



Revista Ecología y desarrollo sostenible

Volumen 7, Número 1, 2025

Memoria VIII Simposio Biología Tropical
Escuela de Ciencias Biológicas- Universidad Nacional

Heredia, Costa Rica
28 de noviembre 2025



ISSN: 2953-7657

ESCUELA DE
CIENCIAS BIOLÓGICAS
| UNIVERSIDAD LATINA DE COSTA RICA

ULATINA
Powered by Arizona State University





**Revista Ecología y
desarrollo sostenible**

ISSN: 2953- 7657

Comité Organizador y Científico

M.Sc. Carolina Esquivel Dobles

M.Sc. Tania Bermúdez Rojas

Apoyo Estudiantil

Emily Solano Masis

Gerald Vega Campos

Ginger Bodra Jiménez

Comité Científico

Dr. Meyer Guevara Mora

Dr. Roberto Cordero Solórzano

M.Sc. Carolina Esquivel Dobles

M.Sc. Tania Bermúdez Rojas

Editor en jefe y diagramación

Lic. Daniel Rodríguez García



**Revista Ecología y
desarrollo sostenible**





Mensaje del editor

La **Revista Ecología y Desarrollo Sostenible** es una herramienta de divulgación del quehacer científico en Latinoamérica principalmente. El propósito es compartir el conocimiento generado por investigaciones aplicadas que contribuyan a finalizar en un mundo más sostenible. Es decir, donde exista un equilibrio entre el ambiente, el desarrollo social y económico. Por ello, cuenta con diversos ejes temáticos que se acoplan y se complementan, dando la oportunidad a profesionales en diversas áreas de las ciencias para exponer sus hallazgos más recientes.

De la misma forma en que un ecosistema funciona gracias al nicho ecológico de cada especie y el rompimiento de una cuerda de la red trófica altera el equilibrio general, el trabajo entre instituciones de educación superior debe ser una interconexión entre profesionales que trabajan para el bien común. El desarrollo sostenible urge de la pluralidad de visiones que aporten al conocimiento colectivo para descubrirlo, entenderlo y protegerlo. El no promover la colaboración entre colegas de diferentes escuelas de enseñanza universitaria en biología, es no aprovechar la experiencia de los múltiples enfoques, ni la oportunidad de aumentar el alcance de los trabajos.

La creación de la Memoria del *VIII Simposio de Biología Tropical* de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Costa Rica es un ejemplo de esta “simbiosis interinstitucional”. La esperanza es que este compendio de manuscritos motive a todas aquellas personas científicas a seguir sembrando la duda. La cual debe ser resuelta con investigación innovadora y seria, que es apoyada por las alianzas y colaboraciones entre científicos de las diferentes universidades.

El lector encontrará en estas páginas los trabajos presentado en el Simposio por parte de estudiantes, docentes, profesionales, trabajadores y amantes de las ciencias aplicadas, especialmente las biológicas. Entre las líneas de investigación están las relacionadas con comportamiento animal, gestión y educación ambiental, servicios ecosistémicos, participación comunitaria, fisiología vegetal, evaluación del hábitat, restauración ecológica, paleontología biológica, biodiversidad y corredores biológicos interurbanos. Se presentan resúmenes cortos y largos, además de fotografías de dicha actividad académica.

El comité editorial de esta **Revista Ecología y Desarrollo Sostenible** agradece al comité organizador y científico del Simposio de Biología Tropical, además de a los estudiantes colaboradores, por la confianza y la buena voluntad de permitir publicar esta memoria. Es un orgullo para este medio de divulgación periódica, ser el vehículo en el cual viaja el conocimiento científico, en biología, de Costa Rica.

Daniel Rodríguez García

Universidad Latina, Revista Ecología y Desarrollo Sostenible



Presentación Simposio Biología Tropical

El Simposio de Biología Tropical (SBT) de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional surge como una iniciativa del Dr. Roberto Cordero Solórzano en el 2017. Esta actividad comenzó como parte de las dinámicas del Laboratorio de Ecología Funcional y Ecosistemas Tropicales (LEFET-UNA), brindando un espacio para que los estudiantes de Práctica Profesional Supervisada y los tesisistas presentaran los avances de sus investigaciones.

Debido al éxito del evento y al interés de otros laboratorios y docentes, la participación se amplió, permitiendo que estudiantes, egresados y académicos compartieran y divulgaran sus principales hallazgos científicos. Así, el simposio se consolidó como una plataforma para fomentar la colaboración, generar vínculos entre proyectos e investigaciones y facilitar la interacción más allá de las aulas.

En 2020 se creó el Laboratorio de Biología Tropical (LabiTrop), encargado desde entonces de la organización del SBT. A lo largo de ocho ediciones consecutivas, incluyendo dos versiones virtuales debido a la pandemia de COVID-19, el simposio ha trascendido el ámbito de la Universidad Nacional, contando con la participación de investigadores de otras instituciones como la Universidad de Costa Rica (UCR) y la Universidad Latina (ULatina), así como de organizaciones gubernamentales y ambientalistas.

