identificar los bloques principales que caracterizan al sistema y sus propiedades, para que mi modelo reproduzca patrones generales que también se pueden observar en la naturaleza. De esta manera, los modelos nos pueden ayudar a comprender cómo y por qué surgen los patrones generales que observamos, porque si nuestro modelo es capaz de reproducirlos, es probable que también seamos capaces de comprenderlos a nivel de procesos. Si el modelo es bueno para representar el ecosistema real, también podemos observar patrones en el modelo y descubrir si también observamos estos patrones en el campo. De esta manera, los modelos pueden ayudarnos a orientar el trabajo empírico en nuevas direcciones. Pero, ¿cuál sería un ejemplo de

este "patrón general" del que sigo hablando? Dado que estoy interesado principalmente en las interacciones entre especies, por ejemplo, un patrón general sería una tendencia a lo largo del tiempo en la forma en que las especies interactúan entre sí. ¿Las especies en una etapa temprana de restauración están interactuando con una mayor variedad de otras especies (es decir, son más generalizadas) en comparación con las de una etapa más avanzada? ¿Qué especies solo están allí en una etapa más avanzada y por qué? ¿Esta tendencia depende del tipo de interacción o de algunas circunstancias ambientales específicas? ¿Qué sucede si miramos a las especies que participan en múltiples tipos diferentes de interacciones? ¿Una interacción se vuelve más fuerte que la otra?

En la primera fase de mi doctorado, estudié mucho un tipo de interacción llamada mutualismo. Las interacciones mutualistas son beneficiaciones de las interacciones para ambas especies. En los sistemas terrestres, las interacciones mutualistas suceden a menudo entre una planta y un animal. Ejemplos son la polinización (donde el animal obtiene polen o néctar y la planta es polinizada) o la dispersión de semillas (donde el animal come un fruto y la semilla de la planta se dispersa).

En mi modelo, una especie se caracteriza por un rasgo y su posible rango de interacción. En el caso de las interacciones planta-dispersión de semillas, un

Lo que he estudiado hasta ahora y cómo funciona mi modelo

En la primera fase de mi doctorado, estudié mucho un tipo de interacción llamada mutualismo. Las interacciones mutualistas son beneficiaciones de las interacciones para ambas especies. En los sistemas terrestres, las interacciones mutualistas suceden a menudo entre una planta y un animal. Ejemplos son la polinización (donde el animal obtiene polen o néctar y la planta es polinizada) o la dispersión de semillas (donde el animal come un fruto y la semilla de la planta se dispersa).

En mi modelo, una especie se caracteriza por un rasgo y su posible rango de interacción. En el caso de las interacciones planta-dispersión de semillas, un rasgo que es muy importante para la interacción sería el tamaño del pico de un pájaro y el tamaño de la semilla de la planta. Si combinan bien, es probable que haya una interacción. Si combinan menos bien, pero aún es posible una interacción (por ejemplo, si tenemos un pájaro grande y una semilla pequeña), la interacción es menos probable y menos beneficiativa. Las especies pueden ser especializadas si solo interactúan con pocas otras especies o generalizadas, si interactúan con muchas otras especies. Además, pueden ser dependientes de la interacción (por ejemplo, una abeja que necesita néctar para sobrevivir) o no dependientes de la interacción (por ejemplo, un pájaro que no solo come néctar o frutas, sino también insectos). Llamo a estos animales no obligatorios en contraposición a los mutualistas obligatorios, que dependen de las interacciones mutualistas para sobrevivir. Dado que modelamos el ensamblado de la red de interacciones en un parche en recuperación, estos mutualistas no obligatorios pueden ser independientes de su compañero mutualista en el sentido de que son facultativos (forrajean algo diferente a lo que es producido por los compañeros mutualistas de la planta) o no residentes (comen algo producido por un compañero mutualista, pero el compañero está fuera del parche investigado). Es importante destacar aquí que mi modelo todavía no tiene la intención de modelar grupos de animales específicos, como pájaros, murciélagos o insectos. Lo importante es solo lo que hace la especie, como por ejemplo la dispersión de semillas grandes o pequeñas y hasta qué punto la especie depende de la interacción para sobrevivir. Los trabajos futuros podrían, sin embargo, también considerar diferentes grupos de animales si difieren en sus propiedades y si hay una pregunta interesante a considerar que necesita esta complicación adicional.



Mi modelo incorpora el proceso de restauración al tener intentos repetidos de inmigración desde los hábitats circundantes (el bosque lluvioso intacto o como un físico lo llamaría de manera conceptual: la piscina de especies) con el tiempo. Las especies que se encuentran en el hábitat en recuperación entonces están sujetas a la competencia y la mortalidad natural (que disminuye la población), pero también al crecimiento de la población natural que se ve aumentado debido a las interacciones mutualistas con sus parejas. De esta manera, el modelo cuenta con dos propiedades principales de la dinámica del ecosistema: la "dinámica de ensamblaje" (que define cómo se desarrolla la red) y la "dinámica de población" (que define cómo se desarrollan las poblaciones de las especies). Las especies pueden ser exitosas si su población crece y se establece en el hábitat, o pueden ser infructuosas si desaparecen (si tienen muy pocas interacciones y demasiada competencia). De esta manera, el hábitat en recuperación cambia con el tiempo, con nuevas especies que ingresan con éxito a la red y otras desapareciendo. De esta manera, algunas métricas importantes cambian con el tiempo, como el número de especies y las propiedades de las especies (por ejemplo, el número promedio de interacciones que tienen las especies en la red). Además, el proceso de ensamblaje en sí es interesante. Es posible observar si las especies tienen una probabilidad más alta o más baja de establecerse con éxito, dependiendo de cómo se vea la comunidad en el momento de la inmigración. En pocas palabras, con nuestro modelo realizamos "experimentos virtuales".

Por ejemplo, nosotros preguntamos: ¿qué cambios hay en la salida de la simulación si cambiamos esta cosa en el modelo o si incorporamos este nuevo efecto? De esta manera, podemos aprender qué impulsa los diferentes cambios en este "sistema modelo". En la sección de resultados, habrá un ejemplo de lo que cambia si tenemos especies en la red que no dependen de su compañero de interacción para sobrevivir (que yo llamé "no obligatorio"). Sin embargo, nuestro modelo no solo muestra qué cambios hay, sino que también, al mirar diferentes métricas de la salida de nuestro modelo, podemos descubrir por qué ocurren estos cambios. Si luego comparamos los resultados del modelo con las observaciones del campo, podemos tratar de descubrir si nuestro modelo está en lo correcto, y de esta manera ganar un entendimiento de proceso del sistema.

Resultados

Recientemente, presenté el primer papel de mi tesis de doctorado y también publiqué el papel en bioRxiv [2]. En el papel investigué a los mutualistas animales con una baja dependencia en las interacciones mutualistas y su influencia en el ensamblaje de la red mutualista. Encontré dos resultados importantes. Primero, pude encontrar que el ensamblaje de la red mutualista fue más rápido en la presencia de mutualistas animales no obligatorios en comparación con cuando no están allí. Se puede ver muy bien en la Fig. 8. Allí, se muestra el desarrollo de la red en el tiempo para un modelo con solo mutualistas animales obligatorios (fila superior) y con mutualistas animales no obligatorios adicionalmente (fila inferior). Especialmente en la etapa temprana (dos imágenes a la izquierda), se puede ver que la red está en una etapa mucho más desarrollada, debido a una disminución de la competencia y un aumento del éxito de inmigración de las plantas e animales que inmigran (ver figuras en la publicación [2]). El resultado mostrado también es un buen ejemplo de cómo funciona la ecología teórica en general. Carlo and Morales [1] pudieron demostrar empíricamente que los pájaros dieta y hábitat generalistas promueven la regeneración del bosque tropical mediante una dispersión de semillas mejorada. Nuestro modelo sugiere que el efecto de facilitación de los pájaros dieta y hábitat generalistas no solo es válido para la dispersión de semillas, sino en realidad para cualquier

tipo de mutualismo y no solo para los pájaros, sino para cualquier tipo de grupo animal que se involucre en una interacción mutualista.

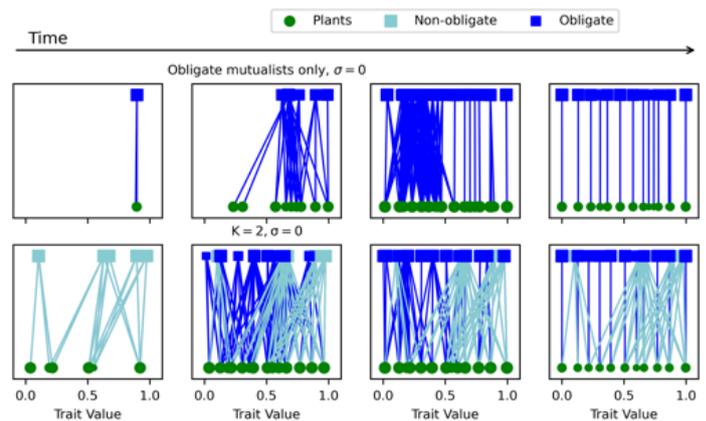


Figure 8: Instantáneas del desarrollo de la red a lo largo del tiempo. La fila superior son instantáneas de un modelo con solo mutualistas animales obligatorios. Abajo son instantáneas de un modelo con mutualistas animales no obligatorios adicionales.

Otro resultado que obtuvimos con nuestro modelo se muestra en la Fig. 9. Allí se puede ver en el lado izquierdo que la contribución de los mutualistas animales no obligatorios al crecimiento de las plantas debido a la mutualismo (es decir, el servicio reproductivo) es inicialmente 100% pero disminuye con el tiempo y eventualmente desaparece. Por lo tanto, las especies obligatorias asumen el control y brindan el servicio reproductivo completo a largo plazo. Este resultado sugiere que tenemos un aumento gradual de especies especializadas en el ecosistema a lo largo del tiempo. Mientras que las especies muy generalistas ayudan a ensamblar la red en la etapa inicial, se vuelven menos importantes más tarde. Sin embargo, en el lado derecho, se puede ver un gráfico del mismo modelo con solo el ruido demográfico encendido. El ruido demográfico representa fluctuaciones aleatorias en las densidades poblacionales de las especies debido a fluctuaciones estocásticas en los procesos de nacimiento y muerte y también en las interacciones. Es visible que los mutualistas animales no obligatorios todavía brindan una fracción no nula de servicio reproductivo. Una simulación con ruido demográfico es más realista que una simulación sin, y por lo tanto también lo es el resultado: Las especies obligatorias, que son más especializadas, brindan más servicio reproductivo a largo plazo que las especies no obligatorias. Sin embargo, las especies no obligatorias todavía son importantes y brindan estabilidad al ecosistema al ser más resistentes al ruido demográfico.

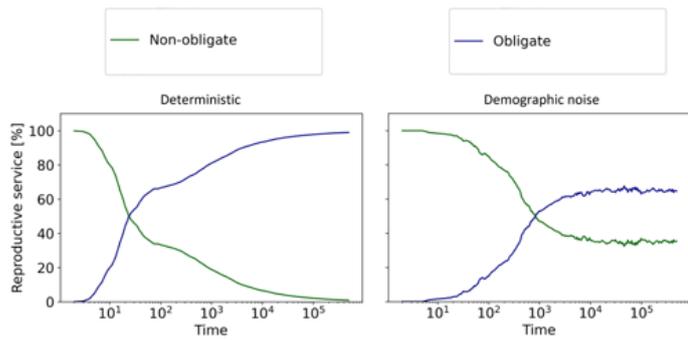


Figure 9: Servicio reproductivo (contribución al crecimiento de las plantas) de los mutualistas animales obligados y no obligados. La imagen de la izquierda muestra una simulación en la que las densidades poblacionales no están sujetas a ruido demográfico, que son pequeñas fluctuaciones aleatorias en la densidad poblacional. A la derecha, se activó además el ruido demográfico.

Próximos pasos

El tipo de modelo que actualmente uso se puede adaptar fácilmente a otros tipos de interacciones. Actualmente, también trabajo en el ensamblado de redes de interacciones antagonistas. Las interacciones antagonistas son beneficiosas para uno de los socios, pero perjudiciales para el otro socio de la interacción. Un ejemplo sería una interacción planta-herbívoro, donde el herbívoro come la planta. Un objetivo a largo plazo, después de comprender el ensamblado de redes antagonistas, es ensamblar redes acopladas de redes mutualistas y antagonistas. Sin embargo, estaría interesado en intercambiar con los demás SP que trabajan en interacciones mutualistas-antagonistas acopladas. De esta manera, podríamos descubrir qué temas serían más interesantes para investigar.

Referencias

- [1] T. A. Carlo and J. M. Morales. Generalist birds promote tropical forest regeneration and increase plant diversity via rare-biased seed dispersal. *Ecology*, 97(7):1819–1831, 2016.
- [2] T. Metz, N. Bluethgen, and B. Drossel. Shifts from non-obligate generalists to obligate specialists in simulations of mutualistic network assembly. *bioRxiv*, 2022.

SP I: Teoría y modelado

William Castillo, Universidad Albert-Ludwigs de Friburgo

Lo que todos deben saber

En los últimos años, la deforestación tropical ha ocurrido a una tasa de más de 7.6 millones de ha por año [8]. El bosque de Chocó es uno de los ecosistemas más vulnerables y biodiversos en Ecuador. Menos del 2% de la vegetación original queda y la tasa de deforestación es la más rápida en el país. La industria maderera, la ampliación de la infraestructura vial y la conversión del bosque en tierras agrícolas son las causas principales de la deforestación [1]. Por lo tanto, entender la dinámica de la regeneración del ecosistema es una cuestión urgente tanto en la ecología como en la sociedad. De acuerdo con este problema, una de las preguntas principales que este proyecto busca responder es: si un bosque perturbado es capaz de alcanzar las condiciones de crecimiento antiguas [4].

Las ideas más comunes que intentan describir el desarrollo de los sistemas ecológicos se basan en datos descriptivos obtenidos al observar cambios en las comunidades bióticas a lo largo de largos períodos, o en suposiciones altamente teóricas (desafortunadamente, muy pocas de las hipótesis aceptadas generalmente han sido probadas experimentalmente). Por ejemplo, en un reciente artículo de perspectiva sobre la restauración a largo plazo de ecosistemas degradados y su complejidad, Moreno-Mateos et al. [5] llevaron esta expectativa al punto: la regeneración será más rápida para la diversidad de especies, intermedia para la composición de especies y más lenta para las redes de interacción de especies complejas. El reensamblaje de características aún más complejas como las redes de interacción de comunidades meta será más demorado que las redes más simples (Fig. 10).

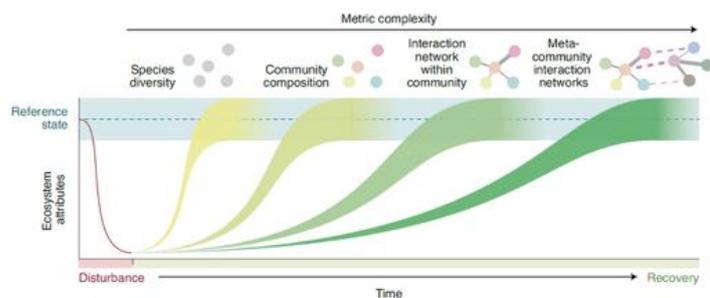


Figure 10: Predicción de trayectorias de recuperación a largo plazo de un ecosistema, incluidos cuatro de sus componentes con complejidad creciente [5].

Sin embargo, hasta donde sugiere la evidencia, la regeneración ecológica no es una idea sencilla (como ilustra la Figura 10); de hecho, es un proceso fuertemente interactivo y complejo que lleva a un comportamiento colectivo. Es el resultado de la modificación del medio ambiente físico por la comunidad; es decir, la regeneración está controlada por la comunidad aunque el medio ambiente físico determine el patrón, la tasa de cambio y, a menudo, establezca límites hasta dónde puede llegar el desarrollo [6].

Por ejemplo, no está completamente claro cómo traducir procesos a pequeña escala (predación, polinización, herbivoría, reclutamiento de plántulas de árboles, etc.) en características principales de un ecosistema (abundancia/distribución de organismos, sucesión ecológica, impacto humano, etc.). La presencia de muchas escalas o, incluso peor, la confluencia de escalas y la falta de una escala característica que permita la descomposición del problema en subproblemas hace difícil un enfoque

reduccionista micro-macro estándar. Esta propiedad a menudo hace que los sistemas sean sensibles a las condiciones iniciales, las condiciones de frontera y los pequeños cambios en los parámetros de control [7, 2, 3]

Planes y realidad

Aunque la importancia y belleza de las propiedades de las especies individuales y sus interacciones sigue siendo importante en muchos aspectos, la física estadística y la termodinámica nos han enseñado que no todos los detalles microscópicos son igualmente importantes si nuestro objetivo es una descripción macroscópica [7, 3]. Al igual que la mecánica estadística proporciona un marco para relacionar las propiedades microscópicas de átomos e moléculas individuales con las propiedades macroscópicas de los materiales, la ecología necesita una teoría para relacionar las propiedades biológicas clave a escala individual con las propiedades macroecológicas a escala de comunidad.

Sin embargo, este paso es más que una simple generalización del enfoque de mecánica estadística. De hecho, a diferencia de la materia inanimada, para la que las partículas tienen una identidad dada con interacciones conocidas que siempre están en juego, en los ecosistemas tratamos con entidades que evolucionan, mutan y cambian, y que se pueden encender o apagar y ajustar sus interacciones con sus compañeros.

Perspectiva

Desde que comencé a trabajar desde la perspectiva de la ciencia de la complejidad, he trabajado en geología, meteorología y actualmente en ecología. En estas disciplinas hemos trabajado con datos que no fueron recopilados para el análisis específico que realizamos. Esto disminuye la calidad de los datos y aumenta la incertidumbre de los sistemas que ya son complicados. Por lo tanto, uno de nuestros mayores desafíos es producir datos bajo las condiciones y suposiciones de los modelos en prueba. En simpatía con los experimentos clásicos, diseñar experimentos para responder a una pregunta específica. Esta es una tarea laboriosa; la recopilación de datos es costosa y difícil. Además, la mayoría de los sistemas que muestran comportamiento complejo son irrepetibles. Aquí, se requiere una intensa interacción con los científicos empíricos.

Referencias

- [1] F. Achard, R. Beuchle, P. Mayaux, H. J. Stibig, C. Bodart, A. Brink, S. Carboni, B. Desclée, F. Donnay, H. D. Eva, A. Lupi, R. Raši, R. Seliger, and D. Simonetti. Determination of tropical deforestation rates and related carbon losses from 1990 to 2010. *Global Change Biology*, 20:2540–2554, 8 2014. doi: 10.1111/GCB.12605.
- [2] R. Albert and A. L. Barabási. Statistical mechanics of complex networks. *Reviews of Modern Physics*, 74(1):47–97, 2002. ISSN 00346881. doi: 10.1103/REVMODPHYS.74.47.
- [3] S. Azaele, S. Suweis, J. Grilli, I. Volkov, J. R. Banavar, and A. Maritan. Statistical mechanics of ecological systems: Neutral theory and beyond. *Reviews of Modern Physics*, 88, 7 2016. ISSN 15390756. doi: 10.1103/RevModPhys.88.035003.
- [4] N. B. et al. *Reassembly of species interaction networks: Resistance, resilience and functional recovery of a rainforest ecosystem*, volume I. DFG - Deutsche Forschungsgemeinschaft, 2020. URL <https://www.reassembly.de>.
- [5] D. Moreno-Mateos, A. Alberdi, E. Morriën, W. H. van der Putten, A. Rodríguez-Uña, and D. Montoya. The long-term restoration of ecosystem complexity. *Nature Ecology and Evolution*, 4:676–685, 4 2020. doi: 10.1038/s41559-020-1154-1.
- [6] E. P. Odum. The strategy of ecosystem development. *Science*, 164:262–270, 1969. doi: 10.1126/SCIENCE.164.3877.262.
- [7] D. M. Raup. How nature works: The science of self-organized criticality. *Complexity*, 2:30–33, 1997. ISSN 10990526. doi: 10.1002/(SICI)1099-0526(199707/08)2:6<30::AID-CPLX6>3.0.CO;2-L.
- [8] Y. van der Hoek. The potential of protected areas to halt deforestation in Ecuador. *Environmental Conservation*, 44, 2017. doi: 10.1017/S037689291700011X.

