



## Reensamblaje de redes de interacción entre especies: resistencia, resiliencia y recuperación funcional de un ecosistema de selva tropical (Unidad de Investigación DfG fOR 5207)

N.º 4, enero de 2026

### Contenido

Columna del portavoz del proyecto	1
CM: Donde se unen la administración y la ciencia	4
SP 1: ¡Nunca hagas selección de variables!	6
SP 1: Modelización del ensamblaje de redes ecológicas	7
SP 1: Predicción de la interacción en redes	9
SP 2: Artrópodos de la hojarasca y descomposición	11
SP 3: Polinizadores diurnos y nocturnos	14
SP 4: Dispersión de semillas por aves frugívoras, murciélagos y roedores	15
SP 4: Agrupaciones de murciélagos y redes de dispersión de semillas	16
SP 5: Interacciones entre plántulas de árboles y herbívoros	17
SP 7: Madera muerta e insectos saproxílicos	19
SP 7: Interacciones entre insectos saproxílicos y consecuencias para la descomposición de la madera.	20

## 1 Columna del ponente del proyecto

Nico Blüthgen, Universidad Técnica de Darmstadt

### ¡Cuatro años más: nuevas oportunidades!

La primera fase de financiación de Reassembly ha concluido, y la segunda fase comenzará pronto para la mayoría de los subproyectos o ya ha comenzado para algunos de nosotros. Es hora de reflexionar sobre lo que hemos aprendido y logrado, y sobre lo que pretendemos conseguir. Y también: ¿qué ha funcionado bien y merece la pena continuar, y qué debemos mejorar en el futuro? En este boletín, que recoge las opiniones de jóvenes investigadores que ofrecen diferentes perspectivas, se pueden leer, entre líneas, las respuestas a estas importantes preguntas. A continuación expongo mi punto de vista.

La evaluación in situ del proyecto por parte de la Fundación Alemana para la Investigación (DfG) y expertos internacionales, celebrada del 15 al 20 de junio de 2025, fue una experiencia intensa para muchos de nosotros, pero salió muy bien. Queremos expresar nuestro especial agradecimiento a la Dra. Sonja Ihle, directora del programa de la DfG, que prestó un intenso apoyo a esta unidad de investigación desde sus inicios hace varios años y durante todo el proceso de evaluación. En Canandé realizamos presentaciones orales y mantuvimos intensos debates, defendimos pósteres y realizamos varios viajes en coche y excursiones por el bosque. Mostramos las características distintivas del bosque y observamos numerosas especies tanto de día como de noche. Hicimos especial hincapié en los experimentos, incluidos los antiguos diseños P-REX y los nuevos T-REX, que se habían preparado utilizando árboles jóvenes de diversas especies que habían comenzado a crecer en las nuevas parcelas. También presentamos el vivero de árboles, un refugio piloto contra la lluvia y los registradores de datos. Y nuestro fantástico laboratorio.



Figura 1: La instantánea superior fue tomada por uno de los revisores y muestra a Nico fuera de la sala de reuniones, esperando a que le comunicaran la decisión final del comité de revisión. A Nico le pareció que tardaban una eternidad y, de hecho, la reunión del comité se prolongó más de media hora. Otro revisor tomó la otra foto, en la que se ven muchas caras felices después de que todos nos enteráramos de la buena noticia.

Además de la impresionante propuesta escrita de 44 páginas, nuestros logros y planes convencieron al comité evaluador. Como resultado, ahora contaremos con financiación completa para la segunda fase (fig. 1). Esta solicitud fue un gran esfuerzo de equipo, y todos compartimos el éxito de esta evaluación. Este exitoso equipo incluye científicos de Alemania y Ecuador, estudiantes, doctorandos, personal de Jocotoco, miembros del equipo local y parabiólogos: todos desempeñaron un papel importante. Este espíritu de equipo nos ha acompañado durante los primeros cuatro años y volvió a quedar claramente patente durante la evaluación, tal y como confirmó el comité de revisión. Todos podemos estar orgullosos de este equipo.

Nuestra primera fase de financiación fue una iniciativa científica novedosa tanto para los solicitantes como para los doctorandos y posdoctorados. Ninguno de nosotros se había centrado anteriormente en la regeneración natural de las selvas tropicales, pero juntos pudimos abarcar muchos aspectos importantes de este dinámico ecosistema forestal. A lo largo de cuatro años, logramos resultados únicos: por primera vez pudimos medir la recuperación de tantos taxones y componentes del ecosistema diferentes. En conjunto, estos hallazgos contribuyen de manera sustancial a nuestra comprensión de la dinámica de los ecosistemas forestales tropicales. Se han resumido diferentes aspectos en un número notable de artículos individuales, y ya han surgido varias síntesis, presentadas o ya disponibles como preimpresiones, que pronto podrán leerse en diferentes revistas. Hasta la fecha, se han publicado 4y artículos de Reassembly, incluidas las preimpresiones, y este número sigue creciendo rápidamente. Una



docena de tesis doctorales han sido defendidas con éxito o lo serán en breve.



Figura 2: T-REX es un experimento bien diseñado con 15 especies de árboles para la segunda fase, que sigue a nuestro experimento P-REX en la primera fase. ¡Pero no se puede equiparar con el *Tyrannosaurus rex*! Por lo tanto, es posible que el antiguo dinosaurio necesite una nueva abreviatura para evitar confusiones. Esta foto fue compartida por uno de los revisores tras llegar al aeropuerto de Quito y este macho (como se predijo por su ubicación) no volvió a ser avistado desde entonces.

Dado que comenzamos este proyecto desde cero, se dedicó un gran esfuerzo a implementar todo el diseño del estudio antes de la primera aplicación hace cuatro años. Martín y yo comenzamos con un pequeño equipo en 2017 y realizamos tres viajes de campo para identificar parcelas adecuadas que se ajustaran al diseño general. Además, dos doctorandos, Phil y Karen, comenzaron mucho antes de Reassembly y utilizaron un conjunto de parcelas preliminares para investigar sobre hormigas y escarabajos peloteros. Adquirieron experiencia y analizaron datos que nos ayudaron a modificar el diseño y mejorar la configuración espacial final. Justo antes de que comenzara la Unidad de Investigación, se disponía de 54 parcelas, con una distribución equilibrada de legados de cacao y pastos de edad comparable, situadas en todo el paisaje y sin agruparse ni estar significativamente sesgadas por la elevación. Este diseño nos costó mucho tiempo, paciencia y esfuerzo. Sin embargo, los beneficios pronto superaron la dificultad de la tarea. Muchos de los revisores de nuestros manuscritos, otros colegas y nuestros asesores científicos elogiaron este diseño y el gran tamaño de la muestra de parcelas estadísticamente independientes. Lo mismo hizo el comité de revisión. Si pudiéramos dar un consejo a otros que empiezan un nuevo proyecto, sería que merece la pena esforzarse en el diseño. Las lágrimas y el sudor se secaron, y más tarde apreciamos lo que habíamos conseguido. Las lágrimas se debieron especialmente a algunos malentendidos, problemas logísticos, de comunicación, conflictos menores y problemas sociales durante el primer año, pero estos problemas se resolvieron.

Resuelto. El sudor también se seca, pero siempre se reemplaza por más sudor al día siguiente. Vale la pena volver a leer nuestro primer boletín informativo de Reassembly, en el que se han recopilado estas experiencias y donde la experiencia ha dado lugar a un proceso de aprendizaje. No solo el número y la amplia distribución de las parcelas, sino también el tamaño de estas supusieron un reto. Los revisores iniciales, desde la comodidad de sus escritorios, recomendaron un tamaño mínimo de 50 por 50 metros. Esto resultó especialmente desalentador para el equipo responsable de medir y etiquetar los 7542 árboles. Las parcelas no eran planas como aparecen en un mapa o en una pantalla, y muchas partes eran de difícil acceso. La identificación de los árboles llevó mucho más tiempo del previsto, casi dos años, lo que no es de extrañar dado que el tamaño acumulado de las parcelas era mayor que el de cualquier otro proyecto en el Neotrópico. Fue agotador, pero gratificante. ¿Recomendaríamos reducir el número o el tamaño de las parcelas en el futuro? No ;)

Aún está por verse si nuestro experimento de perturbación y reclutamiento (P-REX) en 30 parcelas mereció el laborioso esfuerzo. El P-REX tuvo un comienzo difícil, ya que varios proyectos no estaban listos y requirieron una nueva perturbación, y el flujo de lodo complicó el diseño. La mayoría de los artículos sobre el P-REX aún no se han publicado. Para el nuevo experimento de recuperación de la función de los árboles (T-REX, fig. 2-3), aprendimos que debemos organizar todo con aproximadamente un año de antelación, e involucramos a casi todos los subproyectos en la planificación incluso mucho antes. También es un experimento que todo el mundo puede utilizar en cualquier momento, ya que los árboles solo crecen. T-REX nos permite comparar todas las asociaciones, los socios de interacción y los procesos de 15 especies de árboles, e incluso de los mismos individuos. Para P-REX, el principal reto era la necesidad de un punto de partida simultáneo para todos, ya que, de lo contrario, el efecto de la perturbación se desvanece.



Figura 3: El T-REX real en Cedeño. Algunos de los árboles alcanzan ahora los 12 m de altura. Foto del laboratorio Chocó.





Así pues, el diseño general del estudio dio sus frutos, mientras que el gran experimento aún está pendiente de evaluación. ¿Qué hay de la estructura del equipo, la comunicación, las normas de procedimiento, las reuniones, los talleres? Tengo la impresión de que también funcionaron muy bien. Pero, como siempre en la vida, las opiniones individuales pueden diferir en este aspecto. Estoy deseando escuchar y leer las opiniones de todos los demás.

También quedó patente durante el proceso de revisión, en el que los revisores mostraron el mismo interés por el contexto de la conservación y la organización Jocotoco que por la investigación fundamental sobre Reassembly. No es de extrañar. Muchas gracias a Martin y a todo el personal de Jocotoco.



Figura 4: Equipo de reensamblaje tras recibir la noticia de la aprobación de la segunda fase

En mi opinión, la estrecha conexión e interacción con Jocotoco y la población local fue y sigue siendo una característica clave de nuestro éxito. Ya lo he mencionado en boletines anteriores, pero me gustaría reiterar este punto. No conozco ninguna otra organización conservacionista u ONG que tenga tanto éxito o esté tan bien aceptada e integrada en las comunidades locales de Canandé y muchas otras reservas, y que al mismo tiempo apoye tanto a los científicos y a la ciencia. Sin su apoyo general, la investigación durante varios años y en un área tan grande habría sido imposible. Sin el Laboratorio del Chocó, nuestra estación de investigación que implementamos junto con Jocotoco, no habríamos llegado muy lejos. Nuestra estrecha colaboración con Jocotoco



Figura 5: Orquídea: *Oncidium pichinchense*

**Así que sigamos adelante, continuemos.** Cuatro años más, ¡sin lágrimas, solo sudor! Llenos de nuevas y grandes oportunidades. Y luego veremos qué pasa después.



## SP: Módulo de coordinación

Edith Villa Galaviz, TU Darmstadt

### Reassembly continúa

¡Lo conseguimos! El reensamblaje ha llegado al final de la primera fase, aunque no es la última, ya que continuaremos durante otros cuatro años. Tras meses de preparación, largas horas de trabajo y una evaluación sorprendentemente agradable (sí, hablo por mí mismo), que nos unió en lugar de separarnos (espero *no* estar hablando solo por mí mismo), ¡nos dieron luz verde!

Los preparativos fueron exhaustivos y caóticos, pero gracias a las fortalezas individuales y al espíritu de equipo de todos los miembros: los primeros investigadores, los supervisores y el laboratorio de Chocó, la evaluación fue un éxito (fig. 5). Irónicamente, lo pasé muy bien en Canandé durante la evaluación; ignorando el pequeño detalle de que mi trabajo y mi equipo estaban en juego (nada grave, por supuesto), las excursiones con expertos en ecología tropical y miembros de la DfG, que además son personas encantadoras, fueron fantásticas. Y, sinceramente, ver que Reassembly funcionaba realmente como un equipo me hizo sentir muy bien.



Figura 5: La evaluación de la primera fase de Reassembly incluyó sesiones de pósters en las que tuvimos la oportunidad de discutir una de las partes individuales de Reassembly con los examinadores y también con otros miembros de Reassembly.