Nuestro objetivo es consolidar el SBT como un referente nacional y regional en el campo de la biología tropical. Como parte de este esfuerzo, y gracias a la colaboración con la revista Ecología y Desarrollo Sostenible de la Universidad Latina de Costa Rica, hemos iniciado la publicación de los resúmenes presentados en la edición de diciembre de 2024. Este paso permitirá ampliar el alcance de los trabajos expuestos, promoviendo su impacto en distintos sectores y contribuyendo a la conservación de nuestros recursos naturales.

Carolina Esquivel Dobles

Universidad Nacional, Escuela de Ciencias biológicas

Índice

Generación de una línea base de buenas prácticas y oportunidades que mejore la sostenibilidad, la resiliencia, equidad y bienestar humano del cantón de Belén, a través de la implementación de la metodología Ciudad Verde 5.1.	1
Efectos del asteroide de Yucatán (Cráter de Chicxulub) sobre la Cuenca del Caribe, con énfasis en los onicóforos	2
Tolerancia térmica fotosintética foliar de plantas del páramo y paramillo costarricense según su forma de crecimiento	3
Monitoreo biológico para la conservación: Biodiversidad del Parque Nacional Volcán Irazú	4
Influencia de los parches de vegetación en la composición de comunidades de aves en el Corredor Biológico Interurbano Cubujuquí, Costa Rica	5
Conociendo las Serpientes Locales a Través de la Participación Comunitaria: Serpientes del Cantón de Paraíso.....	6
Análisis de las variables de hábitat que determina el uso del espacio por jaguar (<i>Panthera onca</i>) y coyote (<i>Canis latrans</i>) en el Área de Conservación Guanacaste	7
Percepción de los Ganaderos sobre los Ataques de Murciélagos Vampiros (<i>Desmodus rotundus</i>) y su Impacto en la Ganadería en Costa Rica	8
De la estigmatización a la conservación: el rol de las personas locales en la protección de los murciélagos (Orden: Chiroptera) en Chilamate de Sarapiquí, Costa Rica	9
Los servicios ecosistémicos de soporte y cultura de las áreas verdes en los campus de la Universidad Nacional en la provincia de Heredia, Costa Rica	10
Caracterización de los ensamblajes de mamíferos medianos y grandes en zonas urbanas y periurbanas dentro del Corredor Biológico Ribereño Interurbano Subcuenca Reventado-Agua Caliente COBRI SURAC, Costa Rica.....	11
Dos tipos de visitantes en un jardín botánico tropical: Ambientofílicos y Ambientofóbicos	12
Análisis del genoma mitocondrial completo y filogenia de los elefantes, mamuts y mastodontes: “pulgas” y temas pendientes.....	13
Hacia la recuperación de la funcionalidad ecológica de la Laguna Cahue, Refugio Nacional de Vida Silvestre Barra del Colorado, Limón, Costa Rica	14
Uso de Modelos de Ranas y Cámaras trampa para Detección de Potenciales Depredadores de Ranas Venenosas en el Refugio Lapa Verde	15
Cobertura de líquenes en cuatro sitios del bosque nuboso premontano bajo diferentes niveles de perturbación en Monteverde, Costa Rica.....	16
Variabilidad intraespecífica de la respuesta del intercambio gaseoso de <i>Samanea saman</i> (Fabaceae) de siete procedencias en Costa Rica.....	21
Morfometría e inestabilidad del desarrollo foliar en clones de <i>Gmelina arborea</i> Roxb. (Lamiaceae)	26
Fotografías	30



Generación de una línea base de buenas prácticas y oportunidades que mejore la sostenibilidad, la resiliencia, equidad y bienestar humano del cantón de Belén, a través de la implementación de la metodología Ciudad Verde 5.1.

José Pablo Murillo Villalobos^{1*}

¹ Universidad Nacional, Escuela de Ciencias Biológicas, Laboratorio de Biología Tropical (LabiTrop), Heredia, Costa Rica; josepablo

Contacto: murillovillalobos@gmail.com*

“Establishing a Baseline of Best Practices and Opportunities to Enhance Sustainability, Resilience, Equity, and Human Well-being in the Canton of Belén Through the Implementation of the Green City 5.1 Methodology” *Introducción:* La urbanización acelerada de las principales ciudades del mundo, incluyendo Costa Rica, ha generado impactos negativos en el ambiente y la sociedad. Para contrarrestar estos efectos, surgen iniciativas de planificación territorial con un enfoque integral hacia la sostenibilidad. En este contexto, en 2023 se desarrolló la Guía Metodológica Indicadores de Ciudad Verde 5.1, una herramienta para que los gobiernos locales orienten sus acciones hacia el desarrollo sostenible. *Metodología:* Esta investigación aplicó dicha metodología en el cantón de Belén, provincia de Heredia, seleccionando y analizando indicadores clave para la sostenibilidad, resiliencia, equidad e inclusión. En conjunto con expertos de la Municipalidad de Belén, se realizó una preselección de indicadores con base en criterios como disponibilidad de información, utilidad para la gestión municipal, aplicabilidad en planificación urbana y su impacto positivo en la calidad ambiental. *Resultado:* Como resultado, se seleccionaron 39 de los 85 indicadores propuestos por la metodología Ciudad Verde 5.1, distribuidos en sostenibilidad (15), resiliencia (13), salud (6) y equidad e inclusión (5). Entre los indicadores analizados, se encontró que solo el 3.76% de los residuos sólidos fueron valorizados en 2023. En cuanto a la superficie verde por habitante, Belén alcanzó los 8 m², por debajo del estándar global de 9 m². Además, solo el 0.30% de las vías cantonales cuentan con pacificación vial y elementos naturales. *Conclusión:* El análisis de todos los indicadores se proyecta finalizar en 2025, proporcionando una visión integral del estado del cantón y una guía estratégica para avanzar hacia la sostenibilidad urbana.