SP 2: Redes tróficas y defensas alcaloides - ranas y fauna del hojarasca

Arianna Tartara, TU Darmstadt

Lo que todos deben saber sobre mi trabajo

Quiénes somos

SP2 investiga la estructura de las redes depredador-presa originales y reensambladas, con un énfasis especial en el papel de los alcaloides como impulsores para las interacciones tróficas entre anfibios y sus presas arthropodas. La unidad de investigación principal incluye dos PI, dos colaboradores externos y dos estudiantes de PhD, uno de los cuales soy yo. Nuestro subproyecto incluye a investigadores de diversos antecedentes, lo que, en mi opinión, proporciona una perspectiva muy holística sobre el tema de investigación. Con respecto a los PI, Michael Heethoff es un ecologista químico y acarólogo apasionado y Mark-Oliver Rödel es un ecologista, biólogo de la conservación y valiente herpetólogo. Nuestros colaboradores son David Donoso, un ecologista, entomólogo y, en particular, un experto en hormigas neotropicales, y Ralph Saporito, un ecologista químico y biólogo evolutivo con una experiencia líder en el campo de la investigación de las ranas venenosas. Por último, están Karla Neira, una bióloga altamente capacitada y una increíble colega, y yo, Arianna Tartara, una química con experiencia en análisis y monitoreo ambiental. Personalmente, encuentro extremadamente emocionante trabajar en un equipo interdisciplinario, participando en un programa de trabajo que incluye una variedad de métodos de investigación y realizando tareas altamente interconectadas con el propósito final de responder a una gran pregunta biológica común.

Objetivos

El objetivo de SP2 es investigar el papel de los alcaloides en la reorganización de las redes tróficas de los organismos de hojarasca: anfibios tóxicos y no tóxicos y sus presas arthropodas, centrándose en las hormigas, los ácaros oribátidos y los taxones que producen alcaloides. De acuerdo con la "hipótesis dietética", algunas familias de anfibios de hojarasca (aquí, Dendrobatidés) roban su mecanismo de defensa, es decir, los alcaloides tóxicos, de algunos de los arthropodos que consumen [2]. Siendo una red muy intrincada con muchas variables que examinar, dividimos el trabajo de la siguiente manera: por un lado, Karla se centra en las asociaciones de anfibios y en la identificación de las presas a partir del estómago de los anfibios, por otro lado, yo examino las comunidades de arthropodos y las análisis de alcaloides. A lo largo de nuestra secuencia cronológica, hipotetizamos que las redes tróficas son más complejas en los bosques de crecimiento antiguo y menos complejas en las áreas activamente alteradas. Esperamos que los alcaloides jueguen un papel clave en la estructuración de las redes alimentarias, con la composición de las comunidades de presas que sintetizan alcaloides influyendo en los perfiles de los depredadores anfibios que los secuestran [4, 6]. En general, esperamos que la diversidad de especies y funcional aumente en los bosques en recuperación [3], probablemente con la red de presas generalistas y el anfibio no tóxico recuperándose más rápido que la red más específica del anfibio tóxico y la presa que sintetiza alcaloides. Además, dentro de esta última, también esperamos diferencias entre especies dependiendo de qué presa dependen (ya sea hormigas o ácaros oribátidos, milpiés o escarabajos staphylinid) [1, 5].

Lo que hago

En este marco emocionante, mi papel como estudiante de doctorado es:

1. analizar los respectivos cambios de los ensamblajes de arthropodos en el hojarasca a lo largo de la cronosecuencia y a una escala temporal más corta en las parcelas P-REX. En estas parcelas experimentales también monitorearé qué factores ambientales (por ejemplo, pequeños mamíferos, apertura del dosel, vegetación, humedad) pueden afectar a los arthropodos durante el proceso de recolonización;
2. basándome en la identidad de los presas (Karla Neira), tratar de comprender estas redes específicas de depredador-presa, cómo se desenredan de las parcelas no perturbadas a las perturbadas y observar si y en qué medida se rearmaron en los bosques en recuperación y en las parcelas P-REX;
3. evaluar en qué medida los alcaloides, producidos por presas específicas de arthropodos, afectan el reensamblado de la red.

* En la práctica, esto se hace de la siguiente manera:

1. caracterizando las comunidades de arthropodos que habitan habitualmente en cada parcela de la cronosecuencia;
2. realizar un experimento de bolsas de hojarasca en las parcelas P-REX para examinar el proceso de recolonización y evaluar el potencial de descomposición;
3. analizar las muestras de piel de los anfibios y las presas supuestamente sintetizadoras de alcaloides para alcaloides;
4. análisis de red.

Métodos

En resumen, los métodos incluyen el muestreo de arthropodos de hojarasca de cada parcela siguiendo una extracción in situ con embudos de Berlese. Paralelamente, se realizó el estudio de bolsas de hojarasca en las parcelas experimentales y las muestras se procesaron de la misma manera. El diseño de las bolsas de hojarasca consiste en una malla de 0.5 cm para "excluir tamaño" a las presas de las ranas venenosas, llenas con una cantidad definida de hojas recogidas localmente y esterilizadas. Cada tratamiento de las parcelas P-REX contiene tres bolsas de hojarasca que se recogen individualmente a intervalos regulares (5 semanas) durante un total de 15 semanas. Al evaluar qué arthropodos viven en cada parcela a lo largo de la cronosecuencia, el objetivo es construir una base de datos de la mesofauna de hojarasca para luego compararla con los arthropodos recuperados en el estómago de las ranas (Karla Neira). Sigue el análisis de alcaloides de la piel de las ranas acompañado del inventario de los artículos de presa identificados como parte de la dieta de las ranas venenosas. Posteriormente, la siguiente temporada de campo se enfocará en la colección de los mismos arthropodos considerados para producir las cleptotoxinas con el objetivo final de fusionar los datos para esclarecer el reensamblaje de la compleja red de ranas-arthropodos impulsada por los alcaloides.

Estado actual

En el momento de escribir, llevo exactamente un año en el proyecto y puedo llamarme satisfecho con lo logrado hasta ahora. Completé con éxito mi primera temporada de campo y actualmente estoy sumergido en la identificación de los arthropodos en las cerca de 500 muestras recogidas. Me involucré en la configuración de la PREX con el CM y algunos miembros de los otros subproyectos. Coordinado con el horario de muestreo de Karla, recogimos las muestras de piel de las ranas que pronto analizaré por alcaloides con el método desarrollado por nuestro colaborador Ralph Saporito. Además de los logros estrictamente científicos, creo que casi todos los subproyectos pueden decir que hemos formado un buen equipo de investigadores. Nos hemos apoyado mutuamente moralmente y colaborado en algunas tareas prácticas. Lo más impor-



tante, estamos desarrollando las mejores formas de comunicarnos entre nosotros, así como con los asistentes de campo, las partes interesadas y el personal de las estaciones de investigación.

Planes y realidad

En mi imaginación, la vida de campo como PhD habría sido extremadamente solitaria; Me estaba imaginando solo, abordando todas las dificultades de un nuevo proyecto y entorno de trabajo, los peligros del bosque Choco, las situaciones estresantes, la adaptación a un estilo de vida diferente, las enfermedades tropicales... Sin embargo, no. Desde el principio, estuve rodeado de investigadores apasionados y seres humanos encantadores con quienes compartí estrategias de trabajo, emociones, dificultades, risas... y enfermedades tropicales. En la práctica, organicé la mayoría de mi campaña de muestreo junto con mis colegas, no solo por razones logísticas, sino especialmente por la comodidad del trabajo en equipo. Un ejemplo del sentido de comunidad que percibí se remonta al comienzo de mi trabajo de campo, cuando tuve que crear manualmente cerca de 500 bolsas de hojarasca. Muchos miembros del proyecto me ayudaron en esta tarea tediosa y larga, no solo ahorrándome tiempo sino también estableciendo las bases para una maravillosa cooperación.

Una dificultad imprevista fue la logística de organizar el transporte rápido de las muestras recién recogidas a la estación de investigación para su extracción, especialmente para las parcelas más alejadas. El punto clave era no dejar pasar demasiado tiempo entre la recolección y el procesamiento de la muestra debido a posibles descomposiciones y/o predación prolongada dentro de la bolsa, generando así un sesgo en la abundancia de artrópodos extraídos. Otras variables inesperadas fueron los apagones recurrentes en la estación de investigación, lo que significaba que la electricidad se apagaba y la extracción con luz de las muestras se interrumpía por una cantidad impredecible de tiempo, a veces días, con consecuencias desagradables como, una vez más, la putrefacción y/o predación. Este problema finalmente se resolvió con el uso de un pequeño generador conectado a los embudos de Berlese, permitiendo un procesamiento estable y fluido de las muestras.

Una divergencia adicional del diseño original fue parte de los datos de descomposición que planeé obtener a través del experimento de bolsas de hojarasca, calculando la pérdida de peso entre el peso seco de las muestras antes y después de estar en el campo durante los 3 intervalos de tiempo. En la práctica, en los tratamientos de perturbación de algunos parcelas ubicadas en terrenos inclinados, los datos fueron arruinados por los inesperados deslizamientos de barro. Estos eventos ocurrieron en bosques de viejo crecimiento, así como en la regeneración de cacao y pastos; por otro lado, las parcelas activas están estratégicamente ubicadas en tierra plana, por lo que no fueron afectadas. Las avalanchas de barro fueron causadas por la deforestación como parte de P-REX: inundaron las bolsas de hojarasca, por lo que el contenido respectivo de hojas se sumergió en el barro, lo que inevitablemente influyó en las mediciones posteriores de peso. Este sesgo también afectó la practicidad de la identificación de la mesofauna de las muestras de bolsas de hojarasca respectivas. De hecho, muchos granos de tierra cayeron en los tubos de Berlese debido a la gravedad, lo que hizo muy lento y laborioso separar y clasificar los artrópodos. En este sentido, el parabiólogo Jefferson desempeñó un papel clave en términos de ayuda y paciencia. Pasó una cantidad consistente de tiempo en el estereoscopio ayudándome a "limpiar" los extractos de Berlese, separando así los organismos que habitan el suelo del barro.

Dónde trabajo - Impresiones de campo

La estación de campo de Canandé podría definirse como el cielo y el infierno simultáneamente. Al principio, tanto los investigadores como el personal de la estación experimentaron fuertes dificultades, pero después de unos meses de adaptación, las cosas comenzaron a funcionar de manera más fluida hasta que la Reserva se convirtió básicamente en un segundo hogar para mí. Sin embargo, desde el principio, me sorprendió el entusiasmo, la fuerza y la disponibilidad de los parabiólogos Leo, Lady, Jefferson, Franklin y Jordi y el gerente de parcelas Bryan. Junto con la gerente de la estación Katrin Krauth, su ayuda realmente marcó una diferencia en mi trabajo y sin su ayuda no habría podido completar la temporada de campo. Y lo que es más importante, no sólo fueron una mano de obra esencial, sino que también me proporcionaron un apoyo moral increíble y mantuvieron mi espíritu en los momentos difíciles.

Desde una perspectiva naturalista, la Reserva Canandé es sobresaliente. Tuve la oportunidad de observar la vida silvestre de una manera que nunca antes en mi vida, tanto en términos de diversidad como de cercanía. Ahora tengo en mi memoria una gran cantidad de experiencias y encuentros únicos en el bosque que rodea la estación, que difícilmente olvidaré: desde los gruñidos aterradores de los pecaris hasta el aroma de las orquídeas hermosas, desde los aullidos de los monos jugando en las ramas hasta los colores impactantes de los pájaros alimentándose de frutas tropicales... La comunidad alrededor de Canandé fue muy generosa e hospitable. Nuestros parabiólogos, asistentes de campo y personal de la estación en su mayoría eran de estas mismas aldeas, y compartieron abiertamente con nosotros su conocimiento y tiempo. Todos eran trabajadores incansables e inolvidables compañeros: para mí, pasar momentos con ellos fue el verdadero punto culminante de la temporada de campo.

Resultados

Después de exportar las muestras a Alemania, actualmente estoy identificando los artrópodos recogidos en estas muestras con la ayuda de la estudiante de bachillerato Annika. Espero tener pronto una visión general de las comunidades de artrópodos en cada parcela y dentro del P-REX. Para aquellas parcelas que no fueron afectadas por las avalanchas de lodo, pude medir la tasa de descomposición (Figura 11), lo que se traduce en que no pude calcular la descomposición de los tratamientos de perturbación de los bosques secundarios y primarios.



Decomposition rate in Disturbance and Control treatments

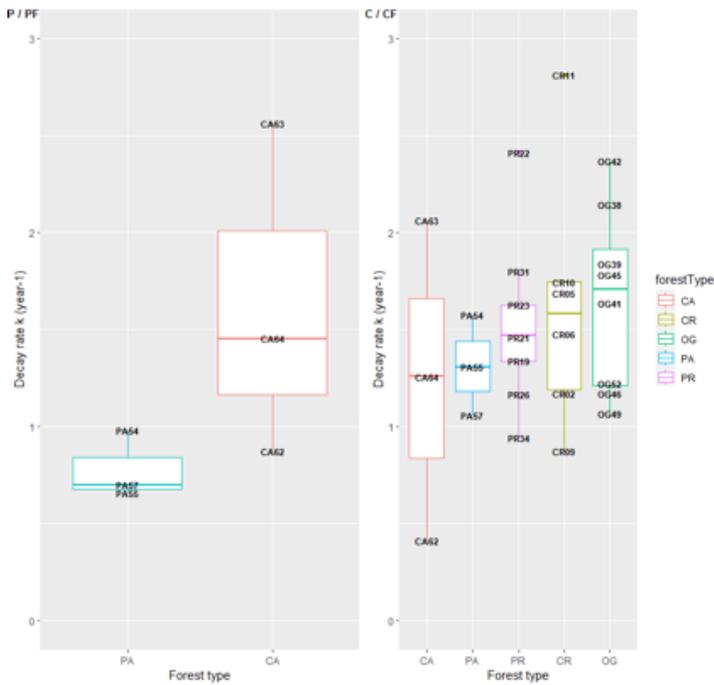


Figure 11: Diagrama de caja de las tasas de descomposición k . Se informan los valores de las parcelas individuales. Cabe señalar que, según el diseño experimental, los sacos de hojarasca tenían un tamaño de malla de 5 mm, excluyendo así a algunos descomponedores.

En los tratamientos de control (sin diferenciar la presencia de la cerca), la tasa de descomposición es más alta en el bosque de crecimiento antiguo con $k = 1.675 \text{ año}^{-1}$, y más lenta en las plantaciones activas de cacao y pastos con $k = 1.205 \text{ año}^{-1}$ and $k = 1.310 \text{ año}^{-1}$, respectivamente. En los tratamientos de perturbación solo los datos de la tierra agrícola eran utilizables para calcular las tasas de descomposición. Los pastos tienen una k más baja después de la perturbación en comparación con el control, mientras que las bolsas de hojarasca se descomponen más rápidamente en los cacaos disturbados que en el control. En ambos tratamientos, las tasas de descomposición de los campos de cacao tienen una gran varianza, que supongo que se puede explicar por datos de parcela como el microclima y la humedad del sotobosque. En general, estoy deseando correlacionar las tasas de descomposición con el resultado de la evaluación de la comunidad de artrópodos, así como con los datos de otros subproyectos, como la apertura de la copa, los parámetros del suelo, etc.

Dentro del campo más tangible de la ciencia ciudadana y la difusión pública, SP2 tiene un primer resultado (ver [la página web de ReAssembly](#)). De hecho, fue la comunidad local quien nos inspiró a intentar devolver al menos un poco de la apertura y la amabilidad que nos agasajaban. Pensamos en formas de integrar la unidad de investigación con la realidad confinada y decidimos involucrar a la escuela local para un taller científico en la estación de investigación. Los estudiantes y algunos padres respectivos participaron entusiastas en las diversas actividades educativas que propuso SP2. Personalmente, lo veo como un éxito: logramos sentar las bases del puente entre los investigadores extranjeros y las personas locales. Al explicar nuestras tareas laborales, mostrar el laboratorio recién construido por dentro y explorar juntos el bosque que rodea a Canandé, definitivamente ayudamos a explicar o tal vez aclarar nuestro papel en el área.

Perspectivas

En el campo

Una vez que el proceso de identificación haya finalizado, tendré una imagen más amplia del efecto de las avalanchas de lodo en los organismos que habitan el suelo colonizando los bolsos de hojarasca afectadas por la simulación de deforestación en comparación con los tratamientos de control. Para la próxima temporada de muestreo, ya he redactado un experimento para llevar a cabo en ocasión de la "re-perturbación" que el CM tiene planificada para el comienzo del próximo año. El diseño seguirá el mismo método de bolsos de hojarasca, incluirá menos puntos de tiempo, pero será más sólido y, con suerte, más resistente a las avalanchas de lodo. De hecho, planeo repetir el experimento en las partes de los tipos de bosques afectados por las avalanchas de lodo, es decir, viejos crecimientos, regeneración de cacao y pastos y proteger las bolsos de hojarasca de las avalanchas con una barrera en la colina. Además, instalaré trampas de pozos en las parcelas P-REX para evaluar la comunidad de mesofauna de hojarasca (> 5 mm). La muestreo tendrá una duración de 48 horas, lo que lo hace logísticamente desafiante. Una vez más, la colaboración con el CM y otros subproyectos será crucial para un resultado exitoso.

En el laboratorio

Además, las siguen los análisis químicos y moleculares. Pronto analizaré la piel de las ranas para alcaloides y también obtendré los artrópodos codificados individualmente. Es muy probable que el análisis químico se realice en Quito con Sebastian Taco del departamento de ingeniería química en EPN. Esto consiste en una maravillosa oportunidad de consolidar la asociación entre las instituciones ecuatorianas y alemanas, así como de ahorrarme el problema de los permisos de exportación, los procedimientos de envío internacional y mayores posibilidades de dañar las muestras.

Referencias

- [1] A. Brückner and M. Heethoff. Scent of a mite: Origin and chemical characterization of the lemon-like flavor of mite-ripened cheeses. *Experimental and Applied Acarology*, 69(3):249–261, 2016.
- [2] J. W. Daly, T. F. Spande, and H. M. Garraffo. Alkaloids from amphibian skin: a tabulation of over eight-hundred compounds. *Journal of natural products*, 68(10): 1556–1575, 2005.
- [3] 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.
- [4] N. A. Moskowicz, B. Dorritie, T. Fay, O. C. Nieves, C. Vidoudez, C. R. L. 2017 Biology Class, M. 2017 Biotechnology Class, E. K. Fischer, S. A. Trauger, L. A. Coloma, et al. Land use impacts poison frog chemical defenses through changes in leaf litter ant communities. *Neotropical Biodiversity*, 6(1):75–87, 2020.
- [5] G. Rasputnig, R. A. Norton, and M. Heethoff. Oribatid mites and skin alkaloids in poison frogs. *Biology Letters*, 7(4):555, 2011.
- [6] R. A. Saporito, M. A. Donnelly, R. A. Norton, H. M. Garraffo, T. F. Spande, and J. W. Daly. Oribatid mites as a major dietary source for alkaloids in poison frogs. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(21):8885–8890, 2007.

SP 2: Redes tróficas y defensas alcaloides - *Trabajo de campo* ranas y fauna de hojarasca

Karla Neira Salamea

MfN/HU, Berlin - UDLA/EPN, Quito

Lo que todos deben saber sobre mi trabajo

SP2 es un equipo interdisciplinario e intercultural formado por los investigadores principales Michael y Mark-Oliver (MO), los colaboradores principales David y Ralph (que se presentan en detalle en la sección escrita por Arianna), y los estudiantes de doctorado Arianna y Karla. Arianna es una química italiana con experiencia en análisis ambientales en áreas muy remotas del mundo. Y yo, Karla, soy una bióloga ecuatoriana que explora el fascinante mundo de la herpetología y la ecología, principalmente de los anfibios desde mis estudios universitarios.