Para este boletín, pedí a los miembros de Reassembly que reflexionaran sobre su trayectoria a lo largo de estos cuatro años, los hallazgos que más les impresionaron y lo que aprendieron durante el proceso. Me uní a Reassembly en mayo de 2023, durante el periodo más difícil del proyecto, y aprendí de esa experiencia, descubriendo habilidades sociales que nunca imaginé que tenía. Dicho esto,

me centraré en las cosas que disfruté haciendo este año (dejando el té para mi novela de terror... es broma).

Este año, abrí la cuenta de Instagram del proyecto. Viniendo de la era de Facebook, donde principalmente solo compartía memes, puede parecer una tontería, pero al principio estaba completamente perdido, especialmente cuando se trataba de manejar una cuenta institucional. Sin embargo, lo logré, la cuenta tiene buen aspecto y, de hecho, disfruté creando videos y publicaciones basados en nuestra investigación. Así que, este año, aprendí a ser creador de contenido y gestor de redes sociales (fig. 7).



Figura 7: Imagen de portada del primer video creado para la cuenta de Instagram del proyecto. El video destaca la importancia de las interacciones entre especies para el mantenimiento de los ecosistemas forestales.

### Multidiversidad... múltiples perspectivas

Debido a mi doble función, en la que a menudo acabo haciendo «todo, en todas partes y al mismo tiempo», mi trabajo durante los últimos dos años y medio no ha seguido la trayectoria típica de un posdoctorado que desarrolla un proyecto grande y continuo. En su lugar, me centré en una síntesis que examinaba la renovación de nichos en 18 comunidades ecológicas. La fuerza de este estudio no radica en preguntas particularmente novedosas, sino en el alcance de su conjunto de datos, que abarca miles de especies de múltiples tipos de comunidades, y en el método utilizado para determinar el nicho, que ayuda a superar la falta de información ecológica que es común en los sistemas tropicales. Incluso dentro de esta aparente simplicidad, varios hallazgos me sorprendieron.

En la versión revisada del manuscrito, que ahora incorpora los comentarios de los revisores, he añadido un análisis de la multidiversidad, un índice que combina los valores de diversidad de todas las comunidades en una única medida. Esto complementa los análisis basados en nichos que comenté en un boletín anterior. En conjunto, estos enfoques me permitieron examinar la recuperación a dos escalas ecológicas: una escala amplia, que abarca toda la comunidad, capturada por la multidiversidad, y una escala más precisa, específica de la comunidad, que describe cuántas especies aparecen al principio de la recuperación, qué especies llegan más tarde,





y que persisten a lo largo de múltiples etapas de recuperación. Esta última categoría está formada por especies generalistas y, aunque se sabe que las especies generalistas son comunes en los bosques tropicales, no esperaba que fueran tan prominentes en el contexto de la recuperación forestal.



Figura 8: La investigación ecológica se enriquece cuando múltiples perspectivas se centran en el mismo sistema. Al igual que diferentes cámaras capturan diferentes detalles del mismo organismo.

Lo que más me sorprendió fue darme cuenta de que su prevalencia no puede atribuirse simplemente a la idea de que estas especies «utilizan los recursos disponibles en todas partes». Al redactar el manuscrito, tuve cuidado de no sobreinterpretar los patrones, no solo porque tales conclusiones serían irresponsables sin una investigación más profunda, sino también porque es probable que contribuyan muchos factores dependientes del contexto, como las prácticas locales de gestión forestal, la cantidad de bosque circundante y otros procesos a nivel del paisaje. Por previsible que pueda parecer, la influencia de estos factores varía realmente de una comunidad a otra, y es esencial reconocer esa variación.

Estos hallazgos también me hicieron reflexionar sobre una creencia que tengo desde hace mucho tiempo: que las acciones de conservación deben basarse en información proporcionada por múltiples comunidades, en lugar de centrarse en unas pocas comunidades carismáticas. Los resultados refuerzan este punto. Si bien la biodiversidad aumenta con los años de recuperación, lo que sugiere una tendencia general positiva, algunas comunidades individuales albergan una proporción mucho mayor de especies que dependen de las condiciones de los bosques maduros. Este contraste implica que una planificación eficaz de la conservación y la restauración debe operar a ambas escalas: utilizando patrones generales para comprender la recuperación general, al tiempo que se adaptan medidas específicas para salvaguardar las especies con requisitos particulares de hábitat (fig. 8). Aunque esto puede parecer obvio en teoría, no siempre se aplica en la práctica. Muchas decisiones políticas

siguen basándose en indicadores aproximados, como la cobertura arbórea o el estado de una sola comunidad, que no reflejan la complejidad de los ecosistemas. Por lo tanto, comparto la opinión de que se necesita información sobre múltiples comunidades para elaborar políticas más realistas.

## Reflexiones finales

Ahora nos encontramos en un enriquecedor periodo de transición, en el que los miembros de la primera fase se superponen gradualmente con los de la nueva fase. Me gustaría llamar a esto un momento IDH, pero todos los revisores de mi artículo me dijeron que no tenemos las condiciones para poner a prueba la hipótesis de la perturbación intermedia en el reensamblaje. Si no está familiarizado con esta hipótesis, la hipótesis de la perturbación intermedia fue propuesta en 1978 por el biólogo estadounidense Joseph H. Connell. En términos sencillos, sugiere que cuando la perturbación se encuentra en un nivel intermedio, tendemos a ver el mayor número de especies. Esto ocurre porque una perturbación moderada crea una mezcla de condiciones que permite la coexistencia de especies que prefieren niveles de perturbación altos, bajos y todos los intermedios.

Nadie quiere críticos descontentos, así que digamos que estamos entrando en una «transición hacia la riqueza». No porque la agitación esté disminuyendo, sino todo lo contrario, nos estamos preparando para otra montaña rusa de emociones. La buena noticia es que estamos mucho mejor preparados para ello que en 2021.



# ¡Nunca hagas selección de variables! (Opiniones sobre estadística, episodio 1)

Carsten F. Dormann, Universidad de Friburgo

*Este es un boletín informativo que reflexiona sobre la primera fase de la Unidad de Investigación. Para mí, el nivel de competencia estadística era sorprendentemente alto entre los doctorandos, y el buen diseño experimental hizo que muchos análisis fueran muy lógicos y rigurosos. Sin embargo, uno de los temas que surgía aquí y allá me pareció que se beneficiaría de una declaración clara. Aquí está.*

Si tuviera que elegir un punto que cambiar en todos los libros de texto de estadística aplicada, ecológicos o no, sería este: nunca seleccione variables cuando realice pruebas de hipótesis.<sup>1</sup>

¿Por qué?<sup>2</sup>

En primer lugar, demos un paso atrás. La estadística abarca tres actividades: exploración de datos, comprobación de hipótesis (el término técnico es «inferencia») y predicción. Solo la inferencia se interesa por los valores p, porque solo ahí tenemos hipótesis reales (derivadas de la teoría). A menudo, lamentablemente, los valores p también se presentan en la exploración («Hay un patrón significativo en los datos»: ¿qué hipótesis significativa se podría derivar de esta afirmación trivial?), pero no deberían hacerlo. Más bien, la exploración daría lugar a algo parecido a una clasificación por importancia, que luego *conduciría* a una hipótesis que se comprobaría *con nuevos datos*. La predicción, de nuevo, no debería tener valores p; ¿qué significarían? «¿El valor es significativamente diferente de 0?» ¿Qué significa exactamente esto cuando se predicen temperaturas o la riqueza de especies?<sup>3</sup>

Bien, ahora que hemos aclarado esto, vamos al grano: si tenemos una hipótesis y un diseño mediante el cual se recopilaron nuestros datos (experimentalmente u observacionalmente), podemos escribir el modelo *antes* de recopilar ningún dato. Y deberíamos hacerlo. Y una vez que tengamos los datos: ajustar ese modelo, inspeccionar los valores p, rechazar la hipótesis nula o alternativa, y listo. (Sí, sí, es posible que tengamos que adaptar las distribuciones después del diagnóstico del modelo, o algo así). La comprobación de hipótesis es la mejor situación posible en la que podemos estar, estadísticamente, porque nuestra hipótesis *determina* el modelo. No hay que jugar con la estructura del modelo, nada de nada, solo ajustarlo y listo.<sup>4</sup>

Lamentablemente, muchos libros de texto, y en particular los utilizados por nuestra generación de ecologistas<sup>(5)</sup> sugieren eliminar los predictores insignificantes de un modelo. Así que vuelvo a insistir en lo mismo: **NUNCA UTILICÉIS LA SELECCIÓN DE MODELOS PARA LA INFERENCIA.**<sup>5</sup> Es erróneo por varias razones. **Y no os limitéis a creerme a mí.** Os explico por qué.

Lo más importante es darse cuenta de que el software no sabe lo que has hecho antes de pedirle que ajuste el modelo final. Toma un modelo que puede surgir de cualquier tipo de comportamiento deficiente por parte del analista y lo ajusta «al pie de la letra», tal y como se «prescribe» (como lo denomina Harrell, 2015). Por lo tanto, el software no puede saber si inicialmente se partió de 10 000 modelos (utilizando el dragado) y se filtró hasta obtener el mejor modelo. El modelo final comprueba la hipótesis: «los predictores tienen un efecto en la respuesta», aunque debería comprobar la hipótesis «bueno, había datos y no tenía ni idea de qué hacer con ellos, así que jugué un poco hasta que encontré este modelo tan bonito, y ahora dime si este modelo tan personalizado te parece bien». Como el modelo final no tiene memoria de lo que hiciste para llegar hasta ahí, no puede adaptarse a ningún paso de selección de variables.

La segunda cosa que hay que tener en cuenta es que (excepto en experimentos equilibrados

diseños sin covariables) *todos* los predictores están correlacionados en cierta medida. Esto significa que, si se tienen dos predictores ligeramente correlacionados,  $X_1$  y  $X_2$ , y se ajusta un modelo con solo  $X_1$ , entonces el efecto de  $X_2$  también estará parcialmente en el modelo, según el grado de correlación con  $X_1$ . Es decir, si  $X_1$  fuera irrelevante y  $X_2$  fuera importante, entonces  $X_1$  podría resultar significativo, si está lo suficientemente correlacionado con  $X_2$ .

Si ahora eliminas el predictor  $X_2$  de un modelo, se produce esta «transferencia de efecto». Como consecuencia, la estimación (pendiente) de  $X_1$  estará sesgada (porque ya no es solo el efecto de  $X_1$ , sino el efecto de  $X_1$  más un poco de  $X_2$ , si me entiendes), el error estándar será menor (porque se eliminaría la incertidumbre sobre dónde colocar el efecto superpuesto de  $X_1$  y  $X_2$ ), y por lo tanto el valor p (resultante de la división de la pendiente por SE) también estará sesgado (¡y siempre a la baja!). Significado: si elimina una variable de un modelo, sus valores p son incorrectos. Punto. Fin de la discusión.

Sí, se pueden utilizar simulaciones para averiguar *cuán* erróneo es el valor p (véase nuestro último libro sobre cómo hacerlo). Sí, se pueden leer artículos (no hay muchos) sobre la «inferencia posterior a la selección» (por ejemplo, Kuchibhotla et al. 2022) y cómo corregir el sesgo de selección (solo para descubrir que la forma más fácil es evitarlo por completo). Pero no, NUNCA aceptaré un artículo que pruebe una hipótesis utilizando la selección de modelos. Es así de grave. El efecto puede ser pequeño o grande. Normalmente no lo sabemos (porque no se nos informa de la correlación entre los predictores). Sin duda, es sesgado.

Hay otras malas prácticas estadísticas en ecología, pero hay que eliminarlas una por una. Los siguientes en mi lista son: (1) Utilizar el mismo modelo para la comprobación de hipótesis y la predicción. (2) Desperdiciar datos en la exploración de datos por pereza para leer artículos antiguos que contienen las hipótesis que necesito. (3) «Las estimaciones sin errores estándar equivalen a mentir».<sup>7</sup> (4) Espiar datos. (¡No me hagan hablar!)