Juntos, buscamos comprender la reestructuración de las redes depredador-presa. Las ranas de hojarasca y los artrópodos que conforman su dieta nos brindan una oportunidad excepcional para aprender más sobre los procesos de reestructuración. Arianna se enfoca en las comunidades de artrópodos de hojarasca y los alcaloides, mientras que yo estudio las agrupaciones de ranas y su dieta.

Las redes ranas-artrópodos incluyen una amplia gama de interacciones. Algunas especies de ranas ingieren su presa al azar (generalistas) y otras solo consumen artrópodos específicos disponibles en el ambiente (especialistas) [5]. Aunque la especialización dietética en las ranas es rara, varias ranas venenosas acumulan alcaloides al alimentarse principalmente de artrópodos que contienen alcaloides [2, 1]. Por ejemplo, las ranas dendrobatidae son aposemáticas, diurnas y cazan presas específicas que incluyen ácaros y hormigas [4]. En cambio, las especies consideradas generalistas a menudo tienen un coloración críptica, son depredadores sentados y esperan y se alimentan de presas más grandes y menos numerosas [4]; este último grupo incluye varias especies de ranas con desarrollo directo del género *Pristimantis*.

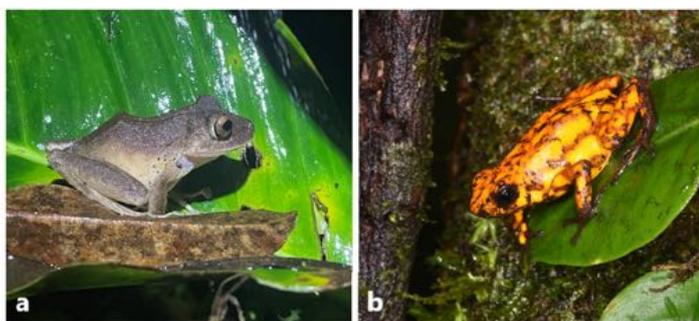


Figure 12: Ejemplo de una especie de rana generalista y otra especie especialista de Canandé y Tesoro Escondido. a. *Pristimantis chocoensis*, (Strabomantidae); b. *Oophaga sylvatica*, (Dendrobatidae).

Después de una perturbación en el bosque, los ensamblajes de ranas y artrópodos cambian y, por lo tanto, las redes correspondientes de depredador-presa también pueden cambiar. Además, la especificidad en la dieta puede resultar en que algunas redes exhiban interacciones más estrechas entre pares que otras. Estoy interesada en entender cómo cambian los ensamblajes de ranas de áreas activas a bosques maduros y en la reensamblación de las redes de depredador-presa entre las ranas especialistas y las ranas generalistas a lo largo de la cronosecuencia.

Para lograr los objetivos principales de mi proyecto, el primer paso es el trabajo de campo. El procesamiento de las ranas se realiza *in situ*. Configuramos la estación en el campo, luego buscamos activamente ranas a través de encuentros visuales, las capturamos y luego las procesamos. Primero, identificamos la especie, la clase de edad y el sexo. Luego, tomamos medidas morfométricas y el peso. Para obtener los contenidos estomacales, es decir, la presa que luego identificaremos para el análisis de la red, realizamos un lavado estomacal. Si capturamos una especie que pueda contener alcaloides, recolectamos los alcaloides de su piel mediante una técnica no invasiva de electroestimulación, TAS (Transcutaneous Amphibian Stimulator) [3]. Finalmente, las ranas son liberadas sin daño en su entorno.



Figure 13: Karla, Jaime y muchas ranas para procesar.

Planes y Realidad

Ajustes al plan inicial

La intención original era visitar cada uno de los 64 lotes, diez veces durante el día y diez veces durante la noche, la mitad en la temporada seca y la mitad en la temporada húmeda. Se consideró que esto sería posible con la visita a seis lotes por día. Arianna y yo nos dimos cuenta después de la primera semana en Canandé, durante la implementación de PREX, que el plan original era demasiado ambicioso y casi inalcanzable dada las condiciones del campo. La lluvia, las distancias a los lotes, el tiempo requerido para procesar las ranas *in situ*, y la logística en general hicieron que fuera extremadamente difícil cumplir con el plan inicial. Después de discutir con MO y Nico, acordamos ajustar el diseño de muestreo. Decidí muestrear todos los PREX y agregar seis lotes más: tres pastizales activos y tres cacaos activos. Así, tengo un total de nueve pastizales en regeneración (PR), nueve cacaos en regeneración (CR), ocho bosques maduros (OG), seis pastizales activos (PA), y seis cacaos activos (CA).

En 2022, realicé dos repeticiones diurnas y dos nocturnas, durante la temporada seca y la temporada de lluvia. Las cuatro rondas se alternaron, una ronda diurna seguida de una ronda nocturna, y así sucesivamente. Los lotes restantes también serán muestreados una vez para cumplir con los objetivos del análisis de la red.

La estrategia de muestreo fue otra decisión que tuve que tomar en el campo. Mi idea inicial era hacer transectos siguiendo las cuerdas guía de la parcela, es decir, un transecto de 200 metros alrededor de la parcela. Sin embargo, las condiciones de paisaje en muchas parcelas hicieron que



esta tarea fuera bastante desafiante. Optamos por muestrear dentro de la parcela respetando las zonas experimentales.

Desafíos en el campo

Los principales desafíos que tuve en el campo fueron la identificación de *Pristimantis* y encontrar ranas durante la muestreo diurno. Febrero de 2022 fue la primera vez que visité el Bosque del Chocó en Esmeraldas. Algunas especies con amplias distribuciones ya las conocía, pero había otras que tuve que aprender a identificar a medida que avanzaba. Las más difíciles (y también las más fascinantes para mí) son las ranas del género *Pristimantis*. Aunque estas ranas que se desarrollan directamente, a menudo con colores crípticos, a veces muy similares entre las especies pueden ser muy desafiantes, aprender a identificarlas ha sido muy satisfactorio.

En cuanto al muestreo diurno, Leo, el parabiólogo que me ayuda, es el mejor en encontrar ranas muy pequeñas y crípticas en la mañana. Leo formó su propio método: no mueve la hojarasca o la agita; simplemente camina muy lentamente, manteniendo un ojo hasta que ve cualquier rana saltar. Las ranas jóvenes son tan pequeñas que fácilmente pueden confundirse con grillos o saltamontes, "pero la forma en que saltan es completamente diferente", dice Leo. He aprendido su método, lo que actualmente me permite encontrar ranas muy pequeñas durante el día.

Impresiones en el campo

El bosque del Chocó es extraordinario, y considero que tengo una gran suerte de poder trabajar allí. No hubo un solo día ni noche en el campo que no encontráramos alguna especie asombrosa de anfibios o reptiles en las parcelas o en nuestro camino hacia ellas. Aunque las parcelas al principio parecían estar demasiado lejos, recuerdo las palabras de Nico: "más tarde les agradecerás", ahora estoy de acuerdo con él, es verdad que sólo al llegar a esos lugares remotos podremos alcanzar nuestros objetivos.

También somos muy afortunados de tener las condiciones de campo que tenemos en Canandé y Tesoro Escondido. Tener una cama cómoda, comidas preparadas y un equipo impresionante siempre dispuesto a ayudar, son ciertamente un gran privilegio. Además, poder trabajar en el ChocoLab, en medio del bosque con todas las condiciones de cualquier laboratorio en la ciudad es fantástico.

Las personas

Trabajar con mi equipo de campo ha sido genial. Arianna y yo nos entendimos muy bien desde el principio, hicimos el trabajo juntos y fuimos un gran apoyo el uno para el otro. MO ha estado en Canandé dos veces este año, aprendo mucho de él, trabajar con él en el campo significa no sólo encontrar cada animal, sino esencialmente caminar en el bosque junto a una enciclopedia viviente. Un estudiante universitario, Jaime, me ayudó en la última fase del trabajo de campo. Fue muy entusiasta, confiable y responsable. Toma excelentes fotos y nunca se quejó de las caminatas, lo cual es muy importante a la hora de elegir a un estudiante. Leo ha sido extremadamente importante para nuestro trabajo de campo. Una de mis mayores satisfacciones esta temporada de campo fue cuando Silvia, Leo y yo fuimos a Casa del Medio. Silvia tiene miedo a las ranas y las serpientes. Sin embargo, Leo le explicó todo el proceso, desde la identificación hasta el lavado de estómago, y lo hicieron juntos. Eso fue una deliciosa sorpresa para mí.

Además, todos los estudiantes de doctorado en el proyecto son profesionales sobresalientes y personas extraordinarias. Hemos formado un equipo muy solidario y nos animamos y nos motivamos mutuamente. Los gerentes del ChocoLab, primero Adriana, luego Chiara y

actualmente Katrin, han trabajado muy duro para que todo funcione sin problemas en el laboratorio. A pesar de todas las obligaciones que tiene, Katrin siempre encuentra una manera de ayudar y apoyarme en absolutamente todo.

Una de las mejores experiencias que guardo es la felicidad de haber compartido con los parabiólogos, que ahora son mis amigos: Leo, Jordy, Lady, Silvia, Jefferson, Franklin y el gerente de la parcela, Bryan. Son jóvenes de pueblos cercanos a Canandé. Su trabajo es ayudar en la investigación en el campo y en el laboratorio. Sin embargo, sus actividades van más allá de sus deberes. Siempre están muy entusiasmados y tratan de encontrar soluciones a cualquier problema que tengamos. He tenido la oportunidad de trabajar con cada uno de ellos, y creo que compartir nuestras experiencias y conocimientos me ha permitido aprender extensivamente no solo sobre el bosque, sino también sobre la vida.

La implementación de espacios que van más allá de la ciencia, contribuyendo al desarrollo de jóvenes de las comunidades locales, es sin duda una oportunidad extraordinaria que brindan Reassembly y Joco-toco, y un gran paso hacia la conservación de los bosques de la región.

Perspectiva

Planeo comenzar a analizar los datos de la comunidad de anfibios el próximo año. En enero y febrero, trabajaré en el laboratorio de Rödel en el Museo für Naturkunde en Berlín. Regresaremos a Canandé en marzo, junto con MO y un estudiante de maestría, que investigará los microhábitats de dendrobatidos. Continuaré muestreando de la misma manera que el año pasado y también ayudaré a Arianna. También tendré que evaluar los alimentos de las vísceras de los sapos para su posterior identificación *via* metabarcodificación.

Para mí, es esencial devolver algo a las comunidades donde uno investiga. Así que el año que viene, durante mi estancia en Canandé, me propongo ofrecer un curso de ecología básica para los parabiólogos y guardabosques, si los chicos están de acuerdo. Mi idea es proporcionarles herramientas técnicas adicionales para su trabajo presente y futuro.

Referencias

- [1] J. W. Daly. The chemistry of poisons in amphibian skin. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 92(1):9–13, 1995.
- [2] J. W. Daly, S. I. Secunda, H. M. Garraffo, T. F. Spande, A. Wisnieski, and J. F. Cover Jr. An uptake system for dietary alkaloids in poison frogs (dendrobatidae). *Toxicon*, 32(6):657–663, 1994.
- [3] J. B. Grant and B. Land. Transcutaneous amphibian stimulator (tas): A device of the collection of amphibian skin secretions. *Herpetological Review*, 33(1):38, 2002.
- [4] C. A. Toft. Feeding ecology of thirteen syntopic species of anurans in a seasonal tropical environment. *Oecologia*, 45(1):131–141, 1980.
- [5] L. J. Vitt and J. P. Caldwell. *Herpetology: an introductory biology of amphibians and reptiles*. Academic press, 4th edition, 2014.

SP 3: Interacciones planta-polinizador

Ugo Mendes Diniz, Technische Universität München

Lo que todos deberían saber sobre mi trabajo

SP₃ es el subproyecto de polinización de REASSEMBLY. El grupo está formado por los investigadores principales Sara Diana Leonhard (TU München), Alexander Keller (LMU München) y Gunnar Brehm (U Jena), quienes reúnen una gran cantidad de conocimientos sobre insectos tropicales y sus interacciones ecológicas, y por mí, un candidato a doctorado basado en la TU München y liderando la recopilación de datos en el Chocó ecuatoriano. Nuestro proyecto tiene como objetivo entender cómo se reensamblan las redes de polinización diurnas y nocturnas después de disturbios (es decir, la deforestación) en el hotspot de biodiversidad del Chocó ecuatoriano. La mayoría de los angiospermos en los ecosistemas tropicales dependen de los animales para la polinización [4], y estas relaciones mutualistas resultan en complejas redes de interacciones. Su estructura brinda una visión sobre la estabilidad de los procesos mediados por las redes [1], por ejemplo, la polinización de las plantas y la alimentación de los polinizadores [2]. A su vez, estos procesos se ven afectados por la variación en la composición de las comunidades, así como por su diversidad taxonómica y funcional de los rasgos. De hecho, existe una creciente evidencia de que la estructura de las redes de polinización tropicales está impulsada por procesos basados en el nicho y, por lo tanto, más por factores deterministas (por ejemplo, rasgos funcionales) que por procesos estocásticos (por ejemplo, abundancia) [3].

Desde una perspectiva de rasgos funcionales, nuestro objetivo principal es iluminar los rasgos compartidos por las plantas y los polinizadores que les permiten resistir las perturbaciones o colonizar hábitats recién perturbados y restaurar la complejidad a la comunidad. Dentro de este marco, también estamos investigando cómo se reensamblan las redes a diferentes niveles espaciales: el sotobosque y la copa, este último un espacio raramente muestreado dentro del bosque [5]. Además de explorar el efecto de las perturbaciones en los patrones de interacción de toda la comunidad, también exploraremos cómo se ven afectados los procesos secundarios, como el servicio de polinización (transferencia de polen y cuajado de frutos) y el aprovisionamiento de polinizadores (dinámica poblacional y supervivencia de las abejas) para extraer conclusiones orientadas a la conservación.

Lo que hacemos

Para muestrear insectos y sus interacciones con las plantas, establezco una variedad de trampas en las parcelas, tanto en el sotobosque como en el dosel (cuando esté presente) utilizando el método de arco y flecha. Este método consiste en disparar una cuerda sobre ramas entre 20 y 30 m sobre el suelo para formar una polea para levantar trampas. Para capturar abejas, que requieren una forma única y estandarizada de ser muestreadas, utilizamos una combinación de trampas de hojas de colores mixtos, trampas de aroma y nidos de trampa, así como una red activa dentro de la parcela (solo en el sotobosque). Para mariposas, utilizamos trampas de luz UV mixtas diseñadas por Gunnar Brehm. Todas estas trampas están activas durante un día o una noche completa y vienen equipadas con un mecanismo de evaporación de cloroformo que mata a los insectos sin el uso de líquidos, reduciendo así la posibilidad de contaminación de polen. También incluiremos las interacciones planta-murciélago en nuestra red nocturna, que están siendo muestreadas por Santiago Erazo de SP₄. Los insectos serán identificados adecuadamente

por especialistas, y se medirán una variedad de características de interacción y dispersión para todas las especies (por ejemplo, longitud de probóscide, tamaño). Además, realizaré una evaluación exhaustiva de la abundancia de plantas consumidas por los insectos en los sitios, mientras recojo sus características morfológicas y relacionadas con los recursos para nuestro marco de especie-característica. Las interacciones con las plantas serán identificadas por las cargas de polen recogidas de los insectos, a través de la secuenciación metabarcoding de próxima generación realizada en LMU München.

También tenemos dos paquetes de trabajo adicionales (WP) que requieren trabajo de campo en el Chocó, que se llevarán a cabo en 2023: el WP de flujo de polen, consistiendo en un complejo experimento in situ donde recopilamos datos de éxito reproductivo de los fitómetros transplantados al campo y de los árboles dioicos naturalmente encontrados en la zona de investigación; y el WP de provisión de polinizadores, que consiste en la instalación de redes trampa para muestrear abejas nidificantes, cuyo fitness se medirá dentro de la cronosecuencia.

Planes y realidad

El primer año de trabajo de campo fue un éxito. Esta primera etapa, subdividida en dos intensas campañas de dos meses, consistió en instalar los mecanismos de cuerda del dosel y los dos primeros tipos de trampas: las trampas de luz para polillas y las trampas de veleta para abejas (Figura 14).



Figure 14: Trampas de insectos instaladas en los lotes de Reensamblaje durante la primera etapa de trabajo de campo. Arriba a la izquierda: una trampa de veleta para abejas de colores mixtos, que contiene vanes azules y amarillos; abajo a la izquierda: una trampa de luz UV mixta, que utiliza tanto la luz UV como la luz visible para atraer polillas. Derecha: Las trampas instaladas en el dosel con la ayuda de un arco y flecha.

La instalación de las cuerdas del dosel fue un desafío en sí mismo, y probablemente la parte más difícil e impredecible del trabajo. El método de arco y flecha requiere mucha afinación (y suerte) para funcionar, así como una rama perfecta que no esté demasiado obstaculizada por la vegetación y a una buena altura (20-30 m). Por lo tanto, mientras algunos lotes se trataron con bastante rapidez, otros requirieron varias horas (y flechas) para finalmente tener su dosel listo para la muestra. Pero en última instancia, todos los lotes REASSEMBLY que tenían una capa de



dosel significativa ($N = 28$) se prepararon con éxito con los mecanismos de cuerda. En cuanto a las trampas, ambos tipos funcionaron bien y dieron lugar a una muy grande diversidad y abundancia de polillas y abejas nocturnas (trampas de luz), y un número decente de abejas (trampas de aletas), aunque estas últimas se limitaron principalmente a las abejas sin aguijón (tribu Meliponini).

Por lo tanto, el proyecto de recopilación de datos se está desarrollando principalmente según lo previsto. Diría, de hecho, que fuimos demasiado cautelosos con la planificación, ya que habíamos previsto repeticiones por ejemplo, la trampa de luz para aumentar el tamaño de las muestras que, según los números actuales, no será necesario. El único obstáculo hasta ahora parece ser la baja diversidad funcional de las abejas capturadas por las trampas de aleta. Por lo tanto, puedo citar dos cambios importantes en el diseño de muestreo hasta ahora, basados en los resultados de este año: (i) inicialmente previsto para repetirse por un año adicional, la muestra de polilla se restringirá a 2022 solamente, ya que ya hemos adquirido una impresionante abundancia y diversidad de polillas, y con el fin de dar tiempo para las otras partes del proyecto; (ii) en lugar de repetir la trampa de aleta de color en 2023, esta trampa será reemplazada por otros métodos de captura, es decir, la captura activa dentro de los sotobosques de los lotes y la instalación de trampas de olor en ambos niveles para atraer abejas orquídeas (Euglossini), que son increíblemente diversas en la zona. Además, el próximo año también abarcará el trabajo en los demás PT (como se ha descrito anteriormente) y la recopilación de datos sobre abundancia de plantas y rasgos. En cuanto al muestreo de interacciones, nuestras primeras pruebas de secuenciación de metabar-codificación en Alemania funcionaron a la perfección, ¡lo que significa que pronto la red empezará a tomar forma!

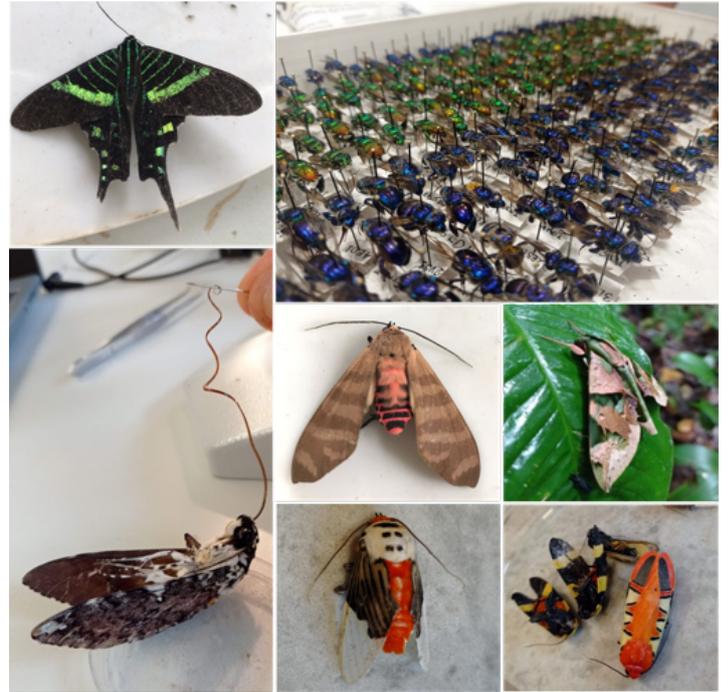


Figure 15: Una muestra de la increíble diversidad de colores y formas de las especies de mariposas y abejas encontradas en la reserva de Canandé. Arriba a la izquierda: una mariposa diurna de la familia Uranidae, abajo a la izquierda: una polilla *Manduca* hawkmoth con su largo probóscide extendido; arriba a la derecha: una muestra de varias especies de abejas orquídeas (Euglossini); abajo a la derecha (en sentido contrario a las agujas del reloj): mariposas tigre (Arctiinae): *Elysius* sp., *Idalus* sp., *Gorgonidia* sp. y una especie desconocida de Sphingidae.

Estos placeres para los ojos son solo uno de los muchos regalos que proporcionan la energía necesaria para trabajar en el hermoso, aunque desafiante Chocó. Las jornadas de 10 km hacia y desde parcelas alejadas, los senderos pantanosos en días de lluvia, los cansados hombros por llevar materiales de trampa y el ejército de abejas sin aguijón buscando los fluidos oculares (especialmente cuando intentas operar un arco) son algunos de los obstáculos diarios que deben superarse. Al igual que en otros ambientes tropicales, el trabajo de campo en Canandé ha demostrado ser duro, pero gratificante.

Donde trabajo - impresiones de campo

Canandé es una impresionante demostración de la naturaleza tropical. El paisaje es impresionante a la distancia, con sus formaciones similares a nubes que surgen del bosque en días lluviosos que se pueden ver desde el mirador de la reserva a unos kilómetros del laboratorio o desde el segundo piso del laboratorio mismo. De cerca, las formas de vida son un espectáculo de formas y colores. Al mirar los insectos que he recolectado, por ejemplo, no puedo dejar de quedar impresionado por las mariposas y abejas doradas por tonos de rosa brillante, azul profundo, verde metálico o rojo llameante. O quizás el probóscide de las polillas *Manduca* hawkmoths, que pueden superar los 10 cm de longitud y pueden alcanzar las flores más profundas (Figura 15).

Resultados

Después de la primera visita a todas las parcelas, pude obtener 91 muestras exitosas de trampa de luz y muestras de vela. Aunque solo aproximadamente el 65% de las muestras han sido procesadas, hasta ahora han producido aproximadamente 1400 abejas (principalmente Meliponines y Megalopta nocturnas), y aproximadamente 7000 mariposas de nuestros grupos focales (Erebidae: Arctiinae, y Sphingidae). Las abejas aún requieren debida identificación, pero debido al exhaustivo catálogo de mariposas preparado por Gunnar Brehm y colaboradores con mariposas de la reserva, ya podemos echar un vistazo inicial a las tendencias de la diversidad y la abundancia de mariposas en el sitio. Con alrededor del 40% de las muestras de mariposas procesadas solo, es posible ver la aparición de una curva encorvada con una mayor diversidad y abundancia de mariposas en las parcelas con un período intermedio (Figura 16). ¿Tal vez un apoyo a la Hipótesis del Disturbio Intermedio? Demasiado pronto para decirlo y se necesitan más datos, ¡pero los resultados son prometedores!

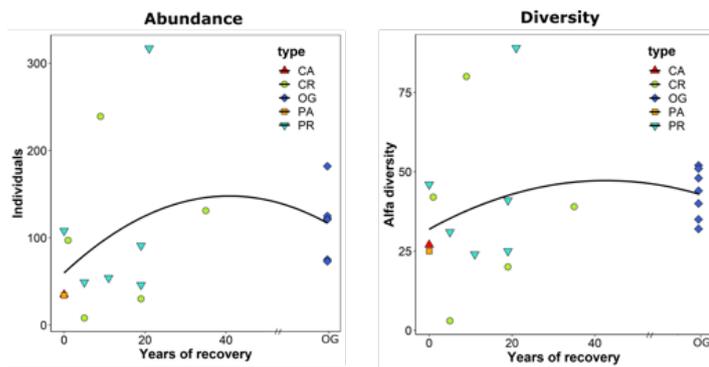


Figure 16: Tendencias preliminares en la diversidad y la abundancia de mariposas de las parcelas de Reensamblaje, lo que sugiere un apoyo a la Hipótesis del Disturbio Intermedio. OG: Bosque de crecimiento antiguo, CA: Cacao activo, PA: Pastoreo activo, CR: Regeneración de cacao, PR: Regeneración de pastoreo.

Perspectiva

Ahora, el desafío de condensar varios pasos del proyecto en el horario del próximo año surge. Eso significa establecer los dos nuevos tipos de trampa, capturar abejas en el sotobosque, registrar la abundancia de plantas florecientes y sus características morfológicas y de recursos en las parcelas, y trasplantar los fitómetros. Será mucho trabajo, pero con una planificación adecuada y suficiente tiempo en la Reserva, esperamos poder terminar todas las partes del proyecto. Además, las secuenciaciones metabarcoding están teniendo lugar constantemente en Munich, lo que pronto dará lugar a nuestras primeras interacciones y, por lo tanto, a los primeros vistazos a la red. Los esfuerzos conjuntos con el equipo de Gunnar Brehm en Jena también están llevando a un catálogo de polillas más completo y una mejor comprensión de la diversidad de polillas en Canandé. Después del trabajo de campo, también planeo comenzar el esfuerzo de identificar y tomar las características funcionales de las abejas que recogí en Ecuador. ¡Hay mucho trabajo por venir en los próximos años!

Referencias

- [1] C. Kaiser-Bunbury and N. Blüthgen. Integrating network ecology with applied conservation: a synthesis and guide to implementation. *AoB PLANTS*, 7(plv076), 2015.
- [2] A. Kantsa, R. Raguso, A. Dyer, J. Olesen, T. Tschulin, and T. Petanidou. Disentangling the role of floral sensory stimuli in pollination networks. *Nature Communications*, 9(1041), 2018.
- [3] P. Montoya-Pfeiffer, R. Rodrigues, and I. Santos. Bee pollinator functional responses and functional effects in restored tropical forests. *Ecological Applications*, 30(e02054), 2020.
- [4] J. Ollerton, R. Winfree, and S. Tarrant. How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, 120(3):321–326, 2011.
- [5] J. Vizentin-Bugoni, P. Maruyama, C. Souza, J. Ollerton, A. Rech, and M. Sazima. Plant-pollinator networks in the tropics: a review. in: Dáttilo w., rico-gray v. (eds) ecological networks in the tropics: an integrative overview of species interactions from some of the most species-rich habitats on earth. pages 73–91, 2018.

SP4: Dispersión de semillas por aves y mamíferos

Anna Rebello Landim, Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung

Lo que todos deberían saber sobre mi trabajo

SP4 está estudiando la reestructuración y recuperación de la dispersión de semillas por aves y mamíferos durante la recuperación forestal sin asistencia. Nuestro subproyecto está compuesto por dos estudiantes de doctorado, tres investigadores principales, dos colaboradores y dos parabiólogos. Mientras que Marco Tschapka, Santiago Burneo, Santiago Erazo y Jefferson Tacuri se centran en la dispersión de semillas por murciélagos, Matthias Schleuning, Eike Lena Neuschulz, Boris Tinoco, Jordy Ninabanda y yo estudiamos la dispersión por aves y otros mamíferos frugívoros.



Figure 17: Anna, Jordy y un Baudó Guan (*Penelope ortonii*).

La dispersión de semillas es fundamental para la restauración, ya que permite que las plantas de hábitats naturales recolonisen los degradados [2]. Sin embargo, estudiar la reestructuración de la dispersión de semillas puede ser un gran desafío, ya que mientras que las plantas dependen de los frugívoros para la colonización, los frugívoros dependen de la presencia de las frutas que consumen para sobrevivir [5]. Además, la presencia tanto de los frugívoros como de los árboles frutales es contingente a otros factores ambientales, como la precipitación y la temperatura [1]. Por lo tanto, la reestructuración de la dispersión de semillas está formada por un interjuego complejo de las respuestas de las comunidades de plantas y animales y de las especies a los factores bióticos y abióticos.

La dispersión de semillas es también un proceso ecológico complejo, con muchas transiciones demográficas entre la dispersión, el establecimiento de plántulas y el crecimiento de un árbol adulto [9]. Muchos factores influyen en la probabilidad de estas transiciones. Mientras que algunos solo están relacionados indirectamente con los frugívoros, como la emergencia y supervivencia de las plántulas, otros tienen una relación directa, como la distancia de dispersión y el efecto del paso por el intestino en el establecimiento de las plántulas [7]. Diferentes frugívoros

brindan diferentes servicios como dispersores, en el sentido de que consumen y dispersan diferentes frutos, pero también brindan diferentes calidades de dispersión [6]. En un escenario de restauración, por ejemplo, un ave más grande consumirá frutos más grandes y dispersará semillas a mayores distancias.

Teniendo esto en cuenta, quiero entender:

1. La reestructuración de las comunidades de frugívoros, plantas fructíferas y sus interacciones durante la recuperación del bosque.
2. Cómo se reestablecen las funciones de dispersión de semillas durante la recuperación del bosque.

Planes y Realidad

Para lograr estos objetivos, estoy recopilando datos de interacciones entre aves frugívoras y mamíferos en todos los estratos del bosque, lo que requiere dos métodos diferentes. Para registrar las interacciones en los estratos superiores del bosque, estoy observando el consumo de frutas por aves y mamíferos usando binoculares con la ayuda de un parabiólogo. En cada parcela, observamos interacciones por 5 horas, a partir del amanecer, durante 3 días consecutivos. Se espera que la mayoría de las interacciones en los estratos superiores se realicen por aves. Para registrar las interacciones en el suelo del bosque, establecemos cuatro estaciones de alimentación con las frutas disponibles en la parcela y colocamos una trampa de cámara en cada estación (ver Figura 18). En este caso, se espera que la mayoría de las interacciones se realicen por roedores y aves que habitan en el suelo. Se dejan las trampas de cámara para registrar interacciones durante 6 días consecutivos en cada parcela.



Figure 18: Muestreo de la frugivoría en el suelo con trampas de cámara. A) Las frutas disponibles en la parcela se muestran frente a las cámaras. B) Aguti alimentándose de la fruta exhibida. C) Frutas que quedaron después de 6 días en el suelo.

Para el primer objetivo, en el campo, recolectamos información sobre las características funcionales de las especies de plantas observadas. El próximo año, obtendré datos sobre características animales de la literatura y colecciones de museos. Me centro en características que se conocen como relevantes para el emparejamiento de características en interacciones de dispersión de semillas (por ejemplo, la forma de las alas de las aves y la altura de las plantas, el ancho de pico de las aves y el ancho de los frutos [3]). Finalmente, combinaré la información de

las interacciones de especies en diferentes etapas de la restauración forestal con la información de características recopilada para comprender cómo se medía la reordenación de la red de dispersión de semillas por las características de los frugívoros y las plantas, e identificar cuáles son las especies menos propensas a recuperarse a lo largo de la cronosecuencia.



Figure 19: Ejemplos de aves frugívoras encontradas en Canandé. Arriba, a la izquierda, un macho y, a la derecha, una hembra de Green Honeycreeper (*Chlorophanes spiza*). Abajo, a la izquierda, un Pale-Mandibled Araçari (*Pteroglossus erythropygus*) y a la izquierda un Squirrel Cuckoo (*Piaya cayana*). Las primeras tres fotos son de Heike Feldhaar y la última foto es de Santiago Erazo.

Para el segundo objetivo, me basaré en los datos de interacción y de rasgos y además incluiré rasgos funcionales que expresen la calidad de la dispersión de semillas. Los rasgos funcionales importantes para la calidad de la dispersión de semillas son el efecto del paso a través del intestino en las semillas, así como el movimiento de los animales [8]. Estos datos de rasgos se pueden combinar con las redes empíricas de dispersión de semillas para estimar cómo diferentes especies en una comunidad contribuyen a la dispersión de semillas [4]. Combinaré los datos de las redes de dispersión de semillas en diferentes etapas de la recuperación del bosque con estos rasgos funcionales en diferentes etapas de la secuencia cronológica de la recuperación del bosque con el fin de comparar la función de dispersión de semillas.

Dónde trabajo - Impresiones de campo

El Chocó ecuatoriano tiene una hermosa y diversa comunidad de aves y mamíferos frugívoros. Siempre es una agradable sorpresa ver diferentes especies en el campo. Con respecto a las especies de aves, algunos de nuestros momentos favoritos hasta ahora fueron ver tanagers dorados y grises (*Tangara palmeri*) y dacnis escarlatas (*Dacnis berlepschi*). Con las trampas de cámara, algunos de nuestros momentos favoritos relacionados con la frugivoría son con pecaris de collar blanco (*Tayassu pecari*) y perdices de madera de frente rojiza (*Odontophorus erythrops*), así como algunas sorpresas no frugívoras, como con ocelotes (*Leopardus pardalis*) y pumas (*Puma concolor*).

Nuestro trabajo de campo también implica muchos desafíos, ya que comenzamos muy temprano por la mañana, antes del amanecer, y revisamos parcelas durante tres días consecutivos. Esto significa que nos quedamos por una semana o más en las cabañas remotas e incluso a veces necesitamos acampar en el bosque. Si bien esto puede ser desafiante, también permite experiencias hermosas. Algunos de mis favoritos son cuando tenemos un hermoso río cerca de donde estamos acampando, por lo que podemos tener lindos baños y disfrutar de algunas inmersiones o cuando nos quedamos con familias locales, que siempre son tan receptivas y comparten un poco de sus historias y cultura con nosotros.



Figure 20: Haciendo mantequilla de maní en la casa de los Velazquez, donde nos quedamos por una semana.

Perspectivas

Hasta ahora, hemos muestreado 33 de las 62 parcelas. El próximo año muestreadaremos las otras 29 parcelas, algunas de las cuales serán especialmente desafiantes. Por ejemplo, quedarse en Casa Rosero durante dos semanas completas! Dividiremos nuestro trabajo en dos temporadas de campo, desde marzo hasta junio y luego, de septiembre a diciembre de 2023. También comenzaremos a identificar algunas especies de plantas que son demasiado pequeñas y, por lo tanto, no están incluidas en la muestra de botánicos.

Referencias

- [1] J. Albrecht, A. Classen, M. G. Vollstädt, A. Mayr, N. P. Mollel, D. Schellenberger Costa, H. I. Dulle, M. Fischer, A. Hemp, K. M. Howell, M. Kleyer, T. Naus, M. K. Peters, M. Tschapka, I. Steffan-Dewenter, K. Böhning-Gaese, and M. Schleuning. Plant and animal functional diversity drive mutualistic network assembly across an elevational gradient. *Nature communications*, 9(1):1–10, 2018.
- [2] A. G. Auffret, Y. Rico, J. M. Bullock, D. A. P. Hooftman, R. J. Pakeman, M. B. Soons, A. Sua, H. H. Wagner, and S. A. O. Cousins. Plant functional connectivity – integrating landscape structure and effective dispersal. *Journal of Ecology*, 105:1648–1656, 2017.
- [3] D. M. Dehling, P. Jordano, H. M. Schaefer, K. Böhning-Gaese, and M. Schleuning. Morphology predicts species' functional roles and their degree of specialization in plant–frugivore interactions. 283:20152444, 2016.
- [4] E. C. Fricke, A. Ordóñez, H. S. Rogers, and J.-C. Svenning. The effects of defaunation on plants' capacity to track climate change. *Science*, 375:210–214, 2022.
- [5] H. F. Howe and J. Smallwood. Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 13:201–228, 1982.



- [6] M. Schleuning, J. Fründ, and D. García. Predicting ecosystem functions from biodiversity and mutualistic networks: an extension of trait-based concepts to plant-animal interactions. *Ecography*, 38:380–392, 2015.
- [7] E. W. Schupp, P. Jordano, and J. M. Gómez. Seed dispersal effectiveness revisited: a conceptual review. *New Phytologist*, 188:333–353, 2010.
- [8] M. C. Sorensen, I. Donoso, E. L. Neuschulz, M. Schleuning, and T. Mueller. Community-wide seed dispersal distances peak at low levels of specialisation in size structured networks. *Oikos*, 129:1727–1738, 2020.
- [9] B. C. Wang and T. B. Smith. Closing the seed dispersal loop. *Trends in Ecology and Evolution*, 17:379–386, 2002.

SP4: Murciélagos y dispersión de semillas

Santiago Erazo, Universidad de Ulm (Alemania) - Pontificia Universidad Católica (Ecuador)

Lo que todos deberían saber sobre mi trabajo

En el equipo de trabajo SP4, nos centramos en la dispersión de semillas por aves frugívoras, murciélagos y otros mamíferos. Somos un grupo diverso, formado por tres investigadores principales, dos colaboradores principales y dos estudiantes de doctorado que trabajan en varios temas juntos, pero también estamos divididos en dos subgrupos. Un grupo se enfoca en la dispersión de semillas por aves frugívoras y mamíferos no voladores, formado por Matthias Schleuning (investigador principal), Eike Lena Neuschulz (investigador principal), Boris Tinoco (colaborador principal), y Anna Rebello Landim (estudiante de doctorado). El otro grupo se enfoca en la dispersión de semillas por murciélagos, formado por Marco Tschapka (investigador principal), Santiago Burneo (colaborador principal) y yo (estudiante de doctorado). Además, hemos podido contar con la valiosa colaboración de los parabiólogos en diferentes etapas del proyecto, y en particular con la participación indispensable de Jefferson Tacuri y Jordy Ninabanda.

La dispersión de semillas es una de las bases para los procesos iniciales de regeneración natural [4]. En los bosques lluviosos neotropicales, la dispersión de semillas por vertebrados frugívoros es un proceso ecológico crucial [3]. Además, el servicio ecosistémico de la dispersión de semillas es un mosaico de subservicios realizados por grupos distintos de frugívoros [6]. Los pájaros y murciélagos frugívoros se consideran los principales agentes de dispersión y dominan las etapas iniciales de la sucesión del bosque [5, 1]. Se han registrado diferencias entre las redes de frutas de murciélagos y pájaros en sus propiedades estructurales, lo que respalda la hipótesis de que estos dos grupos de dispersores forman módulos mutualistas distintos [6]. En este contexto, nuestro objetivo es proporcionar una comprensión del reensamblado de las redes de dispersión de semillas basadas en las respuestas, interacciones y características de dispersión en un gradiente de recuperación del bosque (bosque maduro, cacao y pastizal) en la región de Chocó.

La región biogeográfica de Chocó, ubicada dentro del hotspot Tumbes-Chocó-Magdalena, es muy importante por su diversidad y endemismo [7] y enfrenta amenazas constantes e incrementales generadas principalmente por la deforestación para la agricultura y actividades madereras [2]. Con el fin de contribuir al conocimiento de esta importante región y promover su conservación, se lleva a cabo este estudio en el Chocó ecuatoriano.

Teniendo en cuenta este contexto, nuestro grupo de trabajo enfocado en la dispersión de semillas por murciélagos tiene los siguientes objetivos:

1. Determinar la diversidad de los murciélagos y sus principales amenazas de conservación en la región del Chocó en Ecuador.
2. Estudiar la composición taxonómica y funcional de los murciélagos para entender las características y respuestas de su ensamblaje en un gradiente de recuperación forestal.
3. Analizar a los murciélagos como dispersores de semillas, sus características de respuesta, interacción y dispersión, con el fin de establecer cómo influyen en la reestructuración de las redes de dispersión de semillas en un gradiente de recuperación forestal.