Si se tratara de una unidad de investigación cuyo objetivo no fuera la comprobación de hipótesis (con nuestro maravilloso diseño gradual y nuestros excelentes experimentos), añadiría algunas frases más sobre cuándo es permisible o incluso recomendable la selección de modelos. — De acuerdo, ya que lo preguntas: la selección de modelos está bien para la exploración (siempre y cuando te mantengas alejado de cualquier forma de extraer conclusiones a partir de ella), y es una idea particularmente buena para crear modelos predictivos (porque reduce la varianza de la predicción, uno de los dos elementos del error de predicción). De hecho, la contracción (= regularización) se utiliza siempre en el aprendizaje automático y profundo, *porque* sesga las estimaciones para evitar predicciones extremas (si quieres leer más sobre ello, aquí tienes algunos términos: lasso, promedio de modelos, capa de abandono).

## Referencias

- [1] Dormann, C. F. & Ellison, A. M. (2025). Statistics by Simulation: A Synthetic Data Approach. Princeton University Press.
- [2] Harrell, F. E. (2015). Regression Modeling Strategies: With Applications to Linear Models, Logistic and Ordinal Regression, and Survival Analysis (2nd ed.). Springer.
- [3] Kuchibhotla, A. K., Kolassa, J. E., & Kuffner, T. A. (2022). Postselection inference. Annual Review of Statistics and Its Application, 9(1), 505– 527. <https://doi.org/10.1146/annurev-statistics-100421-044639>

<sup>1</sup> También conocido como selección de modelos o selección de características. Es lo mismo.

<sup>2</sup> En gran parte para evitar la vergüenza de quedar como un tonto. Como decía un comentario en Stack Overflow: «La selección de modelos se considera una especie de broma entre los estadísticos». No quiero ser el blanco de esa broma.

<sup>3</sup> En los casos en que una predicción sirva para comprobar una hipótesis, esto sería admisible.

<sup>4</sup> Omito algunos detalles, como qué ocurre si nuestro diseño se ve comprometido o si sabemos que algunas covariables entran en conflicto con factores experimentales. Se trata de aspectos que se ignoran en la mayoría de los análisis que conozco, así que no nos desviemos del tema.

<sup>5</sup> Las generaciones anteriores no tenían formación en estadística, y la siguiente generación parece no estar interesada en las hipótesis y la teoría.

<sup>6</sup> Avisame si también debo aumentar el tamaño de la fuente y cambiar el color para que esta afirmación sea imposible de pasar por alto.

<sup>7</sup> Cita de un estadístico desconocido.



**Timo Metz, Universidad Técnica de Darmstadt**

## Introducción

Este año han pasado muchas cosas. Después de presentar el artículo de síntesis en el que he estado trabajando durante los últimos dos años, en diciembre de 2024 escribí mi tesis doctoral y me preparé para la defensa en junio de 2025. También se me permitió revisar el artículo de síntesis dos veces después de su revisión, lo que me llevó una cantidad considerable de tiempo. Además, asistí a la conferencia de ecología tropical en Ámsterdam junto con muchos otros miembros de REASSEMBLY, e incluso gané el segundo premio Merian por mi ponencia sobre el proyecto de síntesis de REASSEMBLY.

### *El proyecto de síntesis*

En el proyecto de síntesis que he estado dirigiendo, ahora denominado «Resiliencia de la biodiversidad en una selva tropical», calculamos los tiempos de recuperación, la resistencia, las tasas de retorno y la recuperación relativa tras 30 años para todos los taxones estudiados en REASSEMBLY. Me complace decir que, hasta el momento, el artículo sigue en proceso de revisión y se nos ha invitado a realizar dos revisiones hasta ahora. Las observaciones del revisor incluían centrarse más en las diferencias en los efectos heredados, ya que contábamos con datos excelentes de parcelas con uso heredado del suelo para cacao y pastos. Resolver esta diferencia dio más profundidad al artículo y, de hecho, pudimos demostrar que la recuperación de muchos taxones es más rápida en las antiguas plantaciones de cacao que en los pastizales. Sin embargo, el mensaje general sigue siendo el mismo: la recuperación de la mayoría de los taxones es muy rápida y, tras 30 años, se observa una recuperación significativa de la abundancia y la diversidad de la mayoría de los taxones, pero también la composición se recuperó bien, aunque no tanto. Para una recuperación completa, también de la composición de las especies, se necesitan muchas décadas. No obstante, este hallazgo suscita esperanzas para la recuperación de los bosques tropicales, ya que pudimos observar que incluso atributos complejos del ecosistema, como la composición, pueden recuperarse para muchos taxones, y que la abundancia y la diversidad, que están vinculadas a la productividad y el funcionamiento del ecosistema, lo hacen incluso con notable rapidez.

### *La tesis doctoral y su defensa*

Después de presentar el proyecto de síntesis y antes de trabajar en la revisión, escribí mi tesis doctoral y la defendí. Al final, hice un doctorado interdisciplinario en física y biología, lo que encajaba bastante bien con mi investigación interdisciplinaria bajo la supervisión de Barbara Drossel, que es física teórica, y Nico Blüthgen, que es ecólogo. El proceso de redacción y aprendizaje fue muy intenso, pero terminar el doctorado también fue muy gratificante. En consonancia con mi doctorado interdisciplinario, mis dos grupos de trabajo en la Universidad Técnica de Darmstadt (física de sistemas complejos y redes ecológicas) cooperaron y me hicieron el sombrero de doctorado más bonito (una tradición típica alemana) que podía imaginar. Incluso tenía una pequeña cronosecuencia y, por supuesto, múltiples animales hermosos que se pueden encontrar en la selva tropical. Estoy muy contenta con él. Pueden ver una foto del mismo (y a mí feliz con él en la cabeza) en las figuras v y 10.

## Reflexiones

Recuerdo muy bien la primera reunión que tuvimos en Palmengarten, en Fráncfort, en noviembre de 2021, para poner en marcha el proyecto REASSEMBLY. Cuesta creer que en aquel momento aún no conocía a Nico, el portavoz del proyecto, que más tarde se convertiría en mi mentor y con quien pasé innumerables horas trabajando en el proyecto de síntesis de REASSEMBLY. También recuerdo lo nerviosa que estaba, tanto por conocer a tanta gente nueva como por el respeto que me inspiraba entrar en un nuevo campo de investigación. En ese momento, no podía imaginar lo mucho que REASSEMBLY

me aportaría en términos de diversión y experiencias. Tras la reunión inicial, se celebraron muchas más reuniones. Recuerdo con especial cariño la reunión que tuvimos en el bosque bávaro, donde realizamos épicas caminatas temprano por la mañana y al atardecer, y también la reunión que tuvimos en Quito y en la Reserva Maquipucuna el año pasado. Estas reuniones fueron inspiradoras desde el punto de vista científico, pero me gustaron especialmente las actividades y los componentes sociales de las mismas.



Figura y: Mi precioso birrete de doctorado



Figura 10: Feliz tras la defensa de mi tesis

En REASSEMBLY, agradecí mucho la oportunidad de interactuar con personas de diferentes campos y países. Tengo la impresión de que la unidad de investigación me proporcionó una formación científica excepcional, más allá de lo que la mayoría de los estudiantes de doctorado pueden esperar si no forman parte de una unidad de este tipo. Sentí que en la unidad había un experto en cada materia del que aprender, y tuve la impresión de que los estudiantes de doctorado pronto se convirtieron también en expertos en sus campos específicos. Creo que es un logro magnífico y excepcional. Para mí, que trabajo principalmente en el ámbito teórico y computacional, esto



La experiencia de los científicos empíricos fue de gran ayuda para realizar mi trabajo, que es muy interdisciplinario.

Durante mi doctorado también tuve la oportunidad de ir al campo, a nuestra hermosa estación de investigación en la Reserva Canandé, dos veces durante varias semanas. Estos viajes me ayudaron mucho a aprender más sobre ecología tropical y fue estupendo ver cómo se realiza el trabajo de campo. Como teórico, me dio la oportunidad de mejorar significativamente mi capacidad para trabajar con los datos recopilados en el campo y sacarles el máximo partido. Creo que fue una oportunidad extraordinaria para mí aprender ecología tropical desde una perspectiva tanto teórica como aplicada en esta unidad de investigación.

### ***Perspectivas***

En noviembre de 2025 comencé a trabajar como investigador postdoctoral en el Centro La Kretz para la Ciencia de la Conservación de California, en la Universidad de California, Los Ángeles. El puesto tiene una duración prevista de dos años. Seguiré trabajando en el efecto de las perturbaciones en los ecosistemas, principalmente desde una perspectiva teórica, pero incluyendo datos de campo y colaborando con ecólogos empíricos. Más concretamente, trabajaré en el efecto de diferentes estrategias de gestión forestal en la resiliencia de los ecosistemas forestales californianos ante los incendios forestales. Mi trabajo volverá a ser muy aplicado y centrado en la conservación. En ese sentido, colaboraré con The Nature Conservancy, una importante ONG estadounidense. Espero seguir en contacto con todos los investigadores de RE-ASSEMBLY y también espero volver a visitar la hermosa Reserva Canandé, que estoy seguro ocupará un lugar especial en el corazón de todos los que participan en este proyecto.





# SP1: Predicción de la frecuencia de interacción en redes de plantas y polinizadores

William J. Castillo, Universidad de Friburgo

## Qué hacemos

Las redes de interacción entre plantas y polinizadores representan sistemas ecológicos fundamentales en los que se plantea la hipótesis de que la frecuencia de las interacciones entre especies es predecible a partir de los rasgos y la abundancia de las especies. En este estudio se llevó a cabo un análisis exhaustivo de 14 redes de visitas de polinizadores a flores en todo el mundo para evaluar la previsibilidad de las frecuencias de interacción utilizando como predictores la abundancia de las especies, sus rasgos y su posición filogenética o taxonómica.

## Introducción

Comprender los factores que estructuran las interacciones ecológicas representa un desafío fundamental en ecología. Las redes de plantas y polinizadores ejemplifican los sistemas de interacción bipartitos, en los que se cree que la frecuencia de las interacciones entre las especies de plantas y polinizadores refleja los rasgos de las especies, su abundancia y sus relaciones evolutivas [1]. Investigaciones anteriores han examinado exhaustivamente la presencia o ausencia de interacciones (por ejemplo, [4, 2, 3]), pero son menos los estudios que se han centrado en predecir las frecuencias cuantitativas de las interacciones.

La previsibilidad de las frecuencias de interacción tiene importantes implicaciones para la estabilidad de los ecosistemas, la biología de la conservación y la comprensión de la resiliencia de las redes mutualistas ante el cambio medioambiental. El objetivo de este estudio era determinar si las frecuencias de interacción podían predecirse en redes de validación utilizando información sobre la abundancia de especies, sus rasgos y su posición filogenética (plantas) o taxonómica (animales). Nuestra hipótesis era que la calidad predictiva se deterioraría al aumentar la distancia espacial y temporal con respecto a las redes de entrenamiento y que los cambios en la composición de los polinizadores o las plantas afectarían negativamente al rendimiento del modelo.

## Método

El análisis incorporó 14 estudios globales de interacciones entre polinizadores y flores.

redes de interacción con criterios de inclusión estrictos que requieren redes cuantitativas replicadas en el espacio y/o el tiempo e información suficiente para construir árboles filogenéticos o taxonómicos. Para cada estudio de caso, reunimos redes de interacción, datos de rasgos, mediciones de abundancia e información filogenética/taxonómica.

Las variables predictoras incluyeron:

- **Abundancia:** externa cuando estaba disponible; de lo contrario, totales marginales de la red.
- **Rasgos:** características funcionales como la profundidad del néctar y la longitud del probóscide
- **Información filogenética/taxonómica:** relaciones evolutivas utilizando árboles filogenéticos para las plantas y árboles pseudofilogenéticos basados en la taxonomía para los polinizadores.

Empleamos múltiples enfoques de modelización estadística, incluyendo redes neuronales y bosques aleatorios para predecir las frecuencias de interacción. La estrategia de entrenamiento y validación empleó la validación cruzada espacial y temporal en datos agrupados en las respectivas dimensiones. Cada estudio de caso se analizó por separado antes de sintetizar las tendencias en todos los estudios.

## Resultados y discusión

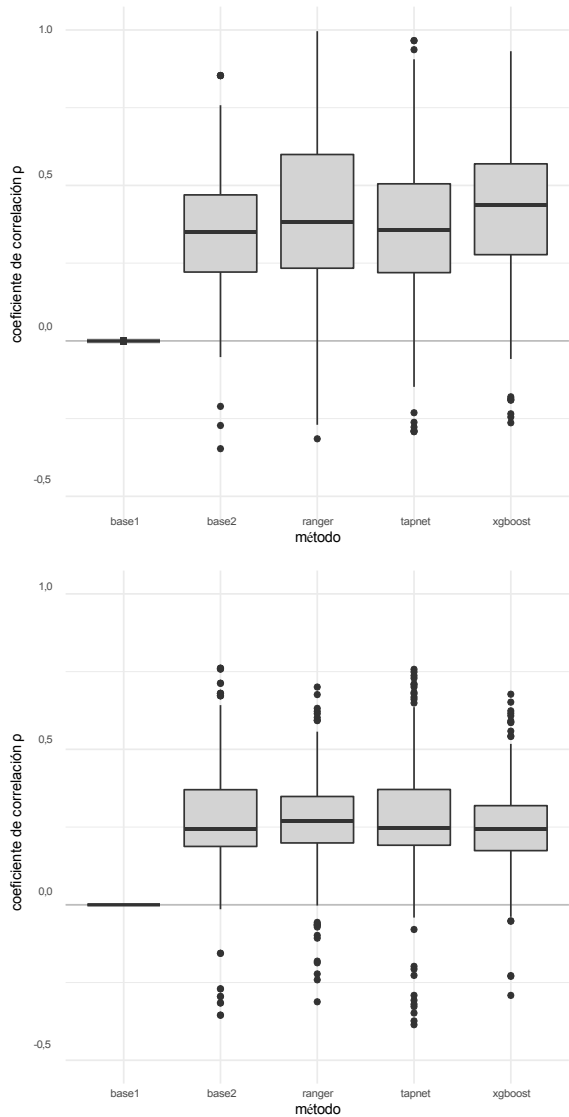


Figura 11: Rendimiento predictivo de cinco métodos: Baseline 1 basado en interacciones, Baseline 2 basado en abundancia, Ranger como implementación de Randomforest, Tapnet y XGboost. Se realizaron pruebas de validación cruzada en los modelos en el tiempo (arriba) y en el espacio (abajo). La correlación entre la predicción y la observación se midió utilizando el  $\rho$  de Spearman.

El reto de predecir las frecuencias de interacción en las redes de plantas y polinizadores se pone de relieve en un análisis exhaustivo de múltiples estudios de casos a nivel mundial. La conclusión general es que la previsibilidad es baja a moderada, y que los modelos solo logran un éxito limitado a pesar de incorporar un amplio conjunto de predictores potenciales. Esta síntesis revela que la dinámica de las redes ecológicas está gobernada por un fuerte factor primario —la abundancia— atenuado por altos niveles de estocasticidad y una influencia mínima de las reglas generalizables de correspondencia de rasgos en todas las escalas examinadas (fig. 11).

La abundancia de especies fue el predictor más dominante de la frecuencia de interacción. Los modelos de referencia simples y sin parámetros, que se basaban únicamente en el producto cruzado de la abundancia de plantas y polinizadores, tuvieron tanto éxito como los modelos mucho más complejos basados en el aprendizaje automático y en los rasgos. Este hallazgo concuerda con la teoría ecológica y las simulaciones que sugieren que la especialización, y por lo tanto el poder predictivo de los rasgos, es solo un





factor significativo cuando los recursos florales son abundantes. En los sistemas del mundo real estudiados aquí, la mera presencia numérica de especies parece superar los sutiles efectos de la complementariedad de los rasgos (por ejemplo, la longitud de la probóscide que se adapta a la profundidad de la corola) y las relaciones filogenéticas. En consecuencia, añadir información sobre los rasgos y la filogenia (plantas) o la taxonomía (polinizadores) proporcionó una mejora mínima en la capacidad predictiva más allá de lo que podía explicar la abundancia por sí sola.

Los intentos de escalar las predicciones en los 14 estudios utilizando un enfoque de validación cruzada «dejar un estudio fuera» no tuvieron éxito, lo que demuestra que no hay capacidad predictiva (fig. 11). Esto sugiere que, aunque los modelos pueden captar principios generales dentro del contexto de un estudio determinado, estos principios no son aplicables a diferentes sistemas, ubicaciones o metodologías. Este bajo nivel de transferibilidad sugiere el impacto significativo de factores locales no medidos y la heterogeneidad metodológica.

La modesta previsibilidad observada aquí puede atribuirse a varias limitaciones clave inherentes a los datos y la metodología. Las redes eran heterogéneas, construidas utilizando diferentes protocolos e intensidades de muestreo, lo que puede introducir errores falsos negativos y ruido, especialmente graves en las redes más pequeñas que se analizaron. El uso inevitable de totales de redes marginales como proxies de los datos externos de abundancia que faltaban también puede haber introducido un sesgo optimista. En conjunto, estos factores sugieren que los modelos intentaban encontrar una señal general en datos en los que el contexto local y la estocasticidad eran primordiales.

## Conclusiones

Este estudio revela los profundos retos que plantea la predicción de las frecuencias de interacción en las redes de plantas y polinizadores, a pesar de incorporar información ecológica exhaustiva. La conclusión general es que las frecuencias de interacción están determinadas principalmente por la abundancia de las especies, con una influencia generalizable mínima de los rasgos o las relaciones evolutivas. El sistema parece fundamentalmente estocástico, lo que podría reflejar la compleja interacción de factores abióticos, la plasticidad del comportamiento y las condiciones ecológicas locales.

El fomento de protocolos de recopilación de datos y prácticas de presentación de informes coherentes facilitará la mejora de los análisis comparativos entre los distintos sistemas de estudio. A medida que se disponga de más conjuntos de datos de alta calidad, los enfoques metaanalíticos podrán revelar patrones que quedan ocultos en la síntesis actual.

## Referencias

- [1] C. F. Dormann and G. Benadi. *tapnet: Trait matching and abundance for predicting bipartite networks*, 2023. URL <https://github.com/biometry/tapnet>. R package version 0.6.
- [2] M. A. K. Sydenham, Z. S. Venter, T. Reitan, C. Rasmussen, A. B. Skrindo, D. I. J. Skoog, K. Hanevik, S. J. Hegland, Y. L. Dupont, A. Nielsen, J. Chipperfield, and G. M. Rusch. MetaComNet: A random forest-based framework for making spatial predictions of plant–pollinator interactions. *Methods in Ecology and Evolution*, 13 (2):500–513, Feb. 2022. ISSN 2041-210X, 2041-210X. doi: 10.1111/2041-210X.13762.
- [3] M. A. K. Sydenham, Y. L. Dupont, A. Nielsen, J. M. Olesen, H. B. Madsen, A. B. Skrindo, C. Rasmussen, M. S. Nowell, Z. S. Venter, S. J. Hegland, A. G. Helle, D. I. J. Skoog, M. S. Torvanger, K.-A. Hanevik, S. E. Hinderaker, T. Paulsen, K. Eldegard, T. Reitan, and G. M. Rusch. Climatic conditions and landscape diversity predict plant–bee interactions and pollen deposition in bee-pollinated plants. *Ecography*, 2024(9):e07138, 2024. ISSN 1600-0587. doi: 10.1111/ecog.07138.
- [4] J. C.D. Terry and O. T. Lewis. Finding missing links in interaction networks. *Ecology*, 101(7):e03047, 2020. ISSN 1939-9170. doi: <https://doi.org/10.1002/ecy.3047>.





## SP2: Hojarasca y procesos del sotobosque: descomposición y redes depredador-presa

Arianna Tartara, Universidad Técnica de Darmstadt

### El camino hacia el doctorado

Me resulta un poco extraño decir «este fue el último año». Sin duda, llegar al final de mi doctorado tiene un sabor agri dulce. Bueno, casi al final, pero lo suficientemente cerca como para verlo venir. La parte «amarga» viene de recordar cómo empezó todo: sumergirme en un tema completamente nuevo (biología y ecología), preguntándome a menudo si había tomado las decisiones correctas en mi vida al dejar atrás Dinamarca y el mundo de la química, y tratando de adaptarme a la Alemania de la era Covid mientras hacía malabarismos con largas excursiones de campo y problemas de salud personales. Fue... intenso.

Pero entonces llegaron los primeros pequeños logros «dulces»: diseñar mi propio experimento desde cero, descubrir que realmente podía analizar mis propios datos, empezar a comprender los debates científicos y presentar en mis primeras conferencias. Aun así, estos momentos solían verse ensombrecidos por el síndrome del impostor, la autocrítica infinita y la sensación constante de que no era lo suficientemente rápida, buena o conocedora en comparación con los demás.

Sin embargo, durante el último año algo cambió y las cosas finalmente empezaron a encajar. Empecé a darme cuenta de que cada vez sabía más lo que estaba haciendo. Ya no me daban miedo los debates científicos. Al contrario, me di cuenta de que esperaba con interés las críticas y comentarios de otras personas sobre mi trabajo, o que ansiaba que me hicieran preguntas después de mis presentaciones. Me sentía bien defendiendo mis argumentos con confianza y utilizando todas las herramientas que había aprendido para poner a prueba mis hipótesis, analizar datos o incluso sumergirme en los conjuntos de datos e ideas de otras personas.

Y entonces llegó mi primer manuscrito como autora principal. Todo el proceso fue largo, abrumador y lleno de cosas que no tenía ni idea de cómo hacer. Pero lo conseguí (¡espero que se publique!) y, actualmente, estoy trabajando en dos manuscritos más, y la diferencia es enorme. Todo me resulta más fácil, más rápido, más fluido y con muchas menos dudas susurrando en mi cabeza. Ha sido una curva de aprendizaje increíblemente empinada, pero creo que por fin empiezo a ver la meseta que hay más adelante... o al menos una pendiente más suave.



Figura 12: Yo mismo presentando en el simposio de la facultad de Biología de la Universidad Técnica de Darmstadt. En la pantalla, una foto de grupo del equipo central del SP2, con Karla y Leo.

### Mi tesis doctoral y resultados de investigación

Mi tesis se articula en torno a tres capítulos principales, cada uno de los cuales se está convirtiendo en un manuscrito que espero compartir pronto:

- Artículo sobre descomposición: Ya está enviado, revisado, corregido y devuelto, ¡crucemos los dedos! Estoy realmente orgulloso de este artículo, especialmente después de haber tenido en cuenta los comentarios de los revisores.

- Alcaloides de ranas venenosas y dieta: Estoy esperando los comentarios finales del autor principal (Ralph Saporito, EE. UU.). Sinceramente, nunca pensé que lograría recopilar datos suficientes para escribir ni siquiera la mitad de un manuscrito, así que llegar a esta etapa ya me parece un triunfo. Si se publica, estaré encantado: es una parte pequeña pero significativa de la visión original de ecología química de mi proyecto. No me arrepiento de que el proyecto haya cambiado; al contrario, estoy contenta con la dirección que han tomado las cosas. He podido explorar muchos métodos y temas que no habría abordado si el proyecto se hubiera mantenido estrictamente en la línea original. Ahora sé mucho mejor cuáles son mis intereses de investigación, cuáles no, en qué soy buena y en qué quiero crecer.

- Artículo sobre la comunidad de artrópodos de la hojarasca: Este artículo analiza cómo los artrópodos de la hojarasca recolonizan las zonas alteradas (PREX) y cómo esto cambia a lo largo de una cronosecuencia de regeneración forestal.

Cada capítulo me sorprendió de diferentes maneras, pero en conjunto me enseñaron que los ecosistemas son mucho más resilientes, pero sobre todo más dependientes del contexto, de lo que jamás hubiera imaginado. Y me recordaron que un diseño experimental creativo y un análisis persistente de los datos pueden llevarte mucho más lejos de lo que los planes iniciales podrían sugerir.

### Reflexiones finales sobre Reassembly

En los últimos cuatro años, he adquirido una combinación inesperada de habilidades: desde logística de campo en bosques tropicales hasta maratones de modelización estadística, desde análisis químicos hasta flujos de trabajo de ecología comunitaria, desde la gestión de colaboraciones hasta simplemente aprender a sobrevivir a conjuntos de datos desordenados y agendas aún más desordenadas. He aprendido a ser más independiente, más flexible y más segura de mi propio criterio científico. He adquirido experiencia en la organización y dirección de equipos, así como en formar parte de ellos de manera funcional y activa. Creo que estas habilidades me acompañarán allá donde vaya, ya sea dentro o fuera del ámbito académico.