Planes y realidad

Para cumplir con los diferentes objetivos, nuestro plan es muestrear las 62 parcelas previamente establecidas durante un período de dos años. Para

la captura de los murciélagos, estamos utilizando seis redes de niebla de 6 m durante tres noches consecutivas (18:00-24:00). Para analizar las interacciones murciélago-fruto, recolectamos material fecal directamente de los murciélagos (al defecar en la red de niebla) o manteniéndolos en una bolsa de tela limpia durante hasta 1 hora. Las características funcionales se miden en los murciélagos capturados en el campo. Si es necesario, los datos se complementarán con mediciones en colecciones de museos.



Figure 21: Metodología: captura de murciélagos y medición de características funcionales



Figure 22: Metodología: acampar

En este primer año, cumpliendo con nuestros planes, fue posible muestrear 33 parcelas. Entre las parcelas muestreadas, capturamos más de 1200 individuos de murciélagos, y entre ellos, como interacciones, registramos más de 500 muestras de heces y también recogimos muestras de polen de especies nectarívoras. Entre los individuos capturados, registramos alrededor de 50 especies, algunas especies comunes, pero hay un número significativo de especies raras, posibles extensiones de distribución y posibles nuevas especies. Estos resultados preliminares demuestran la importante diversidad de murciélagos en la región de Chocó, por lo que planeamos presentar una propuesta para ser declarados por RELCOM como un "Área de Importancia para la Conservación de Murciélagos" (AICOM).



Figure 23: Jeff y nuestra oficina de campo

Como primeras apreciaciones, observamos que algunas especies están ampliamente distribuidas en la mayoría de las parcelas, otras especies son más selectivas a las características de cada parcela y la presencia de otras se ha limitado a una parcela. También hemos podido observar variaciones en las semillas dispersadas, dependiendo de la especie de murciélago, la estructura de la comunidad y las características de la parcela. Estas observaciones preliminares cumplen con nuestras expectativas de manera positiva.



Figure 24: Diversidad de murciélagos: *Gardnerycteris keenani*

Impresiones del campo

El trabajo de campo ha sido extenso y aunque a menudo abrumador, es imposible no disfrutar de Chocó. En los diferentes puntos donde hicimos el trabajo de campo, nos sorprendieron paisajes espectaculares, amaneceres y atardeceres, que, además de estar grabados en nuestras mentes, también están capturados en fotografías. Además, pudimos observar y fotografiar una pequeña muestra de la gran biodiversidad de esta región, incluidos mamíferos, aves, anfibios y reptiles, entre otros.



Figure 25: Diversidad de murciélagos: *Trachops cirrhosus*



Figure 26: Puesta de sol en Chocó

Referencias

- [1] J. Galindo-González, S. Guevara, and V. J. Sosa. Bat-and bird-generated seed rains at isolated trees in pastures in a tropical rainforest. *Conservation biology*, 14(6):1693–1703, 2000.
- [2] V. Gonzalez-Jaramillo, A. Fries, R. Rollenbeck, J. Paladines, F. Onate-Valdivieso, and J. Bendix. Assessment of deforestation during the last decades in Ecuador using NOAA-AVHRR satellite data. *Erdkunde*, pages 217–235, 2016.
- [3] H. F. Howe and J. Smallwood. Ecology of seed dispersal. *Annual review of ecology and systematics*, 13:201–228, 1982.
- [4] D. J. Levey, W. R. Silva, and M. Galetti. *Seed dispersal and frugivory: ecology, evolution, and conservation*. CABI, 2002.
- [5] R. A. Medellín and O. Gaona. Seed dispersal by bats and birds in forest and disturbed habitats of Chiapas, Mexico I. *Biotropica*, 31(3):478–485, 1999.
- [6] M. A. R. Mello, F. M. D. Marquitti, P. R. Guimarães, E. K. V. Kalko, P. Jordano, and M. A. M. de Aguiar. The modularity of seed dispersal: differences in structure and robustness between bat- and bird-fruit networks. *Oecologia*, 167(1):131–140, 2011.



[7] R. A. Mittermeier, P. Gil, M. Hoffman, J. Pilgrim, T. Brooks, C. Mittermeier, J. Lamoreux, G. Da Fonseca, and P. Saligmann. Hotspots revisited: earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. *Mexico City*, 392, 2004.



Figure 27: Diversidad de Chocó: *Potos flavus*



Figure 28: Diversidad de Chocó: *Leopardus pardalis*



Figure 29: Diversidad de Chocó: *Penelope ortoni*



SP5: Reclutamiento de plántulas de árboles y interacciones de herbívoros durante la recuperación del bosque

Eva Tamargo López, Philipps-Universität Marburg

Lo que todos deberían saber sobre mi trabajo

El equipo SP5 estudia la recuperación de las comunidades de plántulas de árboles y sus interacciones con los herbívoros a lo largo de una cronosecuencia de bosque tropical. Nuestro equipo está formado por 3 IPs, Nina Farwig, ecóloga conservacionista, centrada en interacciones bióticas, redes ecológicas y procesos ecosistémicos, Katrin Heer, especializada en ecología evolutiva de especies arbóreas, y Sybille Unsicker, experta en interacciones planta-ambiente y ecología química, además de mí, Eva Tamargo, estudiante de doctorado en la Philipps-Universität Marburg y Lady Condoy, una increíble parabióloga de la Reserva de Canande. Además, en el proyecto participan estudiantes de máster. El primer año se unieron a nosotros Lukas Werner y Elis Martinelli, de la Universidad de Marburgo. Su ayuda y aliento han sido una gran motivación para mí en el inicio de este proyecto, espero poder llevar conmigo su entusiasmo durante el resto de mi doctorado.

Juntos, pretendemos arrojar luz sobre las reglas de ensamblaje en el espacio y el tiempo, ya que este tipo de conocimientos sobre los procesos que determinan la resistencia de las interacciones de las plántulas de árboles en los bosques tropicales en recuperación pueden mejorar los programas globales de restauración. Para ello, el SP5 registrará la germinación, la supervivencia y el crecimiento de las plántulas en un bosque del Chocó ecuatoriano de tierras bajas, además de controlar la intensidad y la diversidad de la herbivoría en la comunidad de plántulas. Para aumentar nuestra comprensión de este fenómeno de la interacción plántula-herbívoro, muestrearemos la comunidad de insectos herbívoros en el gradiente sucesional, así como determinaremos la respuesta física y química y los rasgos de interacción de las principales especies de plántulas arbóreas.

Aumento de los conocimientos sobre las interacciones de las plántulas de árboles en los bosques tropicales

La calidad del hábitat y la conectividad determinan en gran medida el reclutamiento de plántulas de árboles en los bosques secundarios [1], sin embargo, la sucesión de interacciones con los herbívoros apenas se comprenden. Las interacciones con herbívoros son complejas, influenciadas por la complejidad de la vegetación [1, 3, 2, 4], y asociadas con su diversidad funcional [5], así como los depredadores herbívoros, que juegan un papel importante en la conformación de los patrones de daño foliar en los bosques tropicales [6, 7]. Teniendo esto en cuenta, es importante comprender el estado tanto de la planta como de la comunidad de insectos para entender las tendencias de las interacciones plántula-herbívoro.

En este sentido, evaluaremos **cómo responderá la comunidad de plántulas, su estructura y dinámica a la recuperación del bosque**. En concreto, pretendemos saber **cómo responderán los rasgos de respuesta, interacción y dispersión de las plántulas a la recuperación del bosque**. Esperamos observar un cambio en los rasgos de respuesta (como la germinación y la tasa de crecimiento) de la comunidad, desde las especies de sucesión temprana a las de sucesión tardía, a medida que aumenta la edad del bosque, así como un aumento de la diversidad funcional en los rasgos de interacción (grosor y dureza de la hoja, y química

de la hoja). Esta diversidad química (en relación con las defensas antiherbívoras) podría estar correlacionada con la especialización de la red a lo largo del gradiente de recuperación del bosque; comunidades vegetales con alta diversidad de especies conducen a una comunidad de herbívoros altamente especializada, debido a la diversidad fitoquímica en las defensas antiherbívoras. Dicho esto, está claro que la estructura y dinámica de las interacciones herbívoro-semillero responden a la recuperación del bosque, y nuestro objetivo es comprender los patrones que subyacen a este proceso en los bosques tropicales. La complejidad de la red debería aumentar junto con la recuperación del bosque, sin embargo, la diversidad de especies suele recuperarse más rápidamente que la red de interacciones. Como se ha dicho, la diversidad de rasgos de interacción tiende a aumentar con la recuperación del bosque, y esto podría estar relacionado también con un aumento de herbívoros especializados en la red. Además, dado que los herbívoros especializados, como los gallos, suelen recolonizar más lentamente el bosque, se espera encontrar patrones de herbivoría más especializados en bosques viejos, con una mejor recuperación del bosque.

La dispersión de semillas y la red de lluvia de semillas son esenciales para el reclutamiento de plántulas y la comunidad de plántulas resultante. Con el fin de comprender mejor este proceso, identificaremos y cartografiaremos los árboles parentales en los alrededores de los tratamientos de nuestras parcelas PREX. Con esta información comprenderemos mejor la dispersión espacial de semillas (vertical u horizontal) en nuestra área de estudio, y cómo esta dispersión cambia a lo largo de las diferentes etapas forestales. trabajamos Esperamos que la diversidad de la lluvia de semillas y el reclutamiento de plántulas aumenten mientras el bosque se recupera. También tenemos la hipótesis de que la densidad y diversidad de plántulas será mayor cuando se excluyan los mamíferos terrestres. Esperamos que la contribución vertical de la dispersión supere a la horizontal y que el banco de semillas desempeñe también un papel menor. Al mismo tiempo, la exclusión de los mamíferos terrestres evitará que las plántulas sean pisoteadas o devoradas. Esperamos que este efecto sea mayor en las primeras etapas sucesionales del gradiente de recuperación forestal.

Planes y Realidad

De enero a diciembre de 2022 realizamos el primer año de seguimiento en 39 de las 64 parcelas. Éstas comprenden 32 parcelas PREX y 7 parcelas no PREX. Las parcelas se monitorizaron una vez justo antes de realizar el desbroce (sólo en los tratamientos "perturbados") y tres veces después de la perturbación, cada 3-4 meses.

Seguimiento previo a la perturbación

Aprovechamos la oportunidad para recopilar información sobre la comunidad de plántulas antes de que se iniciara la perturbación. Para ello viajé a Ecuador a principios de enero para iniciar el muestreo. Para el monitoreo de las parcelas PREX fue necesario realizar 50 días continuos de trabajo en campo y laboratorio en los cuales recolecté información sobre: número de individuos por morfoespecie, tamaño de estos individuos y cantidad de herbivoría por clase en las plántulas de árboles. Como yo era el único miembro del SP5 en este primer seguimiento, la adquisición de toda esta información requería demasiado tiempo por día, por lo que la mayor parte del muestreo de rasgos funcionales se realizó en la segunda ronda.

Fue en este seguimiento cuando decidimos redefinir el término plántula. Originalmente definíamos plántula como un individuo vegetal que tiene cotiledones y/o primer o segundo conjunto de hojas verdaderas y ausencia de tallo leñoso. En su lugar, consideramos plántula a un

individuo arbóreo que tiene entre 2 y 10 mm de RCD (Rooth collar diameter). Aun sabiendo que el RCD puede no ser la mejor manera de definir la edad de un árbol, esto nos permitió excluir las diminutas plántulas que añaden mucha incertidumbre a los datos, debido a la dificultad de identificación.

Seguimiento tras la perturbación

Una vez realizada la perturbación, se inició el muestreo postperturbación. A partir de este momento, la recogida de datos se llevó a cabo en los cuatro tratamientos de las parcelas PREX, y también en las 7 parcelas adicionales no PREX.

En este punto el equipo incluía, además de mí, a Elis Martinelli, Lukas Werner y Lady Condo. Juntos, completamos dos seguimientos consecutivos de marzo a agosto de 2022. En este monitoreo, todas las plántulas individuales, así como 6 hojas por individuo fueron marcadas con una etiqueta numerada, y mapeadas con coordenadas, permitiéndonos rastrear la supervivencia y la tasa de herbivoría por individuo y hoja. Al marcar, decidimos marcar también las plántulas menores de 2mm de RCD, para tener en cuenta su momento de germinación y aprender sobre la apariencia de las especies arbóreas en esta etapa. Se marcaron un total de 1000 plántulas en las 39 parcelas (Figura 30).

Para todas estas plántulas, registramos el RCD, la altura, el número de hojas, si el tallo es leñoso o no y la herbivoría por hoja. Para facilitar el trabajo de identificación de especies, también preparamos una guía de campo de plántulas, con perspectivas de mejorar con los resultados del código de barras y trabajos posteriores. En estos meses, también se llevó a cabo un muestreo de rasgos funcionales, registrando rasgos como el grosor y la dureza de la hoja, y el área específica de la hoja.



Figure 30: Plántula número 1131, morfoespecie 081

Además, realizamos una prueba de caza de herbívoros macroinvertebrados en las parcelas. Se trataba de una caza visual, con 1 persona buscando durante 1 hora por parcela, con el fin de saber qué esperar en cuanto a la fauna de insectos herbívoros en las parcelas (Figura 31), la interacción herbívoro-semillero y preparar una metodología adecuada para la próxima campaña.



Figure 31: Herbívoro generalista recogido en una parcela de bosque joven

Impresiones del campo y la zona

Aunque ya había trabajado en bosques cercanos en Ecuador, me sorprendió lo extremadamente bellos que son Canande y Tesoro (Figura 32). Todos tenemos suerte de trabajar en este lugar. Además, gracias a mi temprana llegada, pude conocer a todos los parabiólogos del proyecto, ya que llegamos a pasar mucho tiempo juntos mientras se llevaba a cabo la perturbación. Realmente agradezco haber podido compartir tantas experiencias con todos ellos, así como con mis compañeros del proyecto, esto enriqueció mi experiencia en el increíble y hermoso Bosque Chocoano Ecuatoriano, haciéndola divertida, dinámica y acercándola a las realidades locales. Estar presente en el montaje del experimento PREX fue una grata experiencia para mí. Aunque sólo pude ayudar en el trabajo de perturbación en contadas ocasiones, esto me hizo entender lo duro que es este trabajo, desde la instalación de la parcela, hasta el cercado, y la perturbación en sí, que puede llevar varias horas de fuerte trabajo físico, bajo todo tipo de condiciones climáticas. Y ahora entiendo mejor cuántas cosas diferentes y pequeñas hay que tener en cuenta cuando se prepara un experimento de campo. Estoy deseando volver al Bosque Chocoano de Canande y empezar la próxima temporada de muestreo.

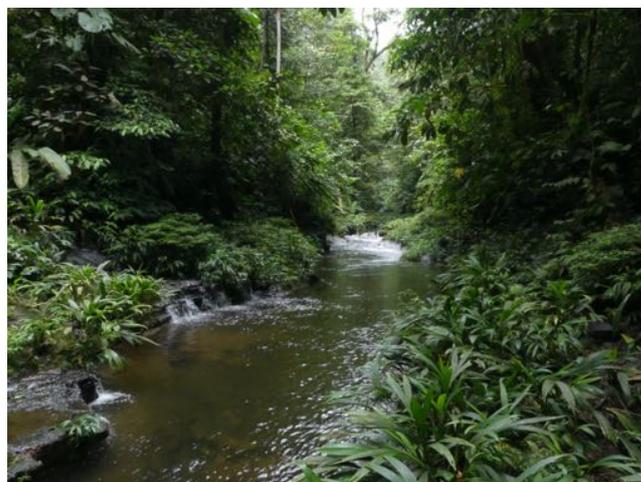


Figure 32: Increíble río en Tesoro Escondido



Resultados

Ahora que disponemos de un año entero de datos de seguimiento, estamos explorando los datos sobre la diversidad de especies de las comunidades de plántulas a lo largo de la cronosecuencia y los distintos tipos de bosque.

Además, se muestrearon 355 individuos correspondientes a 38 morfoespecies para obtener información sobre rasgos funcionales. Para estos individuos, registramos el grosor y la dureza de la hoja, el peso seco de la hoja y tomamos fotografías para obtener posteriormente el área foliar específica. Actualmente estamos obteniendo la información del área foliar a partir de las fotografías en el campo, de modo que también podamos empezar a representar la varianza en la comunidad de diversidad funcional a lo largo del gradiente.

Además, dado que la identificación de plántulas puede ser realmente compleja, y empeora a medida que queremos profundizar en la taxonomía, recogimos individuos de aproximadamente la mitad de los morfotipos que encontramos en el bosque para el código de barras y actualmente estamos esperando estos resultados.

Perspectivas

Empezaremos pronto nuestro primer manuscrito, esperando poder terminar el borrador antes de marzo. Este artículo describirá la comunidad de plántulas de árboles a lo largo de la cronosecuencia sucesional del bosque, y el cambio de especies entre la comunidad de especies existente anteriormente y la comunidad recuperada después de la perturbación.

En este momento también estamos preparando la próxima temporada de campo, que comenzará en marzo de 2023 y tendrá una duración de seis meses, de marzo a agosto, después de lo cual nuestra parabióloga Lady Condoy hará una ronda extra hasta diciembre de 2023. En esta próxima temporada de campo implementaremos nuevos protocolos de muestreo para adquirir más información. Comenzaremos un muestreo de herbívoros, para aumentar nuestra información sobre las interacciones entre especies específicas de insectos y las principales morfoespecies de árboles en nuestra comunidad de plántulas, lo que nos dará una mejor impresión de la red plántula-herbívoro.

Para comprender mejor la dispersión vertical y horizontal, y cómo responden a la recuperación del bosque, empezaremos a registrar y cartografiar la comunidad de árboles adultos en un círculo de 10 m alrededor de nuestras subparcelas. Con esta información comprenderemos mejor de dónde proceden las especies de plántulas de nuestras comunidades.

También se llevará a cabo un muestreo de los componentes químicos de las hojas, centrándonos en las 5 morfoespecies más comunes en la zona de estudio. Todas estas muestras serán preparadas y enviadas al Instituto Max Plank, en Jena, Alemania, donde obtendremos información sobre los componentes químicos de las hojas, así como sobre las defensas anti-herbívoro. Para finalizar, también iniciaremos un ensayo de monitorización de componentes volátiles en las hojas de estas importantes morfoespecies en nuestras parcelas.

Referencias

- [1] A. Botzat, L. Fischer, and N. Farwig. Forest fragment quality rather than matrix habitat shapes herbivory on tree recruits in south africa. *Journal of Tropical Ecology*, 29:111–122, 2013.
- [2] J. Morante-Filho, V. Arroyo-Rodríguez, M. Lohbeck, T. Tschardtke, and D. Faria. Tropical forest loss and its multitrophic effects on insect herbivory. *Ecology*, 97:3315–3325, 2016.
- [3] F. S. Neves, J. O. Silva, M. M. Espírito-Santo, and G. W. Fernandes. Insect herbivores and leaf damage along successional and vertical gradients in a tropical dry forest. *Biotropica*, 46(1):14–24, 2014.
- [4] C. M. Redmond, J. Auga, B. Gewa, S. T. Segar, S. E. Miller, K. Molem, G. D. Weiblen, P. T. Butterill, G. Maiyah, A. S. C. Hood, M. Volf, L. R. Jorge, Y. Basset,

and V. Novotný. High specialization and limited structural change in plant-herbivore networks along a successional chronosequence in tropical montane forest. *Ecography*, 42(1):162–172, 2019.