Como reflexión final, ha sido una experiencia intensa pero increíblemente enriquecedora: he aprendido mucho, he conocido a gente maravillosa, he descubierto lugares mágicos y he crecido de formas que nunca hubiera imaginado, tanto a nivel profesional como personal. Cada parte de esta experiencia ha dejado huella en mí, y todo ello me acompaña y conforma la persona que soy hoy.



## SP2: Redes tróficas y defensas alcaloides: ranas y fauna del lecho vegetal

Karla Neira Salamea

MfN/HU, Berlín - UDLA, Quito

### Detrás de los artículos: un año de ciencia lenta

Hace un año, en diciembre de 2024, escribí en este boletín que había enviado mi primer artículo. En ese momento, el trabajo de campo ya había terminado y comenzó una etapa mucho menos visible del proceso científico: analizar datos, escribir, reescribir y aprender a vivir con un período de espera que en gran medida escapa al control del investigador. Después de nueve meses sin noticias, la primera respuesta de la revista llegó en septiembre. Se solicitaron revisiones importantes. Uno de los revisores proporcionó comentarios muy positivos y constructivos que ayudaron a reforzar el manuscrito. El segundo fue más crítico, cuestionó varias decisiones metodológicas —en particular el uso de una cronosecuencia— y sugirió un enfoque analítico completamente diferente para las comunidades de ranas. No fue una revisión fácil de leer, aunque mi supervisor dijo que no era dura. Pasé un mes trabajando intensamente en la respuesta. No cambié el núcleo del estudio, pero incluí análisis adicionales para demostrar que, incluso utilizando métodos más complejos, los datos contaban la misma historia: la diversidad de ranas aumenta a medida que los bosques se regeneran. El manuscrito ya se ha vuelto a enviar y estoy esperando de nuevo una respuesta.

### Particularidades de una comunidad única

Paralelamente, avancé en el segundo artículo, que examina la diversidad funcional en las ranas. Esta ha sido una parte del proyecto especialmente exigente, pero estimulante, ya que va más allá de documentar cuántas y qué especies están presentes para comprender qué hacen en los ecosistemas y cómo sus rasgos configuran la estructura de la comunidad. En los anfibios, esta perspectiva aún está relativamente poco explorada, lo que ofrece margen para contribuciones innovadoras a pesar de los retos que conlleva. Además, la taxonomía y la filogenia de las ranas, en constante evolución, con la descripción de nuevas especies y la revisión frecuente de las relaciones evolutivas, añade complejidad, pero también ofrece una valiosa oportunidad para producir investigaciones oportunas e impactantes.

Cuando comenzamos el proyecto, esperábamos que las ranas venenosas fueran las protagonistas principales. Supusimos que sus toxinas y sus interacciones con los artrópodos de la hojarasca estructurarían gran parte de la dinámica ecológica. Sin embargo, el bosque nos reveló una realidad diferente. Las comunidades están fuertemente dominadas por ranas del género *Pristimantis*. Este grupo muestra una enorme diversidad y una fuerte radiación adaptativa en el Chocó. Comprender quiénes son estas ranas, cómo viven y qué necesitan ha sido uno de los mayores retos del proyecto.

Durante mi tesis de licenciatura, pensé que su éxito se debía principalmente al hecho de que no dependen de cuerpos de agua para reproducirse, y en parte esto es cierto. Las ranas *Pristimantis* han logrado colonizar una amplia gama de entornos, desde tierras bajas hasta ecosistemas de páramo. Sin embargo, ahora sé que esta explicación es incompleta. Su amplia distribución no significa que tengan requisitos simples. Las *Pristimantis* dependen de suelos húmedos, microhábitats estables y condiciones muy específicas para proteger sus huevos. Lejos de ser ranas «simples», dependen de un equilibrio ambiental muy delicado y parecen regular gran parte de lo que ocurre en el bosque.

El tercer artículo se centra en la dieta de las ranas que viven entre la hojarasca. Preguntas aparentemente sencillas han revelado una complejidad notable. Las ranas consumen una sorprendente diversidad de invertebrados, que van desde unas pocas presas relativamente grandes hasta cientos de organismos diminutos, como ácaros, colémbolos,

pequeñas hormigas e incluso caracoles. Una de las principales limitaciones es que muchos de estos organismos no han sido descritos formalmente y pueden incluso ser nuevos para la ciencia, lo que hace que su identificación e interpretación ecológica sean especialmente difíciles. A pesar de ello, su dieta ayudará a revelar parte de la red de interacciones que sustenta el bosque desde la base. Este último artículo pretende cerrar el círculo del proyecto vinculando comunidades, funciones e interacciones.

Todo esto pone de relieve cuánto queda aún por descubrir, ya sea en el estudio de la ecología de las ranas o en la búsqueda de los especialistas necesarios para arrojar luz sobre sus procesos desconocidos. Es un viaje desafiante, pero también verdaderamente inspirador.

### Nuevas conexiones, nuevos horizontes

Este año también hubo importantes oportunidades para el intercambio. Asistí a la Conferencia Europea sobre Ecología Tropical como parte del equipo Re-assembly, así como al primer Congreso Ecuatoriano de Herpetología en Loja. Compartir experiencias con otros científicos, especialmente con investigadores que están iniciando su carrera, fue muy estimulante. En ese contexto, noté una clara brecha entre la ecología y la herpetología como disciplinas. Las ranas (y otros anfibios y reptiles) rara vez se discuten en las conferencias de ecología, y los procesos ecológicos rara vez son el tema central en las reuniones de herpetología. Todavía hay mucho por integrar y comprender.

Otro momento destacado de este año fue mi elección como miembro de la junta directiva de la recién creada Red Ecuatoriana de Herpetología (REH). Asumo este cargo con entusiasmo y con la esperanza de contribuir a una comunidad herpetológica más conectada y colaborativa.



Figura 13: Presentando mi investigación en la primera Conferencia Ecuatoriana de Herpetología en Loja, Ecuador.

En medio de todo esto, ocurrió algo completamente inesperado. Parte de mi trabajo fue publicado en la revista GEO Magazine Germany, que se interesó por la investigación sobre las ranas forestales y por las fotografías tomadas sobre el terreno por el fotógrafo de naturaleza Javier Aznar. Una foto mía tomada por él fue compartida posteriormente por National Geographic en su cuenta de Instagram. Fue sorprendente ver hasta dónde llegó este trabajo y ser testigo del interés de personas de muy diferentes orígenes por las ranas, los bosques y la conservación. Esta experiencia reforzó la idea de que la ciencia puede tener un impacto más allá del ámbito académico cuando conecta con un público más amplio.



## Cerrar un capítulo, abrir el siguiente

Orientar a los estudiantes también fue una parte importante de este viaje, aunque no siempre fuera visible. Oficialmente, supervisé a un estudiante ecuatoriano de licenciatura y disfruté sinceramente apoyando su proceso de aprendizaje. Extraoficialmente, también trabajé en estrecha colaboración con estudiantes de maestría. Debatir ideas, ofrecer comentarios y adquirir conocimientos juntos es parte del trabajo académico que realmente disfruto, como reflejan los comentarios muy positivos de los estudiantes a los que asesoré. Me hubiera encantado tener la oportunidad de supervisar formalmente a más estudiantes, ya que la enseñanza es uno de los aspectos más gratificantes de este trabajo: compartir conocimientos mientras se aprende juntos.

Después de superar los retos analíticos, metodológicos y logísticos del proyecto, ahora siento una gran confianza: sé que soy capaz de llevar a cabo trabajos complejos y sostener procesos largos e inciertos. Este proyecto también me proporcionó las herramientas y el criterio necesarios para abordar futuros trabajos con mayor independencia y claridad.

Trabajar con Reassembly me permitió estudiar la ecología de las ranas en los bosques tropicales de la costa de Ecuador, exactamente el trabajo que imaginaba hacer cuando era estudiante universitaria. Esto significó aprender a ajustar preguntas, trabajar dentro de limitaciones y comprender sistemas muy diversos, perspectivas que darán forma a cualquier trabajo futuro que emprenda. Este boletín marca el final de una fase del proyecto, aunque no de forma abrupta. Me llevo conmigo herramientas analíticas, experiencia de campo, lecciones sólidas y colaboraciones valiosas, así como una comprensión más clara de los bosques en los que trabajé y de cómo abordar las cuestiones ecológicas en los sistemas tropicales. Más allá del trabajo científico, me llevo conmigo profundas amistades que surgieron durante este proyecto y que se extendieron mucho más allá de Canandé, amistades basadas en el trabajo compartido, el apoyo mutuo y la confianza, y que sé que perdurarán mucho más allá de esta etapa.





## SP3: Interacciones entre plantas y polinizadores

Ugo Mendes Diniz, Universidad Técnica de Múnich

### El final (y el nuevo comienzo) del SP3

Tras cinco largas y productivas campañas de trabajo de campo, 500 trampas, 25 000 insectos, 4000 interacciones y lo que probablemente hayan sido cientos de horas de limpieza de datos (aún sin terminar) y análisis, el SP3 se acerca al final de su primera fase. No podría estar más satisfecho con lo que hemos logrado en estos años, especialmente en lo que respecta a la representatividad y la calidad del conjunto de datos taxonómicos recopilados. Este logro solo ha sido posible gracias a los increíbles conocimientos entomológicos y bioinformáticos de mis supervisores, Sara Leonhardt, Alex Keller y Gunnar Brehm, de quienes he aprendido mucho. Hasta ahora, esta increíble cantidad de datos nos ha proporcionado información no solo sobre la resiliencia de las comunidades de polinizadores y sus redes de interacción (¡manuscrito final en preparación!), sino que también ha arrojado luz sobre algunos aspectos de la ecología de la polinización que no esperábamos en un principio.

Por ejemplo, pudimos ampliar los conocimientos sobre la ecología de las abejas nocturnas (*Megalopta*) al proporcionar información sobre su dieta a partir de datos moleculares sobre el polen y el primer informe sobre el efecto de la pérdida de hábitat en este grupo funcional de abejas, tan esquivo como fascinante: **La baja resiliencia de las abejas nocturnas a la deforestación se ve contrarrestada por una amplia gama de recursos y su dependencia de las especies pioneras.** *Apidologie*, 2025.

Ya que seguimos hablando de los polinizadores nocturnos, también podríamos mostrar cómo las polillas sedentarias, un grupo funcional megadiverso de polillas que normalmente se descuida en los estudios sobre polinización, representan una gran proporción de las interacciones con las plantas, y pueden incluso considerarse polinizadores clave que mejoran la conectividad de la red: **Los polinizadores descuidados: las polillas sedentarias son visitantes florales clave, esenciales para la conectividad de la red y la recuperación de los bosques tropicales.** *Actas de la Royal Society B*, 2025. Este artículo ha aportado una buena representación de nuestro conjunto de datos final sobre polinizadores e interacciones:

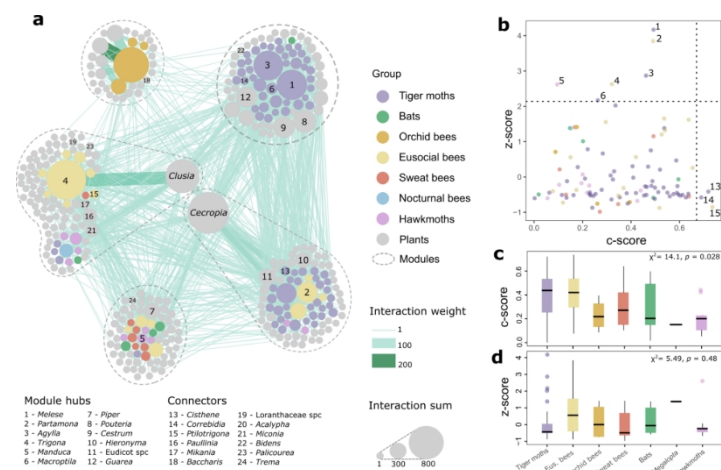


figura 14: La red de interacción entre polinizadores y géneros de plantas que recopilamos en Canandé y Tesoro Escondido. Obsérvese la importancia de estas polillas sedentarias (polillas tigre) y cómo conectan diferentes módulos de la red (partes de la red donde las interacciones son más fuertes, círculos punteados). Tienden a tener una puntuación c alta (lo bien que conectan los módulos) y una puntuación z alta (lo bien que conectan su propio módulo).