- [5] L. A. Richards, L. A. Dyer, M. L. Forister, A. M. Smilanich, C. D. Dodson, M. D. Leonard, and C. S. Jeffrey. Phytochemical diversity drives plant–insect community diversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(35):10973–10978, 2015.
- [6] T. Roslin, B. Hardwick, V. Novotny, W. K. Petry, N. R. Andrew, A. Asmus, I. C. Barrio, Y. Basset, A. L. Boesing, T. C. Bonebrake, E. K. Cameron, W. Dáttilo, D. A. Donoso, P. Drozd, C. L. Gray, D. S. Hik, S. J. Hill, T. Hopkins, S. Huang, B. Koane, B. Laird-Hopkins, L. Laukkanen, O. T. Lewis, S. Milne, I. Mwesige, A. Nakamura, C. S. Nell, E. Nichols, A. Prokurat, K. Sam, N. M. Schmidt, A. Slade, V. Slade, A. Suchanková, T. Teder, S. van Nouhuys, V. Vandvik, A. Weissflog, V. Zhukovich, and E. M. Slade. Higher predation risk for insect prey at low latitudes and elevations. *Science*, 356(6339):742–744, 2017.
- [7] Y. Tiede, J. Schlaumann, D. A. Donoso, C. I. Wallis, J. Bendix, R. Brandl, and N. Farwig. Ants as indicators of environmental change and ecosystem processes. *Ecological Indicators*, 83:527–537, 2017.

SP 6: Reensamble de la comunidad de escarabajos de estiércol

Karen Marie Pedersen, TU Darmstadt

Lo que todos deberían saber sobre mi trabajo

En SP 6 nos centramos en la reagrupación de la comunidad y los nichos tróficos de los escarabajos peloteros a través de la cronosecuencia. Nuestro equipo está formado por tres IP, Nico Blüthgen, ecólogo de redes, Thomas Schmitt, ecólogo químico, Diego Marín, taxónomo de escarabajos peloteros, y una estudiante de doctorado, Karen Marie Pedersen, candidata a doctora con formación general en ecología tropical y conservación. También hemos contado con tres estudiantes de licenciatura Jan Johann, Maira Elora Bradler y Silvia Canelos. Nos centramos en los escarabajos peloteros por su divertido comportamiento (merece la pena verlos pelearse por un montón de estiércol especialmente sabroso), pero sobre todo por su importancia ecológica. Ecológicamente, su consumo de heces de animales, carroña (vertebrada e invertebrada), fruta podrida, milpiés y moco de caracol, hacen de los escarabajos peloteros importantes descomponedores [7, 8, 13, 6, 14]. Están presentes en todos los continentes, excepto en la Antártida, con más de 6000 especies descritas [7]. La descomposición es un proceso importante en los ecosistemas. Los ecologistas se han centrado a menudo en los escarabajos peloteros como descomponedores del estiércol de los mamíferos, porque tiene muchas contribuciones beneficiosas para el ecosistema. Entre ellas, la reducción de la carga de patógenos para otros mamíferos, la aireación del suelo, el aumento de la superficie de estiércol para la descomposición bacteriana y la dispersión secundaria de semillas [10].

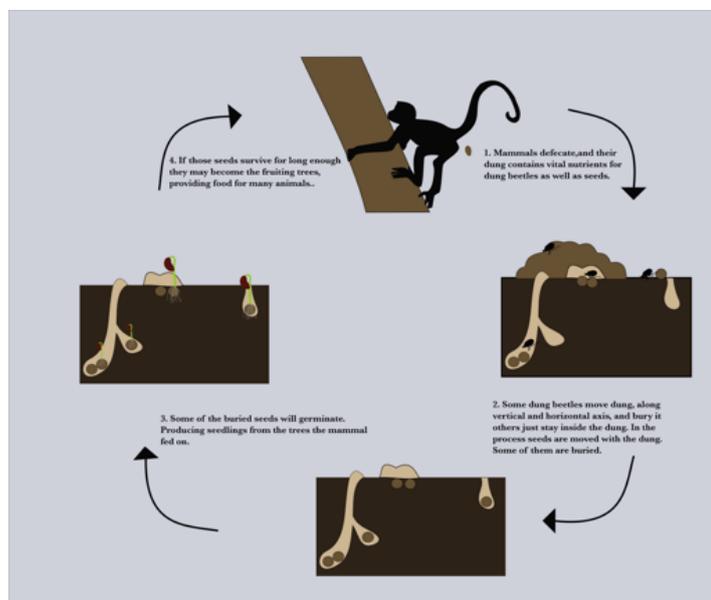


Figure 33: Ilustración de la dispersión secundaria de semillas por escarabajos peloteros.

Los escarabajos peloteros son sensibles a los cambios microclimáticos resultantes de la conversión del hábitat natural a la agricultura, lo que sugiere que el papel de los escarabajos peloteros como grupo podría cambiar a medida que el bosque (en nuestro ecosistema) se recupera de la conversión a la agricultura. La agricultura, en particular los pastos, tiene unas condiciones microclimáticas diferentes a las del bosque antiguo. Esto podría cambiar la composición de la comunidad y, por tanto, la eficacia de los escarabajos peloteros como descomponedores a medida que

el bosque se regenera. Dentro de este paradigma hay muchas preguntas que surgen de forma natural: en primer lugar, ¿cuál es la composición de la comunidad local de escarabajos peloteros? En segundo lugar, ¿hay un cambio en la composición de la comunidad? En tercer lugar, ¿resulta este cambio en algún rasgo medible de la comunidad? Aunque estas preguntas están relacionadas con el papel de los escarabajos peloteros como descomponedores, también son dispersores secundarios de semillas.

La eliminación y enterramiento de las heces de los mamíferos contribuye a la dispersión secundaria de semillas al trasladarlas con sus bolas de estiércol a una nueva ubicación (Figura 33). Esta reubicación de las semillas depende en parte de los rasgos de la semilla, incluidos el tamaño, la superficie y el olor [9, 1]. Cuando los escarabajos peloteros entierran las semillas incluso 1 cm por debajo de la superficie del suelo, pueden reducir la depredación de semillas en un 90% [15]. Se cree que la depredación de semillas y los patógenos son las principales fuentes de mortalidad de semillas. En un bosque en regeneración es interesante comprender qué interacciones favorecen el establecimiento y la supervivencia de las plántulas. Por esta razón, la dispersión secundaria de semillas es una de las cuestiones principales de nuestro subproyecto.

Estudiamos los escarabajos de estiércol en el contexto de la reensamblaje de comunidades, a través de la cronosecuencia. La reensamblaje de comunidades implica la reensamblaje de redes y procesos ecológicos. Plantegamos muchas preguntas al respecto enumeradas a continuación.

1. ¿Cómo cambia la composición de la comunidad de escarabajos de estiércol a lo largo de la cronosecuencia?
2. ¿Cambia la velocidad de eliminación del estiércol a lo largo de la cronosecuencia?
3. ¿Qué especies son responsables de la eliminación del estiércol y eso cambia a lo largo de la cronosecuencia?
4. ¿La amplitud de la dieta de los escarabajos de estiércol, en términos de número de recursos aceptables (carroña, estiércol, etc.), cambia a lo largo de la cronosecuencia?
5. ¿Cambia la atractividad volátil de los compuestos encontrados en el estiércol a lo largo de la cronosecuencia?
6. ¿Cambian las redes de mamíferos con escarabajos de estiércol a lo largo de la cronosecuencia?
7. ¿Qué semillas pueden ser objeto de dispersión secundaria de semillas por los escarabajos de estiércol y esto cambia a lo largo de la cronosecuencia?
8. ¿Son los escarabajos de estiércol importantes en la dispersión de semillas a lo largo de la cronosecuencia?

Recogida de datos lo que funcionó y lo que no funcionó, un cuento de ecologistas

Temporada de campo y desarrollo de métodos 2019 (Jugando con caca)

La primera temporada de campo fue más larga y yo (KMP) estaba un poco inseguro de lo que estaba haciendo exactamente. Sin embargo, tuve cinco meses en mi primera temporada de campo que me permitió experimentar con un montón de diferentes tipos de metodologías para tener una idea de lo que funcionaría y lo que era posible dentro de nuestro sitio de campo.

Selección del cebo Estaba claro que si quería trabajar de verdad, tenía que entender la comunidad de escarabajos peloteros y aprender algunas de las especies más comunes. Usamos las tradicionales trampas pitfall, que en un principio quería cebar con estiércol de vaca porque es mucho más agradable trabajar con él que con el humano, pero después de hacer un transecto con estiércol de vaca y humano espaciado 50 m a lo largo del sendero me bastó una inspección visual de los frascos de

escarabajos de cada trampa para dar cuenta de que el humano era el camino a seguir si me importaba la comunidad de escarabajos peloteros (Figura 34). Sin embargo, para asegurarme de que el primer transecto no había sido una casualidad, repetí el transecto tres veces, y los resultados fueron bastante claros: en las trampas cebadas con estiércol humano recogí un total de 617 escarabajos peloteros con cebo humano, 16 especies de escarabajos peloteros, mientras que en las trampas cebadas con cebo de vaca recogí 139 escarabajos peloteros pertenecientes a 12 especies (identificación por Diego Marín). A pesar de mis sentimientos iniciales sobre el uso de estiércol humano no pude discutir los resultados y mi posterior trampeo pitfall utilizando estiércol humano como cebo.



Figure 34: Viales de escarabajos recogidos en trampas cebadas con estiércol humano o de vaca, viales del mismo lugar y colocados unos frente a otros: la primera fila de viales pequeños son trampas cebadas con estiércol de vaca, la fila de detrás son viales de trampas cebadas con estiércol humano. El número y tamaño de los viales deja claro visualmente que el estiércol humano captura más escarabajos peloteros.

Trampas pitfall Tras determinar el cebo que se iba a utilizar, pudimos colocar trampas de caída en una selección preliminar de parcelas. Quería intentar capturar las ventanas de actividad de los escarabajos peloteros. Con este objetivo en mente, intenté vaciar las trampas cada pocas horas, luego reduje las visitas a sólo de día y de noche, sin embargo, con un horario de campo regular, me pareció que el cuidado de las trampas adicionales era muy duro tanto física como logísticamente, y abandoné la idea, al menos para la primera temporada de campo.

Contenido intestinal Cuando empecé a leer la bibliografía sobre escarabajos peloteros, recuerdo que encontré un artículo que mostraba que se podía extraer ADN de caballo del contenido intestinal de los escarabajos peloteros cuando se recolectaban escarabajos peloteros sobre estiércol de caballo [5]. Esto me hizo pensar que debería ser posible extraer ADN de mamíferos de las tripas de los escarabajos peloteros en general, no solo de los recolectados directamente sobre estiércol. Además, me pareció una forma menos sesgada de generar una imagen de las dietas de los escarabajos peloteros. Me parecía que utilizar estiércol de zoológicos o las escasas observaciones de campo, como se había hecho anteriormente, tenía un sesgo inherente, ya que es logísticamente casi imposible representar a toda la comunidad local de mamíferos con el estiércol de un zoológico. Además, el estiércol en un entorno natural no estaría espaciado uniformemente, disponible de forma continua o tendría el mismo volumen y peso. Por estas razones sugerí que estudiar el contenido de los intestinos con técnicas moleculares podría ser una

forma mejor de estudiar las redes de mamíferos escarabajos peloteros. Éste fue probablemente uno de los métodos que más me entusiasmaron al principio del proyecto. Sin embargo, como ocurre con todos los métodos nuevos, nos encontramos con un par de problemas en los intentos preliminares de generar un nuevo método. El primer problema obvio era la contaminación con ADN humano. Todas nuestras secuencias, excepto una de nuestras primeras pruebas, eran de ADN humano. Los humanos somos mamíferos y nuestro ADN es omnipresente, nos llevó varias pruebas a lo largo de un año generar un protocolo de laboratorio que nos permitiera limitar la contaminación por ADN humano, uno de los cambios clave fue un protocolo de lavado para eliminar el ADN del exterior de los escarabajos, además de varios otros pasos de higiene para reducir la contaminación por ADN humano en el medio ambiente. Sin embargo, después de esto casi nada amplificó y sospeché de una inhibición de la PCR. Sin embargo, esto ocurría casi un año después de que hubiéramos empezado a desarrollar el protocolo y para mí estaba claro que tendríamos que gastar mucho dinero probando diferentes métodos para superar la inhibición o podríamos pedir ayuda a un laboratorio que ya tuviera ese material a mano. Así que tomamos nuestros intentos preliminares con todo el protocolo probado y todos los cebadores probados (6 pares de cebadores) y los enviamos todos a la empresa Sinsoma GmbH. Ellos confirmaron que efectivamente había inhibición de la PCR y pudieron probar algunos protocolos para limitar los inhibidores y finalizar los ensayos de prueba de concepto. Luego pudimos tomar este protocolo y aplicarlo a varios escarabajos capturados en trampas pitfall tanto en Ecuador como en Alemania durante el año siguiente. Este artículo se envió en diciembre de 2022 a PeerJ.

Elección de estiércol De todos los métodos que probé en mi primer año, diría que este fue, con mucho, el menos exitoso. Tomé el estiércol del mono araña de cabeza marrón *Ateles fusciceps fusciceps* y el estiércol del mono aullador manchado *Alouatta palliata* y los puse delante de mí y esperé a que llegaran los escarabajos peloteros. Fue horriblemente aburrido y no se parecía en nada a la actividad que observé sentado bajo un árbol esperando a que los monos defecaran y luego viendo llegar a los escarabajos. En lugar de eso, estuve allí durante horas y ni un solo escarabajo se posó en el estiércol de ninguna de las dos especies de monos. Fue frustrante, estaba cubierto de picaduras de mosquito y no tenía ningún dato que mostrar. Sin embargo, a pesar del fracaso absoluto del primer intento, lo intenté tres veces más y decidí que no quería seguir sufriendo ni emplear mi tiempo en mirar el estiércol si no me aportaba ningún dato.

Estiércol de mono y bolas de estiércol Nos interesaba la dispersión secundaria de semillas por los escarabajos peloteros. Parecía que observar lo que hacían los escarabajos peloteros con el estiércol fresco sería clave para entenderlos como dispersores secundarios en nuestro bosque. Aproveché los frecuentes encuentros con monos en el bosque para recoger defecaciones y observar cómo los escarabajos peloteros creaban bolas de estiércol y luego recogían tanto el escarabajo (a veces escarabajos), como la bola juntos. Con estas defecaciones y bolas de estiércol pudimos cuantificar las morfoespecies de semillas, las semillas por bola de estiércol y las semillas por defecación. También pudimos medir la masa de semillas en bolas de estiércol y defecados. Además, pudimos recopilar datos sobre los rasgos de las semillas incluidas en las bolas de estiércol y las defecaciones de los monos, como la longitud, la anchura, la forma y la superficie de las semillas. Esto dio lugar a una observación de la historia natural con *Oxysternon conspicillatum* moviendo grandes semillas pubescentes como una bola de estiércol. Esto nos llevó a la hipótesis de que la superficie de la semilla y la forma también podría ser importante para la dispersión secundaria de semillas por los escarabajos peloteros. Nuestros primeros intentos de publicar la observación como una nota de historia natural fueron infructuosos, por lo que finalmente



se convirtió en un artículo tras la recopilación y el análisis de los datos de rasgos de las semillas 36 [11].

Distancia de rodadura Junto con la recogida de bolas de estiércol empecé a medir la distancia a la que se movían las bolas de estiércol desde la ubicación original en el defecado (Nico insistía en que si queríamos entender la dispersión secundaria de semillas realmente necesitábamos saber hasta dónde se movían). Esto implicaba observar a los escarabajos peloteros y esperar pacientemente a que formaran su bola, luego marcar el lugar del defecado en el que se había formado la bola y después observar cómo se la llevaban rodando. Esto también es un poco frustrante porque hay muchos escarabajos y quieres observarlos a todos, porque todos representan datos que te estás perdiendo al centrarte en un solo escarabajo. Sin embargo, si caes en esta tentación te pierdes el camino de tu escarabajo original y rueda bajo una hoja y luego desaparece, como hay tantos escarabajos no puedes saber si este escarabajo bajo esta hoja es tu escarabajo original y entonces no tienes datos. Así que tienes que observar pacientemente sólo un escarabajo a la vez hasta que entierra la bola de estiércol. El primer año no registré muchas de estas observaciones. En parte porque era un poco difícil hacerlo bien y en parte porque la tentación de recoger los escarabajos antes de que enterraran sus bolas de estiércol era realmente difícil de resistir.

Semillas/perlas con cuerdas Leí acerca de una serie de dos artículos sobre la dispersión secundaria de semillas por escarabajos peloteros usando cuerdas atadas a semillas que estaban contenidas en defecaciones de tamarinos [2, 3]. El método descrito consiste en atar 25 cm de cuerda alrededor de una semilla de 1 cm o más, con un banderín de 5 cm en el extremo etiquetado, de modo que cada semilla pueda rastrearse tanto horizontal como verticalmente (horizontalmente por la cantidad de cuerda por encima de la superficie del suelo y verticalmente por la distancia desde el origen). A continuación, se rastreó el destino de estas semillas en cuanto a supervivencia y tasa de germinación. Me entusiasmó la idea de probar este método porque parecía resolver muchos de los problemas de los estudios anteriores, que sólo medían la distancia de dispersión (horizontal o vertical) o el índice de germinación, pero no ambos a la vez. La primera vez que probé este método, até demasiadas semillas muy juntas y se enredaron tanto que formaron casi una masa sólida que no pude mover y que estaba seguro de que no podría ser movida por un escarabajo pelotero. No estaba seguro de que los datos resultantes fueran buenos. También me di cuenta de que algunas semillas tenían una superficie que hacía muy difícil fijar los hilos y mantenerlos unidos. Sin embargo, tuve bastante éxito cuando fijé la cuerda a sólo tres semillas grandes, así que pensé que podría ser interesante intentarlo a mayor escala. Sin embargo, el estudiante Taly dio el proyecto a un tiempo bastante difícil y no he seguido desde entonces tampoco.

Temporada de campo y desarrollo de métodos 2021 (trabajando con caca)

Distancia de rodamiento del escarabajo pelotero Durante esta segunda temporada de campo continuamos la observación de los escarabajos peloteros mientras hacían rodar sus bolas de estiércol y medíamos la distancia horizontal en el suelo. A veces caían de las hojas al suelo, lo que parece que podría ser importante porque las semillas en las hojas tienen pocas probabilidades de sobrevivir. Esto fue frustrante y provocó muchas picaduras de mosquito, pero conseguimos más mediciones de la distancia de rodamiento, fue especialmente útil tener a Jan Johann en el campo ayudando porque duplicó el número de observaciones posibles.

Gradiente de descomposición Para esta segunda temporada de campo, Nico había insistido mucho en que debíamos centrarnos en algo más que en el estiércol, porque la dieta de los escarabajos peloteros es mucho más variada. Así que se nos ocurrió la idea de ofrecer una mayor

variedad de cebos. Pensamos que sería más importante saber si comerían algo que si preferían un tipo concreto de alimento. Por eso sabíamos que las trampas debían estar separadas al menos 40 m para evitar la confusión entre ellas, en lugar de colocar los cebos uno al lado del otro, lo que habría dado lugar a un experimento de elección. Sin embargo, seguía habiendo muchas dudas sobre el cebo. Queríamos medir la comunidad que acudía al estiércol, la carne podrida, la fruta podrida y los milpiés muertos a lo largo de la cronosecuencia. Había que estandarizar el diseño, lo que significaba que teníamos que tomar algunas decisiones sobre lo que utilizaríamos para representar los tipos de recursos. En primer lugar, se discutió mucho sobre qué fruta utilizar; finalmente nos decidimos por los plátanos porque podíamos conseguir suficientes y podíamos llevarlos a un estado fermentado similar en grandes cantidades. También tuvimos que decidir el grado de putrefacción de la carne podrida (carroña). Elegimos la carne de vaca porque también podíamos conseguirla en grandes cantidades. Para intentar decidir cuánto tiempo debemos dejar que la carne se pudra antes de utilizarla como cebo para nuestras trampas de caída, establecimos tres transectos, separamos las trampas 50 m, y rotamos la carne y los milpiés en cada trampa de caída, comprobamos las trampas todos los días durante siete días y contamos el número de escarabajos y morfoespecies en cada trampa. Esto nos permitió establecer dos días de tiempo de putrefacción de la carne, ya que era la etapa que nos permitiría capturar más plenamente la comunidad atraída por la carne en putrefacción y por los milpiés.