Además, al utilizar nuestro ingenioso método del arco y la flecha para colocar trampas en el dosel, también pudimos observar la gran relevancia de la estructura vertical del bosque como impulsora de las comunidades de polinizadores y las redes de interacción, ya que muchos polinizadores parecen encontrarse en los doses (preparando

para volver a enviarlo). Junto con los estudiantes, también pudimos demostrar cómo se recuperan los recursos florales a lo largo de la cronosecuencia (enviado) y mejorar los modelos alométricos para predecir la longitud de la probóscide de las abejas tropicales, lo que espero que sea muy valioso para futuras investigaciones sobre las abejas: **Mejora de los modelos alométricos para estimar la longitud de la probóscide de las abejas tropicales.** *Biological Journal of the Linnean Society*, 2025.

Aunque todavía se está trabajando en el manuscrito sintético en el que pretendo reunir los mensajes principales del SP3 (es evidente que se produjo una procrastinación productiva con los artículos mencionados anteriormente), creo que el subproyecto ha concluido su misión con éxito. Hemos podido demostrar que los polinizadores, esos pequeños seres hermosos y valiosos que a menudo damos por sentados, pueden soportar un duro golpe en lo que respecta a la pérdida de hábitat (algunos grupos más que otros). Sin embargo, la escasa cobertura forestal y la pérdida de bosques primarios antiguos con copas densas pueden tener efectos duraderos en estos animales, sus redes de interacción y, en última instancia, la continuidad de la polinización en el paisaje. Ahora, el SP3 puede continuar con la fase 2 con un nuevo enfoque para el muestreo de insectos, nuevas parcelas e ideas renovadas para el muestreo de recursos florales. Me despidió del proyecto, pero no sin haber aprendido algunas lecciones:

- Mantener los datos limpios y legibles es **DIFÍCIL** y debe hacerse desde el primer día de la recopilación de datos (la gente MIRARÁ tus datos y acabará confundida).
- Las trampas nido se enmohecen **MUY** rápido y solo atraen avispas (no recomendable).
- Le debemos mucho más a los bosques (y a las sabanas, praderas y humedales...) de lo que creemos, y a las personas que viven de ellos y los protegen.
- El trabajo de campo en la selva tropical es duro y a menudo resulta desalentador cuando estás allí, pero puede convertirse en el mejor momento de tu vida cuando lo recuerdas.
- Una unidad de investigación colaborativa como Reassembly es probablemente una de las mejores cosas que le pueden pasar a un investigador que está empezando su carrera.

También me despidió con enorme gratitud de mis supervisores y de las muchas personas que han hecho posible este proyecto: Jender, Katrin, Julio, Lady, Bryan, Leo, Jeff, Yadira, Adriana, Sabine, Kathi, Julia, Kilian, Maxi, Kevin, Annika, mis colegas de Freising y muchos otros. Al próximo estudiante que se haga cargo del SP3, ¡mucho suerte y muchas abejas! (y polillas, y murciélagos, y colibríes...).

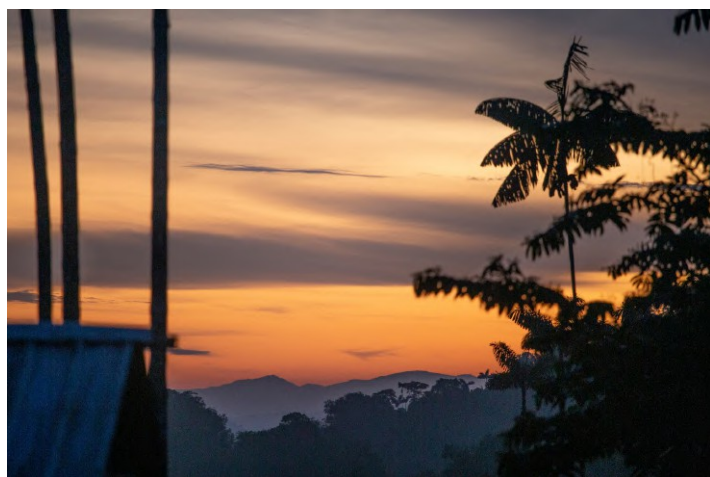


Figura 15: Puesta de sol en el Chocó, frente a la casa de Yadira en Tesoro Escondido. Foto: Shao Xiong Chui





## SP4: La dispersión de semillas y su importante papel en la recuperación forestal

**Anna Rebello Landim, Centro de Investigación y Biodiversidad Senckenberg**

Tras dos años de trabajo de campo y un año dedicado al análisis de datos y la redacción de manuscritos, 2025 fue un año de finalizaciones. Mi trabajo se centró en completar los análisis de los datos recopilados entre 2022 y 2023 y finalizar los manuscritos derivados de ellos. Publiqué con éxito los dos primeros capítulos de mi tesis doctoral y presenté el tercero. También entregué mi tesis doctoral, cerrando así una etapa importante de mi investigación sobre la recuperación de las interacciones y funciones de dispersión de semillas en los bosques tropicales.

### Participación en conferencias

En febrero asistí a la Conferencia Europea de Ecología Tropical en Ámsterdam (24-28 de febrero), donde presenté una ponencia titulada «*Cómo las interacciones en la dispersión de semillas impulsan la recuperación de los bosques tropicales*» (fig. 15). Mi presentación formó parte de la sesión de Reassembly «Recuperación de los ecosistemas tropicales: Reensamblaje de la diversidad de especies, comunidades e interacciones». Fue inspirador ver cómo los diferentes subproyectos de Reassembly se conectan y complementan entre sí, revelando una visión más amplia de la recuperación de los bosques tropicales. La conferencia también fue una gran oportunidad para volver a conectar con antiguos colegas de Senckenberg, intercambiar ideas y fortalecer colaboraciones.



Figura 15: Anna presentando en la Conferencia Europea de Ecología Tropical, Ámsterdam 2025.

### Publicaciones

**Conectividad funcional de las comunidades vegetales dispersadas por animales (*Actas de la Royal Society B*, 202/).**

En este estudio, desarrollamos un marco de simulación basado en rasgos para explorar la dispersión de semillas mediada por animales entre parcelas forestales. Las simulaciones mostraron que la abundancia y diversidad de semillas disminuían con la distancia respecto a los bosques intactos, mientras que una mayor diversidad de recursos atraía a más aves frugívoras y aumentaba la llegada de semillas. La estructura de la red de dispersión de semillas también influyó en los resultados de la simulación: en redes menos especializadas, donde las especies vegetales comparten dispersores, un conjunto más diverso de semillas llegó a los fragmentos degradados. Estos hallazgos ponen de relieve que la dispersión de semillas entre fragmentos forestales depende tanto de factores locales y paisajísticos como de la estructura de las redes de dispersión de semillas.

Aumentar la diversidad de recursos frutales cerca de los bosques remanentes podría ayudar a atraer a las aves dispersoras de semillas y mejorar la dispersión de semillas en las zonas degradadas.

**Recuperación de la diversidad funcional de las interacciones de dispersión de semillas tras la deforestación (*Current Biology*, 202/)**

Utilizando datos de campo recopilados en las 52 parcelas de Reassembly, investigamos cuánto tiempo tarda en recuperarse la diversidad funcional de las interacciones de dispersión de semillas tras la deforestación. Descubrimos que las interacciones de dispersión de semillas se recuperaban tras aproximadamente dos décadas. Es importante destacar que los tiempos de recuperación eran más largos y más inciertos en los fragmentos forestales menos conectados, lo que indica que la conectividad con las fuentes forestales desempeña un papel clave en la restauración de los procesos ecológicos. Estos resultados muestran que la recuperación de la dispersión de semillas no solo depende de la presencia de especies, sino también del restablecimiento de sus interacciones, y subrayan la necesidad de estrategias de restauración a largo plazo para mantener el funcionamiento del ecosistema.

**Recuperación funcional de la lluvia de semillas (*en revisión*)**

En este estudio, investigamos cómo la estructura forestal local (la complejidad de la vegetación dentro de una parcela) y la conectividad forestal (la cantidad de bosque circundante y la proximidad a rodales antiguos) influyen en la recuperación funcional de la lluvia de semillas mediada por las interacciones de dispersión de semillas. Los análisis mostraron que la estructura forestal local afectaba principalmente a la diversidad funcional de la lluvia de semillas: los bosques estructuralmente complejos albergaban interacciones diversas, lo que a su vez aumentaba la diversidad funcional de las semillas dentro de una parcela. La conectividad forestal, por otro lado, influía en la composición funcional de la lluvia de semillas. Las parcelas forestales conectadas albergaban más interacciones con animales de gran tamaño y recibían más semillas grandes de especies vegetales de hábitats en fase de sucesión tardía. En conjunto, estos hallazgos indican que la estructura forestal local y la conectividad a nivel del paisaje configuran aspectos distintos pero complementarios de la recuperación funcional de la lluvia de semillas. Por lo tanto, las estrategias de restauración de los bosques tropicales deben tener en cuenta ambas escalas espaciales para garantizar el restablecimiento de las interacciones y funciones de dispersión de semillas.



Figura 17: ¡Extrañando el Chocó! Foto de Eike Lena Neuschulz.





## SP4: Conjuntos de murciélagos y redes de dispersión de semillas

Santiago Erazo, Universidad de Ulm, Alemania – PUCE, Quito, Ecuador

### Cada vez más cerca

En nuestras vidas, al igual que en los ecosistemas, el cambio es la única constante. Estamos sujetos a cambios dinámicos, impulsados, entre otras cosas, por modificaciones en nuestro entorno físico y social. Al igual que las diferentes especies y comunidades que estudiamos, tenemos que adaptarnos y encontrar un equilibrio ante los cambios y retos que surgen. Pero entendemos que para llegar allí, tenemos que pasar por un proceso cuyo éxito —por usar una palabra que suele acompañar a nuestras respuestas científicas— «depende» de muchos factores. Algunos estarán a nuestro alcance y podremos gestionarlos lo mejor posible, pero siempre habrá factores que no podamos controlar o que escapen a nuestro control.

Este año, el cambio principal fue mudarme a Ulm, Alemania, para continuar analizando mis datos y escribiendo los artículos correspondientes. Este cambio trajo consigo nuevos retos y un nuevo proceso que estoy aprendiendo a gestionar y superar. Este proceso puede ser enriquecedor, pero también puede jugar en nuestra contra, especialmente en lo que respecta al tiempo. El tiempo es infinito, pero nuestro tiempo para experimentar, aprender, enseñar, compartir, para «vivir» es limitado y relativo. ¿Cómo no hablar del tiempo? Sabiendo que parte de nuestro proyecto es comprender los procesos ecológicos a lo largo del tiempo. Además, curiosamente, vivo en Ulm, la ciudad donde nació Albert Einstein, autor de la Teoría de la Relatividad.

En general, puedo decir que cada vez estoy más cerca, disfrutando y aprendiendo por el camino. Aunque soy consciente de que aún me queda mucho trabajo por delante, considero que ha sido un año productivo. Además de trabajar en mi investigación, he tenido la oportunidad de seguir colaborando con otros subproyectos en la elaboración de diversas publicaciones, lo que ha supuesto una contribución adicional al proyecto en su conjunto.

### Mi proyecto de investigación

Los ecosistemas y las comunidades biológicas cambian constantemente a medida que cambian las condiciones ambientales y biofísicas. Las actividades humanas pueden alterar, acelerar o limitar estos cambios naturales, y sus efectos sobre la biodiversidad pueden ser complejos e incluso contradictorios. La pérdida de hábitats como resultado de las actividades humanas es una de las principales amenazas a las que se enfrentan los ecosistemas y la biodiversidad. Concretamente, las selvas tropicales están sufriendo una rápida pérdida de hábitats, con grandes extensiones de tierra transformadas en tierras agrícolas. Este cambio en el uso del suelo puede provocar cambios estructurales y funcionales en el ecosistema y sus comunidades biológicas. Ante estas amenazas, uno de los retos de la ecología y la conservación es comprender los procesos de cambio y recuperación de la biodiversidad. En este contexto, el objetivo principal de nuestra investigación es examinar la recuperación composicional de las comunidades de murciélagos filostómidos y la red de dispersión de semillas en los bosques tropicales de las tierras bajas del Chocó, en el noroeste de Ecuador. A continuación, presentaremos los principales resultados de nuestra investigación obtenidos hasta el momento.