Amplitud del nicho del escarabajo pelotero primera mitad

Tomamos nuestros cebos y, a continuación, establecer o experimento de la segunda quincena de septiembre hasta la primera parte de noviembre. Durante este tiempo, un estudiante de licenciatura, Jan Johann, se encargó de esta cuestión para su tesis de licenciatura. Aún disponíamos de una selección preliminar de parcelas, aunque recibimos listas de parcelas actualizadas a lo largo de nuestro periodo de muestreo. Durante tres meses muestreamos 38 parcelas: seis parcelas de cacao, cuatro parcelas de pastos, 11 parcelas de regeneración de cacao, siete parcelas de regeneración de pastos y 10 parcelas de vegetación antigua. Había cinco trampas pitfall por parcela, cada una a una distancia de 50 m de las otras trampas, cebadas con estiércol de vaca, carroña (un día de tiempo de putrefacción), Juliforma millapede, y plátano (un día de tiempo de fermentación), o nada respectivamente (Jan no estaba convencido de que la trampa pitfall de plátano se viera diferente de la trampa sin nada). Se rotó el orden de colocación de las trampas en cada parcela. Las trampas se recogieron 48 horas después de su colocación en el campo, y el contenido se almacenó en etanol al 95%. La clasificación de las muestras se realizó en 2022 y se finalizará en 2023.

Cámaras de observación de escarabajos peloteros Observar el comportamiento de las especies de escarabajos peloteros que tenemos en nuestro campo nos permite comprender mejor la posible contribución de cada especie al ecosistema y cómo ésta cambia a medida que lo hace la comunidad de escarabajos peloteros. A los escarabajos peloteros les gusta excavar bajo la superficie del suelo, a menudo lo hacen para crear nidos para sus crías, la profundidad y estructura de los nidos es diferente para los distintos grupos funcionales, algunos escarabajos peloteros ruedan, otros hacen túneles cerca del estiércol y otros habitan dentro del estiércol (Figura 33). Por esta razón pensamos que sería interesante observar la estructura subterránea de los túneles para las especies de Canandé, ya que no hay demasiadas especies (unas 23), y esto tiene implicaciones ecológicas para las semillas y otras cosas que entierran mientras hacen sus nidos. La idea básica es que la cámara no es mucho más ancha que el escarabajo pelotero, por lo que se obtiene una visión vertical de su comportamiento subterráneo a través de los paneles de plexiglás que tienen tierra entre ellos. También dimos a los escarabajos peloteros un recurso alimenticio para que lo enterraran. Las cámaras de observación



de plexiglás necesitaron varias pruebas para encontrar una metodología que funcionara. Es mejor hacer la cámara un poco más ancha que el escarabajo pelotero para que pueda girar sobre la capa superior de tierra, aunque eso signifique que no se vea todo el túnel porque algunos de ellos se negarán a excavar en condiciones tan poco naturales. Primero dimos a dos escarabajos de la misma especie tierra más compacta y tierra más suelta para ver si esto era importante. La tierra más compacta no sólo mostraba túneles más claros, sino que los escarabajos parecían excavar más fácilmente. Creo que valdría la pena seguir investigando de forma más sistemática en el futuro, porque fue muy agradable ver la estructura de los túneles y proporcionaría información adicional sobre la historia natural que podría ayudar a hacer inferencias sobre cualquier cambio en la comunidad a lo largo de la cronosecuencia.

Filmar la eliminación del estiércol Aunque hay que reconocer que los escarabajos peloteros son un grupo de escarabajos bien estudiado, aún carecemos de mucha información específica sobre la historia natural de cada especie. Hay muchas suposiciones de que los géneros tienen características similares en cuanto a su historia natural. Estas suposiciones parecen estar basadas en muy pocas observaciones documentadas que yo haya encontrado. Filmando los montones de estiércol podríamos capturar a una escala más fina las ventanas de actividad, la velocidad de eliminación del estiércol a lo largo de la cronosecuencia, y qué especies o grupos funcionales de escarabajos peloteros son responsables de la eliminación del estiércol. Esto tiene la ventaja sobre la colocación del estiércol y su retirada de que proporciona datos más precisos, sin necesidad de tener un observador en el campo durante 24 horas seguidas. Para ello probamos una Bushnell NatureView Cam HD que tiene la ventaja de venir con un objetivo de cámara con una distancia focal más corta que la de las cámaras de fauna estándar. Esto nos permitió filmar insectos con más precisión. También tiene una pantalla que te permite ver la posición de la cámara en tiempo real, lo que facilita la configuración y los microajustes.

Sin embargo, incluso después de probar varias veces la cámara no funcionaba durante 24 horas. El problema era más pronunciado por la tarde, cuando la cámara hacía una pausa de unos minutos entre vídeo y vídeo, lo que provocaba una pérdida desproporcionada de información por la noche. Aunque los datos se podían recoger de esta manera, podríamos desarrollar un método mejor con una configuración modular de la cámara.

Temporada de campo y desarrollo de métodos 2022 (poo profesional)

tercera temporada de campo **Amplitud del nicho del escarabajo pelotero segunda mitad** En la temporada de campo más reciente, desde finales de marzo de 2022 hasta principios de mayo de 2022, la trampa de caída de foso instalada en la temporada de campo anterior para estudiar la amplitud del nicho de los escarabajos peloteros a lo largo de la cronosecuencia fue terminada por la estudiante de licenciatura Silvia Canelos y Diego Marín. Seguimos el mismo protocolo que antes, pero eliminamos la trampa sin cebo, ya que sólo capturaba un escarabajo pelotero y representaba recursos, tiempo y costes adicionales. La participación de Diego en esta campaña de campo significa que las identificaciones de especies para la segunda mitad del conjunto de datos. Además, la estudiante de licenciatura Maira Elora Bradler también clasificó los escarabajos peloteros de la campaña original de composición de comunidades en 2019 en morfoespecies y, cuando fue posible, en especies. Los escarabajos que clasificó provenían de 8 plantaciones de cacao, 10 pastizales, 12 sitios de regeneración de cacao, 17 sitios de regeneración de pastizales y 19 parcelas de bosque primario. A continuación, midió los rasgos morfológicos de las diez especies más comunes y organizó una revisión

bibliográfica de algunos rasgos de comportamiento importantes, como el comportamiento de anidación y la actividad.

Resultados

Esta sección de resultados es más un resumen de lo más destacado que una descripción exhaustiva de los resultados obtenidos hasta el momento, en parte porque algunos de ellos ya se han publicado o presentado y en parte porque tres años de resultados es una tesis y no un boletín.

Composición de la comunidad Como era de esperar, tanto la abundancia de escarabajos peloteros como la diversidad por trampa aumentan a lo largo de la cronosecuencia. Mi lista actual de especies de escarabajos peloteros tiene 21 especies con nombre y algunas morfoespecies adicionales. Un número tan reducido de especies significa que podemos aprender mucho sobre cada una de ellas si nos tomamos el tiempo necesario para realizar observaciones de su historia natural.

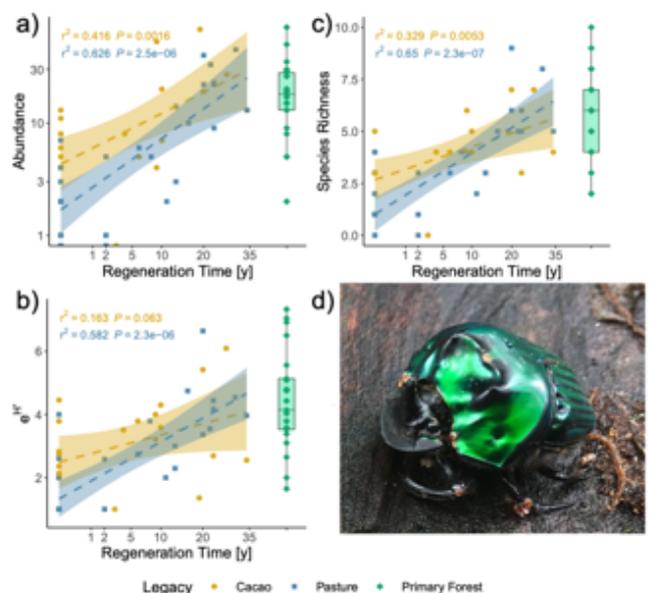


Figure 35: Modelos lineales de abundancia de escarabajos peloteros, diversidad a lo largo de la cronosecuencia y foto de *Oxysternon conspicillatum* apodado "Richards" por Nico Blüthgen. Figuras de la tesis de licenciatura del MEB.

Dispersión secundaria de semillas Descubrimos que la mayoría de los escarabajos peloteros dispersan secundariamente semillas de la longitud de su cuerpo o menos. Así pues, los escarabajos peloteros actúan como un filtro para determinar qué semillas del estiércol incluirán en sus bolas de excrementos. También filtran en función de la superficie de la semilla, ya que las semillas más grandes tienen más probabilidades de tener una superficie pubescente o peluda que se agarra al estiércol, lo que probablemente les hace más difícil distinguir entre estiércol y semilla (Figura 36).

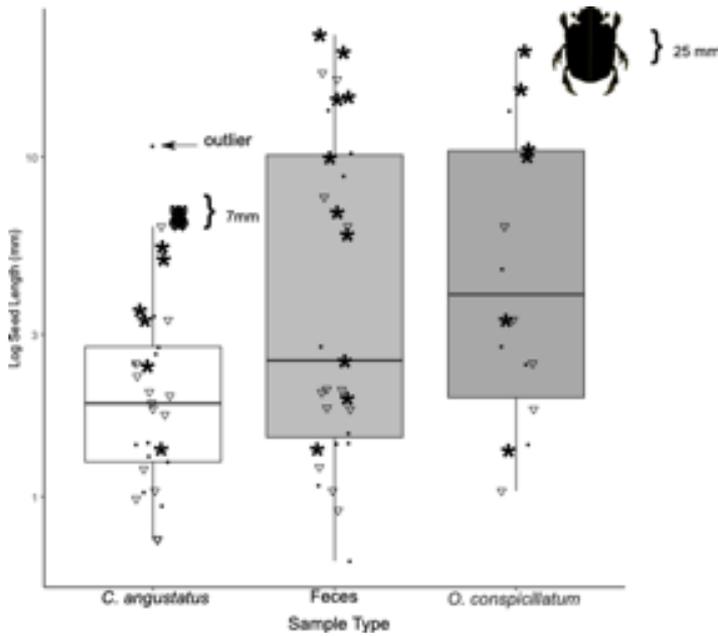


Figure 36: Distribución del tamaño de las semillas en las muestras. Cada morfoespecie vegetal está representada por un punto de datos. Las morfoespecies pubescentes (peludas) se indican con un asterisco, las morfoespecies lisas con un círculo relleno y las morfoespecies estriadas con un triángulo invertido. Los escarabajos se colocan a lo largo del eje x a una altura que indica su longitud corporal. La longitud de las semillas se representa en escala logarítmica. La flecha señala una semilla atípica en las bolas de estiércol de *Canthon angustatus* que era plana y posiblemente pubescente. Figura de [11].

Amplitud de nicho Dentro de nuestro diseño de trampas cebadas con carne podrida, estiércol, milpiés y plátano fermentado, vimos que la comunidad pasó de utilizar estiércol primario a utilizar más carroña en el bosque. Esto parece ser un cambio de especies en la composición de la agricultura al bosque. El estiércol aparece como un recurso más especializado que la carroña. Curiosamente, las especies de la agricultura representan una subsección de las especies del bosque (Figura 37).

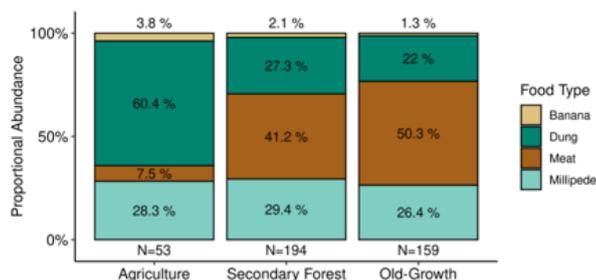


Figure 37: Cambio en el uso de los recursos del escarabajo pelotero de la agricultura a los bosques. Figura de la tesis de licenciatura de JJ

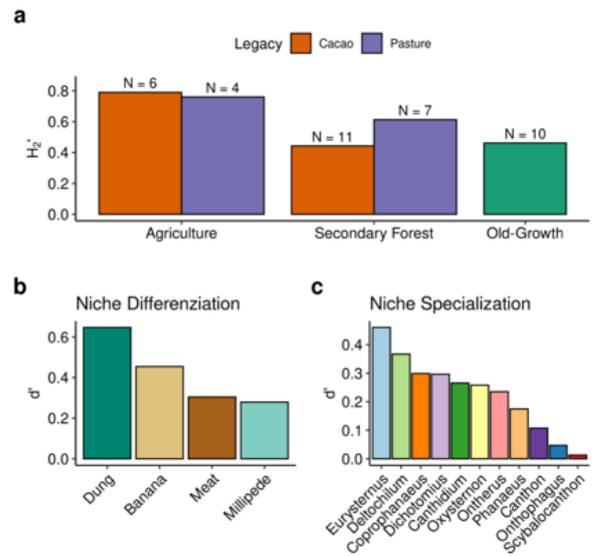


Figure 38: a) Especialización de la comunidad en agricultura, bosque secundario y bosque antiguo. La especialización es mayor en la agricultura y menor en el bosque. b) Exclusividad de nicho por tipo de cebo. c) Exclusividad de recursos a nivel de género. Figura de la tesis de Bachelors de JJ

Perspectivas

La próxima temporada de campo ampliará nuestro trabajo preliminar con la dispersión secundaria de semillas. Utilizaremos estiércol con una mezcla conocida de semillas de varios tamaños. Utilizaremos las parcelas P-Rex para colocar dos montones de estiércol por tratamiento P-Rex y excluir a los escarabajos peloteros de la mitad de ellos. Esto nos permitirá cuantificar cuántas semillas de cada tamaño están todavía presentes cuando volvamos. Transcurridas 48 horas, volveremos para contar las semillas restantes. A continuación, volveremos dos y cuatro semanas después de haber colocado la mezcla de estiércol y semillas para realizar un seguimiento de la germinación y la supervivencia a corto plazo, si la hubiera, en las semillas secundarias dispersadas y no dispersadas (exclusión de los escarabajos peloteros). Esto nos permite realizar un seguimiento a más largo plazo de la supervivencia de las plántulas con y sin dispersión secundaria de semillas por los escarabajos peloteros.

Mientras que los datos de rasgos de las semillas en el estiércol de mono y las bolas de estiércol se publican [11] junto con los conjuntos de datos [12], la identificación mediante métodos moleculares más adelante este año a nivel de especie permitiría generar una red tripartita de semillas, monos y escarabajos peloteros. También podría incluirse aquí la proporción de bolas de estiércol compuestas por semillas, la distancia de rodamiento y de enterramiento. Esto podría generar datos sobre las dietas tanto del mono araña de cabeza marrón, en peligro crítico de extinción, como del mono aullador de manto, que podrían ser útiles para la toma de decisiones políticas tanto de la Reservá Canandé como del Tesoro Escondido.

También estamos trabajando para tratar de conseguir un prototipo funcional de una cámara de lapso de tiempo modular como la que se está utilizando con los polinizadores en [4]. Esto nos permitiría cuantificar el tiempo que se tarda en retirar el estiércol y las ventanas de actividad de nuestros escarabajos peloteros a lo largo de la cronosecuencia. Sin embargo, actualmente hay escasez de Raspberry Pis, por lo que esto puede no ser factible. Estoy tratando de crear un prototipo de trabajo con el fácilmente disponible, pero menos fácil de usar ESP32-Cams para la próxima temporada de campo.

Referencias

- [1] E. Andresen. Dung beetles in a Central Amazonian rainforest and their ecological role as secondary seed dispersers. *Ecological Entomology*, 27(3):257–270, June 2002. ISSN 0307-6946, 1365-2311. doi: 10.1046/j.1365-2311.2002.00408.x. URL <http://doi.wiley.com/10.1046/j.1365-2311.2002.00408.x>.
- [2] L. Culot, M. Huynen, and E. W. Heymann. Partitioning the relative contribution of one-phase and two-phase seed dispersal when evaluating seed dispersal effectiveness. *Methods in Ecology and Evolution*, 6(2):178–186, Feb. 2015. ISSN 2041-210X, 2041-210X. doi: 10.1111/2041-210X.12317. URL <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/2041-210X.12317>.
- [3] L. Culot, M.-C. Huynen, and E. W. Heymann. Primates and Dung Beetles: Two Dispersers Are Better than One in Secondary Forest. *International Journal of Primatology*, 39(3):397–414, June 2018. ISSN 0164-0291, 1573-8604. doi: 10.1007/s10764-018-0041-y. URL <http://link.springer.com/10.1007/s10764-018-0041-y>.
- [4] V. Droissart, L. Azandi, E. R. Onguene, M. Savignac, T. B. Smith, and V. Deblauwe. PICT: A low-cost, modular, open-source camera trap system to study plant–insect interactions. *Methods in Ecology and Evolution*, 12(8):1389–1396, Aug. 2021. ISSN 2041-210X, 2041-210X. doi: 10.1111/2041-210X.13618. URL <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/2041-210X.13618>.
- [5] A. Gómez and S. Kolokotronis. Genetic identification of mammalian meal source in dung beetle gut contents. *Mitochondrial DNA Part A*, 28:612–615, 2017.
- [6] G. Halffter and V. Halffter. Why and where coprophagous beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) eat seeds, fruits, or vegetable detritus. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, 45(1):1–22, 2009.
- [7] I. Hanski and Y. Cambefort, editors. *Dung beetle ecology*. Princeton University Press, Princeton, N.J., 1991. ISBN 978-0-691-08739-9.
- [8] P. Holter and C. H. Scholtz. What do dung beetles eat? *Ecological Entomology*, 32(6):690–697, Dec. 2007. ISSN 0307-6946, 1365-2311. doi: 10.1111/j.1365-2311.2007.00915.x. URL <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2311.2007.00915.x>.
- [9] J. J. Midgley, J. D. White, S. D. Johnson, and G. N. Bronner. Faecal mimicry by seeds ensures dispersal by dung beetles. *Nature Plants*, 1(10):1–3, 2015. Publisher: Nature Publishing Group.
- [10] E. Nichols, S. Spector, J. Louzada, T. Larsen, S. Amequita, M. Favila, and S. Network. Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. *Biological Conservation*, 141:1461–1474, 2008.
- [11] K. M. Pedersen and N. Blüthgen. Seed size and pubescence facilitate secondary dispersal by dung beetles. *Biotropica*, page btp.13052, Dec. 2021. ISSN 0006-3606, 1744-7429. doi: 10.1111/btp.13052. URL <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/btp.13052>.
- [12] K. M. Pedersen and N. Blüthgen. Seed traits of seed within spider monkey, howler monkey feces, and dung beetles' dung balls, 2021. URL <http://datadryad.org/stash/dataset/doi:10.5061/dryad.cjxksn6p>. Artwork Size: 207752 bytes Pages: 207752 bytes Version Number: 9 Type: dataset.
- [13] T. Schmitt, F.-T. Krell, and K. E. Linsenmair. Quinone Mixture as Attractant for Necrophagous Dung Beetles Specialized on Dead Millipedes. *Journal of Chemical Ecology*, 30(4):731–740, Apr. 2004. ISSN 0098-0331. doi: 10.1023/B:JOEC.0000028428.53797.cb. URL <http://link.springer.com/10.1023/B:JOEC.0000028428.53797.cb>.
- [14] F. Vaz-de Mello. Revision and phylogeny of the dung beetle genus *Zonocopriss* Arrow 1932 (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae), a phoretic of land snails. In *Annales de la Société Entomologique de France*, volume 43, pages 231–239. Taylor and Francis Group, Jan. 2007.
- [15] K. Vulinec. Dung beetle communities and seed dispersal in primary forest and disturbed land in amazonia. *Biotropica*, pages 34,297–309, 2002.