En el estudio, con un esfuerzo de muestreo de 5138 horas de redes de niebla en 185 noches de captura, capturamos 2558 individuos de 42 especies de la familia Phyllostomidae. Examinamos la recuperación composicional de las comunidades de murciélagos filostómidos a lo largo de un gradiente de regeneración, dentro y entre los legados de uso del suelo (pastizales y plantaciones de cacao). Entre los principales resultados, encontramos que el legado del uso del suelo influye en el patrón de recuperación de la diversidad de los murciélagos filostómidos. El legado del cacao alcanzó la diversidad media global en su regeneración temprana (< 15 años), mientras que el

El legado de los pastos lo alcanzó en su fase tardía de regeneración ( $\geq 15$  años). Además

más, la diversidad de las plantaciones de cacao es la única categoría que no

difieren de la diversidad de los bosques primarios. Esto puede atribuirse al hecho de que su estructura forestal, aunque simple, es estable y puede generar un equilibrio relativo en su diversidad. No obstante, al evaluar la composición de la comunidad, observamos que las plantaciones de cacao y los pastizales no difieren entre sí, pero ambos difieren de los bosques primarios. El bosque primario es significativamente diferente de todos los gradientes de regeneración. Sin embargo, observamos que su diferencia con respecto al bosque primario disminuye en las categorías de regeneración tardía tanto de los pastizales como de las plantaciones de cacao.

Evaluamos la red de dispersión de semillas. Fue posible identificar más de 1000 interacciones (murciélago-semilla) entre 21 especies de murciélagos y 44 tipos de semillas. Todavía estamos trabajando en los análisis; sin embargo, los resultados preliminares mostraron que el legado del uso del suelo también influye en la red de dispersión de semillas. Esta investigación contribuye a una mejor comprensión de la recuperación composicional de las comunidades de murciélagos filostómidos y de la red de dispersión de semillas en los sistemas tropicales modificados por el ser humano, un conocimiento importante para generar planes de gestión antes y después de las modificaciones humanas.

### Un viaje llamado Reensamblaje

Este viaje llamado Reassembly resultó estar lleno de experiencias, aprendizaje y crecimiento, tanto personal como profesional. El escenario principal y punto de partida de este viaje fue Canandé, Esmeraldas, en las selvas tropicales de las tierras bajas del Chocó, al noroeste de Ecuador. Este ecosistema megadiverso nunca dejó de sorprendernos con sus hermosos paisajes, cascadas y puestas de sol. El escenario estaba rodeado de pequeños pueblos mágicos como Hoja Blanca y La Yuca.

La estructura de Reassembly, compuesta por un grupo multidisciplinario y multicultural, dio lugar indirectamente a una especie de «red ecológica», formada por diferentes módulos o subproyectos, con distintos niveles de interacción y especialización. El tipo y el grado de interacción pueden depender de muchos factores, al igual que las interacciones ecológicas dependen de una combinación de factores, como los rasgos funcionales y el nicho ecológico. En Reassembly, nuestras interacciones fueron diversas y complejas, e involucraron a personas de diferentes disciplinas, países y culturas. Como parte del proceso, fue posible trabajar con personas de la comunidad en diferentes etapas del proyecto. En general, pudimos conocer e interactuar con personas maravillosas, lo que lo convirtió en un proceso de aprendizaje para todos.



Figura 18: Reensamblaje al atardecer - Canandé, Esmeraldas, Ecuador



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

Eva Tamargo López, Universidad de Marburgo

### Reensamblaje-SP5 Conclusión

2025 ha sido un periodo de transiciones y cierres para nuestro equipo. Hasta la fecha, seis estudiantes de máster han defendido con éxito sus tesis y se han graduado dentro del equipo Reassembly SP5 durante la primera fase del proyecto, y el último estudiante de máster está a punto de terminar de presentar la suya. Gracias al trabajo dedicado de Lady Condoy, Miguel Tacuri, Elis Martinelli, Lukas Werner, Franziska Scheele, Claudia Eberspach, Niko Ioannidis, Stella Drechsler y Marko Hugel, hemos adquirido conocimientos sobre:

- 1) Cómo se recuperan las comunidades de plántulas de árboles a lo largo de una cronosecuencia forestal en el Chocó ecuatoriano, y cómo esta recuperación está relacionada con el uso anterior del suelo, tanto en lo que respecta a las características taxonómicas como funcionales.
- 2) La influencia de las comunidades de árboles adultos en la recuperación de individuos de la misma especie dentro de las comunidades de plántulas;
- 3) Los impactos de las perturbaciones antropogénicas y la exclusión de mamíferos terrestres en el establecimiento de plántulas de árboles, cuando se controlan las condiciones locales y del paisaje (fig. 1y).
- 4) La recuperación de las comunidades de artrópodos a lo largo de la cronosecuencia.
- 5) El papel del paisaje y las condiciones locales en la configuración de las interacciones entre árboles, plántulas y herbívoros.

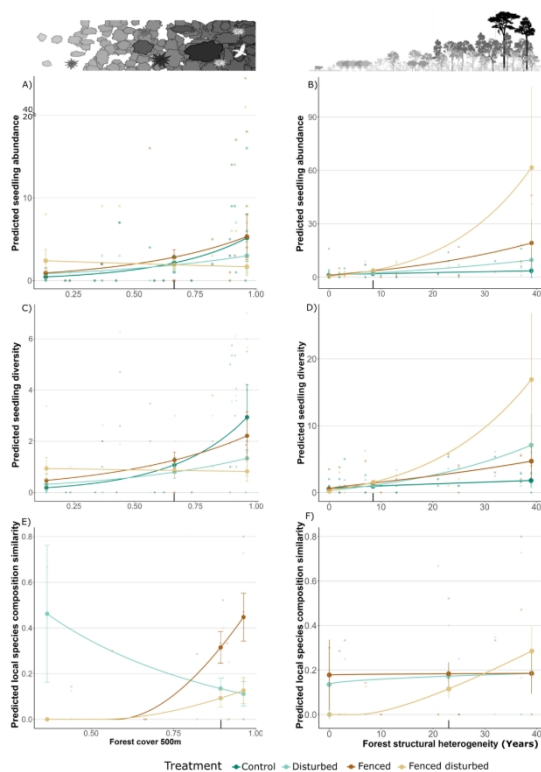


Figura 1y: Influencia de las condiciones del paisaje (cobertura forestal de 500 m) y locales (heterogeneidad estructural del bosque) en la abundancia de plántulas de árboles (figuras A y B), la diversidad de especies (figuras C y D) y la similitud en la composición de especies entre los tratamientos de la parcela (E y F). Los tratamientos experimentales se determinan con colores, y la mediana de la cobertura forestal y la heterogeneidad estructural del bosque en las parcelas se marcan con una línea vertical en el eje X. Los errores estándar se muestran con bigotes en el punto más bajo, más alto y mediano de la variable independiente.

Todo este trabajo en equipo, junto con la orientación de Nina Farwig, Katrin Heer y Sybille Unsicker, en colaboración con María José Endara y David Donoso, ha dado lugar a la presentación de una publicación que informa sobre la recuperación diferencial de las comunidades de plántulas de árboles según el uso anterior del suelo del bosque en el que se establecen. Además, hemos redactado un segundo artículo que se centra en la influencia del paisaje y las condiciones locales en la recuperación de las comunidades de plántulas de árboles en relación con el experimento P-REX. En él se explica cómo estas condiciones locales y del paisaje pueden tener efectos tanto directos como indirectos (a través de la lluvia de semillas) en las comunidades de plántulas de árboles en recuperación. Trabajar en estos borradores nos ha enseñado la paciencia que a veces se requiere en nuestras carreras, emociones mezcladas con la emoción de aprender nuevas metodologías estadísticas, como los modelos de ecuaciones estructurales. También ha aumentado mi conocimiento sobre cómo los rasgos funcionales dan forma a las comunidades de árboles en todas las etapas de la vida, desde la semilla hasta la plántula y el adulto.

### SP5 Roadshow: conferencias sobre ecología tropical en 2025

Superando mis miedos, 2025 resultó ser un año lleno de exposición y crecimiento. En febrero, pudimos presentar nuestro trabajo en la conferencia GTO celebrada en Ámsterdam, junto con la mayor parte del equipo de Reassembly. Fue una experiencia divertida y significativa para mí, ya que participé en la organización de una sesión de la conferencia, en la que predominaron las charlas de la unidad Reassembly. ¡Nuestra sesión despertó tanto interés que la sala asignada se desbordó! Tras este éxito, tuve la oportunidad de asistir a la ATBC en julio (fig. 20). Fue una experiencia importante para mí, ya que es la conferencia más grande a la que he asistido hasta ahora, y me inspiró ver a expertos que centran su trabajo no solo en la ciencia, sino también en sus aplicaciones para la conservación de la naturaleza. Participar en una conferencia de este tipo me permitió entrar en contacto con expertos de la comunidad latinoamericana, lo que me hizo volver con ideas y perspectivas nuevas que no había considerado antes.



Figura 20: Presentación en la ATBC en Oaxaca, México

### Mis mejores deseos para la segunda fase.

Junio estuvo repleto de buenas noticias. Tras muchos preparativos, llevamos a los revisores de la DfG hasta los bosques ecuatorianos del Chocó, en Canandé, para mostrarles de primera mano todo el trabajo que el equipo de Reassembly ha estado realizando en este increíble ecosistema (fig. 21). Esa semana estuvo llena de estrés, planificación y trabajo duro, pero también de esperanza y trabajo en equipo. Fue reconfortante darme cuenta de que los profesores también tienen un lado humano: ¡ellos también pueden ponerse nerviosos y necesitan practicar! Al mismo tiempo, también vi lo que es formar parte de un equipo que se apoya mutuamente, que da feedback y apoyo. Todo el estrés valió la pena al final, cuando recibimos la increíble noticia de que el proyecto se prolongará con cuatro años más de financiación para todos los subproyectos.





Figura 21: Excursión a la parcela de cacao para mostrar a los revisores el seguimiento de las plántulas de árboles.

Tengo muchas ganas de ver adónde nos lleva esta nueva fase, las aventuras que nos esperan, y estoy dispuesto a dar lo mejor de mí para ayudar a que la próxima fase de reensamblaje sea aún mejor. Y, por supuesto, ¡estoy listo para volver a ver el impresionante bosque del Chocó!

### Últimos objetivos

Mi objetivo principal ahora mismo está bastante claro: ¡terminar mi tesis doctoral! Eso incluye completar el segundo y tercer manuscritos para su presentación. Así que, ¡estad atentos a las próximas novedades!

## SP7:Madera e insectos saproxílicos

Nina Grella, Universidad de Bayreuth

### Conferencias e intercambio científico

Mi último año comenzó con la Conferencia Europea de Ecología Tropical (GTÖ) en Ámsterdam, donde presenté nuestro trabajo sobre «Factores que influyen en la distribución de hormigas y termitas aladas durante los vuelos nupciales a lo largo de un gradiente de recuperación de bosques tropicales». En este segundo capítulo de mi tesis doctoral, demostramos que las hormigas y las termitas no se limitan a dispersarse en bosques de diferentes edades de regeneración durante los vuelos nupciales. Sin embargo, tras la fundación de la colonia, descubrimos que la edad del bosque influye en las comunidades de hormigas, pero no en las de termitas. Mediante el análisis de las etapas de dispersión y sedentarismo de estos insectos sociales, demostramos que el filtrado del hábitat parece desempeñar un papel importante en la formación de comunidades de especies tras las perturbaciones, más que la limitación de la dispersión.