SP7: Madera muerta y insectos saprófilos

Ana Falconi, Universität Würzburg
Nina Grella, Universität Bayreuth

Quiénes somos

En el SP7 investigamos la descomposición de la madera muerta y las interacciones entre los insectos saprófilos, los hongos y la madera muerta a lo largo del gradiente de recuperación del bosque. Nuestro subproyecto consta de tres investigadores principales y dos estudiantes de doctorado (Figura 39). Nina Grella, la primera estudiante de doctorado, está basada en la Universidad de Bayreuth y es supervisada por la profesora Heike Feldhaar. La segunda estudiante de doctorado, Ana Falconí, pasará sus primeros tres años en la Universidad de las Américas en Quito y completará su disertación bajo la supervisión del profesor Jörg Müller en su año final en la Universidad Julius Maximilian en Würzburg. El profesor David Donoso es un especialista en hormigas neotropicales en la Escuela Politécnica Nacional en Quito y es el tercer investigador principal. Juntos, nuestra amplia experiencia nos permite trabajar hacia el objetivo común de desentrañar las interacciones entre los insectos saprófilos, los hongos y la madera muerta. Durante su trabajo de campo, Nina y Ana colaboran estrechamente y realizan la mayoría de las muestras y experimentos juntas. Ana se enfoca en los escarabajos saprófilos y los hongos, mientras que Nina explora insectos eusociales como las hormigas y los termitas.



Figure 39: Estudiantes de doctorado. Ana Falconí y Nina Grella

El maderamen desempeña un papel crucial en el ciclo de nutrientes

y almacenamiento de carbono. Durante la crisis actual de pérdida de biodiversidad y cambio climático, la investigación sobre el maderamen y su capacidad de almacenamiento de carbono es vital. Estudios previos estiman que el efecto neto de los insectos en el flujo de carbono puede representar el 29 por ciento, mientras que el 93 por ciento del carbono liberado desde el maderamen en todo el mundo proviene de los trópicos. Sin embargo, muchos aspectos de la relación entre los insectos saprófitos, los hongos y el maderamen aún son desconocidos. Con cinco paquetes de trabajo (WPs) en nuestro subproyecto, queremos investigar diferentes aspectos del maderamen. En nuestro primer WP, llevamos a cabo una encuesta de maderamen donde registramos la cantidad y la diversidad de maderamen en todas las parcelas y analizamos los datos con respecto a los diferentes estadios de recuperación del bosque. Queremos evaluar si los bosques secundarios pueden recuperar la capacidad de almacenamiento de maderamen de los bosques de vieja creación. En nuestro segundo WP, recolectamos hormigas, termitas y escarabajos en cinco objetos diferentes de maderamen en cada parcela, así como de su entorno. Queremos analizar la co-ocurrencia de las diferentes especies de insectos en el maderamen y compararlas con las comunidades en el hábitat circundante. Haciendo esto nos concentraremos en las interacciones potenciales como los efectos de prioridad o la exclusión competitiva en los diferentes estadios de regeneración del bosque. En nuestro tercer WP, exponemos troncos de madera de cinco especies diferentes de árboles en cada parcela y analizamos las comunidades de hormigas, termitas, escarabajos y hongos que colonizan el maderamen. La red resultante de interacciones brinda una importante información sobre qué especies de insectos y hongos son más importantes en la colonización y la descomposición del maderamen en los diferentes estadios de recuperación. En nuestro cuarto WP, analizaremos los rasgos funcionales de los especímenes recogidos en WP2 y WP3 y buscaremos detectar qué rasgos funcionales dependen de la edad del bosque. Finalmente, en el WP5, queremos medir la contribución de termitas, hormigas, escarabajos y hongos a la descomposición de la madera muerta. Realizaremos un experimento de exclusión de insectos en las parcelas PREX y mediremos la contribución de cada taxón en función de la edad del bosque, la perturbación y la exclusión de grandes mamíferos. Con estos experimentos, queremos arrojar luz sobre las relaciones entre las identidades de las especies, los rasgos funcionales y la contribución a la descomposición de la madera muerta de los insectos saprófilos y los hongos en las diferentes etapas de regeneración del bosque.



Figure 40: Logística con el personal de Jocotoco. Reunión con Katrin y Bryan



Planes y Realidad

Este año, nuestro SP tuvo dos campañas de campo. La primera se llevó a cabo de febrero a abril y la segunda de mediados de agosto a octubre. Durante estos cinco meses, adquirimos mucha experiencia sobre los obstáculos y desafíos que pueden ocurrir durante el trabajo de campo, pero también cómo encontrar soluciones creativas; especialmente con la logística. Durante la primera campaña de campo, realizamos la encuesta sobre madera muerta (WP1) y la colección de insectos de la madera muerta y los alrededores (WP2). A menudo tuvimos que improvisar durante el clima lluvioso porque las hormigas son menos activas en ese momento. Pero durante ese tiempo, la perturbación de los plot PREX estaba en curso. En un proyecto de esta magnitud, no podíamos simplemente cambiar nuestros planes, sino que tuvimos que encontrar soluciones juntos con los gerentes de la estación y con Connie, nuestra coordinadora científica. Afortunadamente, nos convertimos en un buen equipo y encontramos la manera de resolver los desafíos y problemas. Al estimar el tiempo que se necesita para medir todos los objetos de madera muerta y para recolectar los insectos con muchos métodos de muestreo diferentes, fuimos demasiado optimistas al principio. Afortunadamente, tenemos un equipo de excelentes parabiólogos que a menudo nos ayudaron con la colección. Después de pasar mucho tiempo en el bosque, ahora es mucho más sencillo estimar la cantidad de tiempo necesario para los experimentos y las distancias de caminata hasta el plot.



Figure 41: Mirador de Canandé

La segunda campaña de campo fue muy desafiante logísticamente. Al principio, estábamos planeando llevar a cabo los experimentos de WP3 y WP5 al mismo tiempo. Eso habría significado colocar 320 piezas de madera en las 64 parcelas para el primer experimento y 1024 piezas adicionales de madera en las 32 parcelas PREX para el segundo experimento. Para este último, necesitábamos bandejas de aluminio y jaulas de exclusión de insectos, pero el envío desde Alemania a Ecuador tomó más tiempo del esperado. Después de más de ocho semanas, nuestro equipo llegó, pero ya habíamos comenzado con el primer experimento y decidimos posponer el experimento PREX. Con el tiempo, nos dimos cuenta de que esto fue una bendición disfrazada, ya que nos dimos cuenta de que la preparación de la madera y el transporte a las parcelas requieren mucho tiempo y esfuerzo (Figura 43).

En esta campaña, Silvia, una nueva parabióloga de La Yuca, se unió a nuestro equipo (Figura 42). Juntos superamos los muchos desafíos con la logística de la madera y ella nos ayudó con el manejo de Tarsilo,

nuestro mulo del proyecto. Aunque Tarsilo se comportó literalmente muy mulish, nos ayudó mucho con el transporte de nuestra madera.

Ana Falconi, Universität Würzburg

Impresiones del campo

En la región del Chocó de Ecuador, hay una reserva que se creó para proteger uno de los puntos de biodiversidad más importantes de la región: Canandé (Figura 41). La reserva está ubicada en la provincia de Esmeraldas y se creó con la intención de conservar uno de los últimos restos de los bosques tropicales de Ecuador que hoy en día están amenazados por actividades extractivas y agrícolas. La Fundación Jocotoco, una organización ambiental ecuatoriana que protege áreas de importancia crítica para la conservación, lideró el proceso de creación de la reserva, aunque con la ayuda de otras organizaciones como Rainforest Trust, International Conservation Fund of Canada y American Bird Conservancy.



Figure 42: Silvia, nuestro gran apoyo



Figure 43: Experimentos. a. Manejo de especies de madera muerta, etiquetado y corte; b. Se expuso cinco maderas muertas de diferentes especies de árboles en cada parcela; c. Experimento de exclusión de insectos WP₅ en las parcelas PREX

Tenemos la fortuna de haber podido llevar a cabo nuestra investigación en 64 parcelas distribuidas en dos reservas: Canandé y Tesoro Escondido; también tuvimos el apoyo de algunas personas de la comunidad para acceder a parcelas de cacao y pastos activos. Las primeras semanas fueron de aprendizaje en ambos lados, ya que estábamos coordinando toda la logística de nuestro proyecto (Figura 40). Además, pudimos visitar parcelas cercanas y practicar con algunos experimentos (Figura 43). Las caminatas a la mayoría de las parcelas eran muy largas y agotadoras, pero llegamos a todas las 64 parcelas. Nuestro gran apoyo fueron los parabiólogos, quienes con su conocimiento y orientación nos llevaron de manera segura a todas las parcelas.

Para mí ha sido una experiencia muy enriquecedora. He podido conocer a grandes personas y profesionales. Hemos aprendido cómo reaccionar y adaptarnos a situaciones cambiantes. Realmente disfruto compartiendo con otros estudiantes de doctorado y conociendo un poco más sobre sus proyectos, poder apoyarlos cuando lo necesiten y reírnos en las comidas que compartimos o en los viajes de campo que compartimos.

Resultados

En este primer año del proyecto Reassembly y habiendo estado en el campo durante casi 5 meses, he recopilado datos sobre la diversidad de madera muerta y larvas y adultos de escarabajos en las 64 parcelas. El próximo año tengo planeado codificarlos y obtener sus identidades de especie. La Figura 44 da una visión general de la diversidad de la madera muerta en pastos activos y en regeneración, en plantaciones de cacao activas y en regeneración, así como en bosques de crecimiento antiguo.

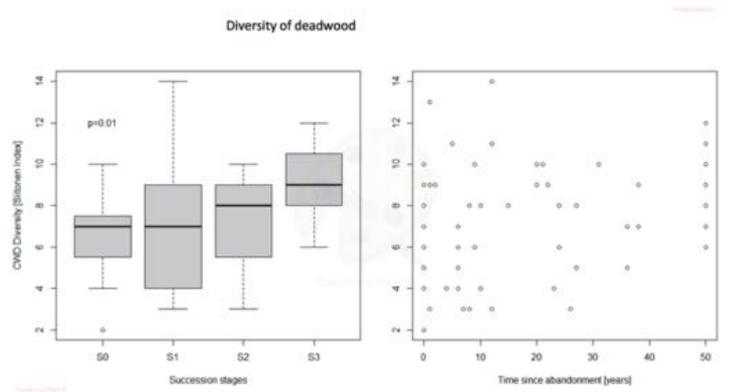


Figure 44: Diversidad de Madera Muerta

Los escombros leñosos gruesos y finos aumentan a lo largo del gradiente. Los escombros leñosos finos (FWD) aumentan más rápido que los escombros leñosos gruesos (CWD) - efecto legado (Figuras 45, 46).

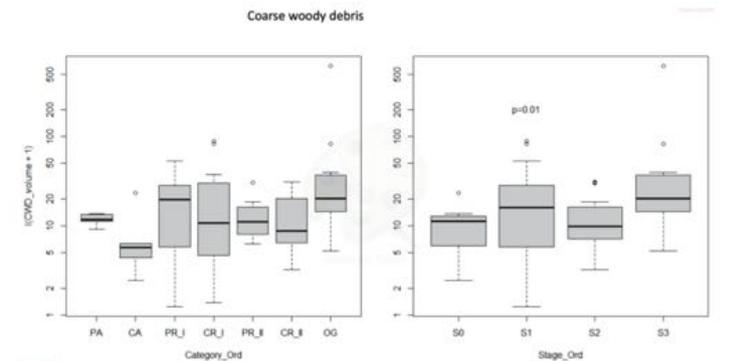


Figure 45: Aumento de CWD a lo largo del gradiente

Perspectiva

El próximo año tenemos planeado realizar dos más campañas de campo en Canandé y Tesoro Escondido. Debemos quitar la madera que pusimos en las parcelas en octubre y ponerla en cámaras de emergencia. En estas cámaras capturaremos insectos emergentes e identificaremos las especies. Después, planificamos llevar a cabo nuestro último experimento, en el que mediremos la contribución de diferentes taxones de insectos y hongos a la descomposición de la madera muerta (WP₅).

Estamos confiados de que nuestra experiencia con la logística de la madera desde el pasado octubre nos ayudará en la organización de la próxima temporada de campo. Además del trabajo de campo, tengo que codificar mis muestras de escarabajos y hongos. Además, identificaré las especies de escarabajos mediante la morfología.

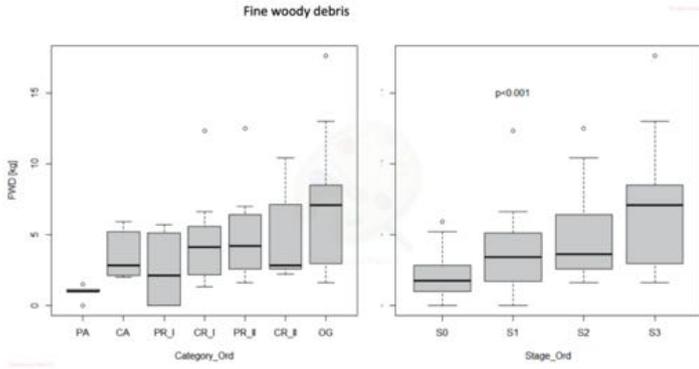


Figure 46: Aumento de FWD a lo largo del gradiente

Nina Grella, Universität Bayreuth

Impresiones desde el campo

Durante mi primer estadía, muchos miembros de Reassembly comenzaron con el trabajo de campo al mismo tiempo y se hizo bastante concurrido en el alojamiento de Chocó. Sin embargo, mirando hacia atrás, fue una gran experiencia comenzar el proyecto con tantos otros estudiantes de doctorado y poder ayudarnos mutuamente durante nuestras altas y bajas. Para mí, la selva lluviosa del Chocó es un lugar sorprendentemente hermoso. Durante mi estadía, tuve la oportunidad de conocer gente asombrosa e inspiradora y experimentar una naturaleza increíblemente diversa.



Figure 47: En WP4, expusimos cinco piezas de madera muerta de diferentes especies de árboles en cada parcela. El próximo año, los recolectaremos y exploraremos los insectos y hongos que los colonizaron

Lo más fascinante para mí fue ver a las hormigas ejército durante sus incursiones y observar a las hormigas cortadoras de hojas trabajando duro llevando material vegetal a su nido. Durante nuestro trabajo en las parcelas, a menudo teníamos que apresurarnos para llegar a la siguiente parcela y terminar nuestro trabajo antes de que se hiciera de noche. Por lo tanto, disfruté uniéndome a las excursiones nocturnas del herpetólogo y tener un tiempo para tomar fotos y mirar a los animales un poco más.

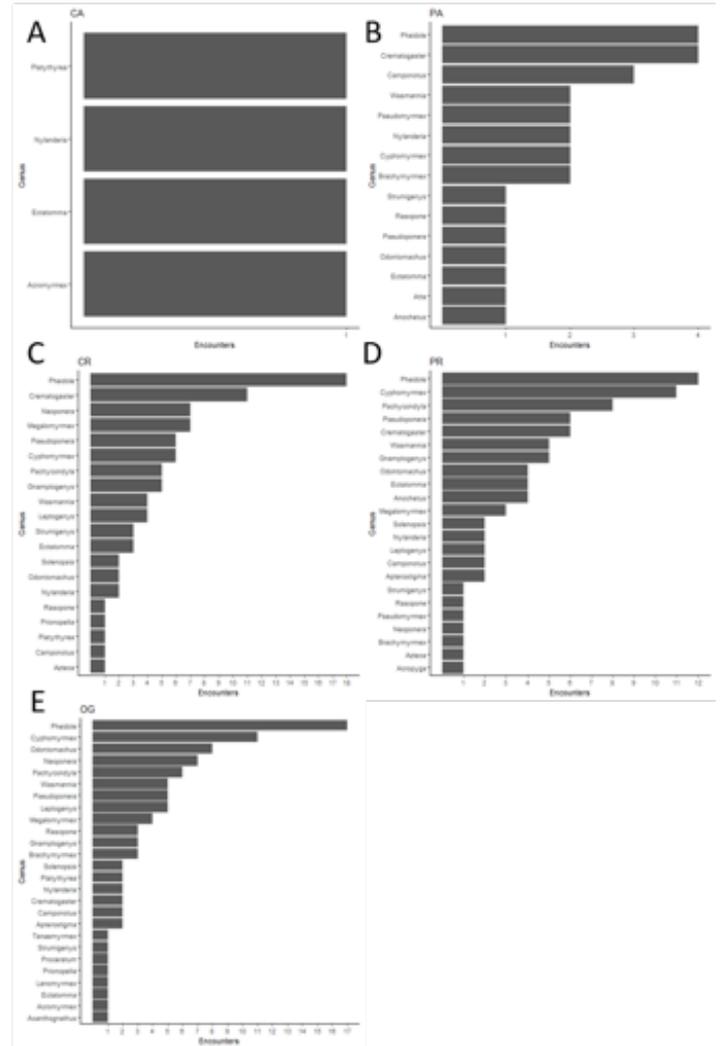


Figure 48: Encuentros de géneros de hormigas colonizando madera en descomposición en diferentes categorías de regeneración de bosques A) plantaciones activas de cacao B) pastos activos C) plantaciones de cacao en regeneración D) pastos en regeneración E) bosques de antiguo crecimiento.

Resultados

Este año he estado en el campo por cinco meses y ya he recogido muchas hormigas y termitas. El próximo año tengo previsto codificarlas y obtener sus identidades de especies. Entre mis dos campañas de campo, identifiqué las hormigas que colonizan la madera en descomposición a nivel de género para obtener una visión general de qué géneros ocurren en general y en qué edades de regeneración de bosques. La figura (48) da una visión general de los géneros de hormigas que colonizan la madera en descomposición en pastos activos y en regeneración, plantaciones activas y en regeneración de cacao, así como en bosques de antiguo crecimiento. Recogimos cinco piezas de madera en descomposición por parcela si era posible. Los encuentros se definieron como la suma de cuántas piezas de madera en descomposición fueron colonizadas por un género y no como el número de individuos.

Como ya se puede ver (Figura 48), la mayoría de los géneros de hormigas se encontraron en el bosque de antiguo crecimiento, seguido de las dos categorías de bosques en regeneración. El número más bajo de géneros se encontró en las dos categorías de agricultura activa. Interesantemente, los pastos activos y en regeneración tienen un número mayor de géneros que las parcelas activas y en regeneración de cacao. Sin



embargo, estos primeros hallazgos solo dan una primera impresión y los resultados de las análisis de identificación de especies aportarán información importante sobre la riqueza de especies, la diversidad de especies y los rasgos funcionales dependiendo de la regeneración de bosques y las características de la madera.

Perspectivas

El próximo año, estoy planeando realizar dos campañas de campo más en Ecuador en aproximadamente la misma época que este año. Debemos regresar a la madera que colocamos en las parcelas en octubre y colocarlas en cámaras de emergencia. En estas cámaras, los insectos emergentes serán capturados y se identificarán las especies. Después, estamos planeando llevar a cabo nuestro último experimento donde mediremos la contribución de diferentes taxones de insectos y hongos a la descomposición de la madera muerta (WP5). Ahora que tenemos casi todo nuestro equipo en Ecuador, esperamos que todo funcione sin problemas. Confío en que nuestra experiencia con la logística de madera del pasado octubre nos ayude a organizar la próxima temporada de campo. Además del trabajo de campo, tengo muchas hormigas y termitas en Bayreuth esperando ser codificadas por barra. Ya tengo una visión general de los géneros y estoy optimista de que pueda identificar las especies el próximo año a través de la codificación por barra y la morfología.



Figure 49: Tarsilo nos ayudando a llevar la madera a las parcelas



Impronta

Este es un producto de la Unidad de Investigación DFG 5207, Reensamblaje de Redes de Interacción de Especies.

Para obtener más información, consulte <https://www.reassembly.de/> o contacte info@reassembly.de.

El contenido está protegido por derechos de autor de DFG FOR 5207. Todas las fotografías están sujetas a derechos de autor por los autores o, si no se da un autor, por la Unidad de Investigación.

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



por CFD