Más adelante, en septiembre, viajé a Würzburg para asistir a la reunión anual de la Sociedad Ecológica de Alemania, Austria y Suiza (GfÖ). Allí presenté los resultados de mi investigación sobre «La especialización en madera muerta y los patrones de coocurrencia de insectos saproxílicos a lo largo de un gradiente de regeneración forestal tropical». En este tercer capítulo de mi tesis doctoral, demostramos que la diversidad de hormigas, termitas y escarabajos saproxílicos (que habitan en madera muerta) se recupera con la edad de regeneración del bosque. También demostramos que las redes de los tres taxones de insectos con cinco especies diferentes de árboles hospedadores mantienen altos niveles de especialización independientemente de la edad de regeneración. Además, discutimos los patrones de coocurrencia de hormigas, termitas y escarabajos en la madera muerta, mostrando que la mayoría de las especies coexisten de forma neutral en la madera muerta.

Más allá de las presentaciones en conferencias, gran parte de 2025 se dedicó a transformar meses de trabajo de campo y análisis para estos dos proyectos en manuscritos publicados. En el último mes de 2025, comencé la tarea de redacción más importante de mi doctorado: sintetizar cuatro años de investigación, innumerables observaciones de campo y múltiples manuscritos en una tesis doctoral coherente.

### Sorpresas y nuevas perspectivas

Cuando empecé este doctorado, imaginaba la recuperación del ecosistema como un proceso relativamente sencillo: limpiar la tierra, dejar de utilizarla para la agricultura y los árboles volverían a crecer, trayendo consigo animales y otros organismos. Pero la realidad es más complicada, y encontrar explicaciones para los patrones observados fue a veces más difícil de lo que imaginaba.

También me ha sorprendido gratamente el poder del trabajo de síntesis y la investigación colaborativa. La capacidad de combinar datos de todos los equipos de nuestro proyecto nos ha permitido abordar cuestiones que ningún investigador podría abordar por sí solo. Cuando reunimos información sobre plantas, insectos, vertebrados y procesos ecosistémicos, podemos empezar a captar las múltiples dimensiones de la regeneración forestal y trazar un panorama más amplio que el que nos ofrecen las observaciones individuales que realizamos sobre el terreno.

### Cuatro años de aprendizaje y crecimiento

Estos cuatro años me han transformado de formas que no podía haber previsto. Si bien mis estudios de licenciatura y maestría me introdujeron en la investigación y me proporcionaron habilidades técnicas, fue durante el doctorado cuando realmente interioricé el método científico. Ahora entiendo lo que significa formular hipótesis, diseñar experimentos, lidiar con datos ambiguos, revisar interpretaciones basadas en nuevas pruebas y sacar conclusiones con la humildad adecuada sobre lo que podemos y no podemos afirmar que sabemos.



Figura 22: Nina presentando en la conferencia GfÖ.

Pasar largos periodos de tiempo sobre el terreno me enseñó lo frágiles que son estos bosques ante las perturbaciones humanas y su extraordinaria capacidad de recuperación cuando se les da la oportunidad. Ninguna lectura habría podido transmitirte estas lecciones. Estoy muy agradecido por la valiosa oportunidad de experimentar la impresionante belleza de la selva tropical del Chocó, despertarme con los gritos de los monos aulladores, ver cómo la niebla se eleva desde las copas de los árboles al amanecer y seguir los rastros de las hormigas cortadoras de hojas que procesan la vegetación.

Vivir y trabajar en Ecuador ha sido igualmente transformador. He sido acogida en una rica cultura, he entablado amistades que trascienden las barreras del idioma y he adquirido perspectivas que influirán en mi enfoque de la conservación y la investigación a lo largo de mi carrera. La naturaleza colaborativa del proyecto REASSEMBLY me ha demostrado que la buena ciencia surge del trabajo en equipo, de la combinación de perspectivas, habilidades y conocimientos diversos.

Al cerrar este capítulo de mi vida, me llevo conmigo no solo datos y publicaciones, sino también una comprensión transformada de la ecología, de la práctica científica y de mis propias capacidades.





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

Ana Sofia Falconí López, Julius-Maximilians-Universität Würzburg

## Los últimos pasos de mi trayectoria doctoral

El año 2025 marcó un año de transiciones, tanto a nivel científico como personal y geográfico. La mayor transición tuvo lugar en febrero de 2025, cuando me mudé de Ecuador a Alemania, no para una estancia breve, sino para cerrar un capítulo muy significativo. Este año ha sido un viaje en todos los sentidos de la palabra. Tras años de trabajo de campo, innumerables horas observando escarabajos, hongos y trozos de madera muerta en todo el Chocó ecuatoriano, y muchos meses de análisis de datos y redacción, este fue el año en el que todo finalmente encajó. Pasé la mayor parte del tiempo entre los últimos pasos de mis manuscritos, las discusiones con el equipo de REASSEMBLY y el empujón final para terminar mi tesis *«Comunidades de especies a lo largo de un gradiente de recuperación en los trópicos, con especial atención a la madera muerta»* (fig. 23).

Mi charla en la sesión REASSEMBLY, rodeado de colegas cuyo trabajo había seguido desde el inicio del proyecto. Ver cómo encajaban nuestros subproyectos — hormigas, termitas, aves, hongos, escarabajos, madera muerta, abejas, plántulas— hizo que el «panorama general» de la recuperación de los bosques tropicales fuera más vívido y significativo. También fue una oportunidad maravillosa para reencontrarme con viejos amigos y conocer a nuevos colaboradores que comparten mi pasión por la ecología tropical (fig. 24).



Figura 23: Defensa de tesis

Como parte del equipo SP7, mi trabajo se centró en comprender cómo interactúan entre sí los diferentes grupos saproxílicos (escarabajos y hongos) y cómo estas interacciones determinan la descomposición de la madera durante la recuperación forestal. Al igual que mi colega que trabaja con termitas y hormigas, me fascinó lo dinámicas, interconectadas y sorprendentes que pueden ser las comunidades de madera muerta cuando se observan de cerca.

## Participación en conferencias

Uno de los momentos más destacados del año fue la asistencia a la Conferencia Europea de Ecología Tropical en Ámsterdam. Fue muy inspirador presentar



figura 24: Conferencia GTÖ en Ámsterdam

## Defensa de la tesis y momentos especiales

El momento más memorable del año fue, sin duda, la defensa de mi tesis doctoral. Tuve la increíble suerte de que mi familia pudiera viajar a Alemania para estar conmigo ese día, algo que siempre recordaré con cariño. Compartir ese día con ellos, mis supervisores y amigos hizo que el logro se sintiera mucho más grande que un hito académico: se sintió como una victoria compartida (fig. 25).



Figura 25: En la defensa de mi tesis doctoral, junto con mi familia y mi supervisor.

Otro momento muy especial fue cuando mis colegas del Parque Nacional del Bosque Bávaro y de la Universidad de Würzburg me sorprendieron con un birrete hecho a mano, manteniendo viva una tradición que yo





que admiraba desde hacía mucho tiempo. El sombrero incluía pequeños detalles de mi trabajo de campo en Ecuador —pequeños escarabajos, hongos, vacas, árboles de cacao e incluso trozos de madera muerta pintados— que lo hacían aún más significativo. También llevaba pequeños símbolos de mi año en Alemania: excursiones por el bosque bávaro, momentos compartidos con amigos, ferias locales, deportes y todos los momentos que dieron forma a este capítulo final (figs. 25 y 27).



figura 25: Sombrero de graduación



figura 27: El sombrero incluía pequeños detalles de mi trabajo de campo en Ecuador y de mi vida en Alemania este año

## Investigación de 2025

**Hongos que habitan en la madera: diversidad, especialización y agrupación a lo largo de la recuperación**

Si los hongos pudieran hablar, contarían una historia mucho más compleja que un simple «más bosque, más especies». Lo que descubrimos resultó ser mucho más intrincado —y más interesante— que los patrones simples que esperaba:

1. Los hongos raros aumentaron considerablemente con la recuperación del bosque, pero la diversidad no alcanzó su punto máximo en los bosques antiguos; sorprendentemente, disminuyó ligeramente al final.
2. La especialización de los hongos (quién coloniza qué especies de árboles) se mantuvo notablemente estable a lo largo del gradiente de recuperación. Incluso después de décadas de perturbaciones, la especialización no se perdió.
3. Los patrones de la comunidad siguieron una curva en forma de U: la agricultura y los bosques antiguos mostraron las comunidades de hongos más estructuradas, mientras que los bosques en fase tardía de recuperación eran sorprendentemente «desordenados».
4. En los bosques antiguos predominaban los procesos espaciales (dinámica de parches), lo que significa que los hongos se comportaban como pequeños colonizadores y competidores en un mosaico a pequeña escala de troncos, en lugar de responder principalmente al microclima o a las características del huésped.

**En resumen:** las comunidades fúngicas tropicales son muy diversas, sorprendentemente estables en sus preferencias de hospedadores y moldeadas por sutiles procesos espaciales que persisten incluso después de 40 años de recuperación forestal.

### Escarabajos saproxílicos: abundancia, riqueza y redes de huéspedes a lo largo de la recuperación

Los escarabajos mostraron una historia ligeramente más optimista:

1. La abundancia y la riqueza de especies de escarabajos aumentaron de manera constante con la recuperación del bosque. Los bosques antiguos albergaban la mayor cantidad de escarabajos y la mayor cantidad de especies.
2. La complejidad de la red también aumentó, lo que significa que los bosques en recuperación no solo reconstruyen especies, sino también interacciones ecológicas.
3. Las interacciones poco frecuentes (combinaciones de escarabajos y árboles que solo se dan una vez) reaparecieron en las primeras fases de la recuperación, lo que sugiere que los bosques comienzan a recuperar su estructura ecológica antes de lo esperado.
4. La especialización no disminuyó de forma lineal. En cambio, la agricultura y los bosques de regeneración tardía mostraron la mayor especialización, mientras que los bosques de regeneración temprana y los bosques antiguos eran más generalizados, un patrón no lineal intrigante.
5. Los troncos de madera de baja densidad albergaban una mayor diversidad efectiva, aunque surgieran menos individuos, lo que demuestra que los sustratos «blandos» albergan comunidades de escarabajos más ricas.

**En resumen:** las comunidades de escarabajos se recuperan más rápido de lo esperado, tanto en número como en complejidad, lo que pone de relieve la resiliencia de los ecosistemas tropicales de madera muerta.

### Aspectos destacados

Más allá de la defensa, 2025 incluyó muchos momentos gratificantes: la finalización de mis manuscritos, la profundización de las colaboraciones dentro del SP7 y en todo REASSEMBLY, y la participación en debates que reforzaron la síntesis de nuestros objetivos de investigación más amplios. También fue un año de aprendizaje para navegar por las etapas finales de un doctorado, equilibrando la precisión con el cierre y la emoción con la nostalgia.

### Perspectivas

Al comenzar este nuevo capítulo, espero seguir trabajando en el ámbito de la recuperación forestal, la biodiversidad y las interacciones entre especies, idealmente en los trópicos. Estoy entusiasmado por explorar oportunidades que me permitan seguir contribuyendo a la ciencia sin alejarme del trabajo de campo, la colaboración y la investigación ecológica a largo plazo.

### Agradecimientos

Estoy profundamente agradecido a la comunidad REASSEMBLY por haber moldeado mi crecimiento científico a lo largo de estos años. Un agradecimiento muy especial a mi supervisor y al equipo SP7 por su apoyo, paciencia y entusiasmo. También estoy agradecido al Parque Nacional del Bosque Bávaro por darme la bienvenida.





Me recibieron muy calurosamente. Por último, nada de esto habría sido posible sin el amor y el apoyo constantes de mi familia, tanto la que está en Ecuador como la que estuvo a mi lado el día de mi defensa.



Figura 28: El equipo SP7 y mis colegas en el Parque Nacional del Bosque Bávaro



## Imprimación

Este es un producto de la Unidad de Investigación 5207 de la DfG, Reensamblaje de redes de interacción entre especies.

Para más información, consulte <https://www.reassembly.de/> o póngase en contacto [coninfo@reassembly.de](mailto:coninfo@reassembly.de). Diseño: Carsten Dormann. Editora: Edith Villa Galaviz. Contenido: tal y como aparece en cada artículo. El contenido es propiedad intelectual de la DfG fOR 5207. Todas las fotografías están sujetas a los derechos de autor de los autores o, si no se indica ningún autor, de la Unidad de Investigación.

*Diseño en LATE X, con la fuente de código abierto Egenolff-Berner Garamond de Georg Duffner (<http://www.georgduffner.at/ebgaramond/>). Póngase en contacto con Reassembly para obtener la plantilla.*



Foto NB y EVG