Palabras clave: ciudades sostenibles, impermeabilidad del suelo, sostenibilidad, pacificación vial, urbanización.



Efectos del asteroide de Yucatán (Cráter de Chicxulub) sobre la Cuenca del Caribe, con énfasis en los onicóforos

Julián Monge-Nájera^{1*}

¹ Universidad Estatal a Distancia (UNED), Vicerrectoría de Investigación, Laboratorio de Ecología Urbana, 2050 San José, Costa Rica

Contacto: julianmonge@gmail.com*

“Effects of the Yucatan Asteroid (Chicxulub Crater) on the Caribbean Basin, with Emphasis on Onychophorans”. *Introducción:* Se ha estudiado poco el efecto que tuvo sobre los onicóforos la caída de un asteroide en Yucatán hace unos 66 millones de años. *Objetivo:* estimar el efecto del asteroide sobre las comunidades bióticas de América Central y regiones aledañas, con énfasis en los onicóforos. *Materiales y métodos:* unifiqué en un solo modelo, la literatura más reciente (noviembre 2024) sobre lo que ocurrió con los ecosistemas de la cuenca caribeña hace 66 millones de años, combinándola con el árbol filogenético más reciente de los onicóforos. *Resultados:* El lanzamiento de gases y materia sólida a gran temperatura, la onda de choque, las marejadas; y los efectos posteriores sobre el clima, la fotosíntesis y cambios químicos en el agua dulce y el mar; deben haber eliminado la mayoría de poblaciones de hongos, plantas y animales marinos y terrestres, por lo que se esperaría que cualquier especie de onicóforo entre México y Colombia, incluyendo las partes emergidas en aquella época de América Central y el Caribe, hubiera sido eliminada. Por lo tanto, las especies que actualmente habitan estas regiones y que tengan más de 66 millones de años de edad, deben haber llegado desde Sudamérica después del choque del asteroide. Por el contrario, las especies con menos años de antigüedad, si pueden haber surgido en la región afectada después del choque, a partir de especies sudamericanas, sobre todo de las alturas de Ecuador y Colombia. Esto calza con los datos de las especies de América Central, México, Jamaica y Puerto Rico. *Conclusión:* Los efectos inmediatos y posteriores del asteroide probablemente extinguieron cualquier especie de onicóforo entre México y Colombia. Las especies actuales con más de 66 millones de años debieron llegar desde Sudamérica tras el choque, mientras que las más recientes pudieron surgir localmente a partir de especies sudamericanas, en especial de las zonas altas de Ecuador y Colombia. Estos patrones coinciden con los datos de las especies actuales en Mesoamérica y el Caribe.

Palabras clave: Asteroide Chicxulub, Cuenca del Caribe, Onicóforos, Extinción Masiva, Supervivencia



Tolerancia térmica fotosintética foliar de plantas del páramo y paramillo costarricense según su forma de crecimiento

José D. Vargas-Murillo^{1*}, Ana Campos-Morera¹, Roberto A. Cordero-Solórzano¹

¹ Universidad Nacional, Escuela de Ciencias Biológicas, Laboratorio de Ecología Funcional y Ecosistemas Tropicales (LEFET), Heredia, Costa Rica

Contacto: jose.vargas.murillo@est.una.ac.cr*

“Photosynthetic heat tolerance of Costa Rican paramo and sub-paramo plants according to their growth form”. *Introducción:* La limitada información sobre la respuesta fisiológica de las plantas del páramo representa un desafío para su conservación. El análisis de la tolerancia térmica fotosintética foliar es fundamental para comprender los límites funcionales de estas especies, identificar aquellas más susceptibles al aumento global de la temperatura y desarrollar estrategias de conservación basadas en su fisiología adaptativa. *Objetivo:* Analizar la tolerancia térmica fotosintética de las plantas del páramo según su forma de crecimiento para la identificación de formas de vida y especies sensibles al aumento de temperatura. *Materiales y métodos:* Se recolectaron hojas de seis individuos de 20 especies representativas de cinco formas de vida distintas en la región paramuna del Cerro de la Muerte, Costa Rica, con el propósito de evaluar su tolerancia térmica fotosintética foliar. Esta se determinó utilizando el índice de eficiencia cuántico del fotosistema II (F_v/F_m), medido 24 horas después de someter las muestras a un tratamiento de temperatura en laboratorio de 25 °C a 60 °C durante 15 minutos en baño de maría. Los valores de T_{50} y T_{crit} se determinaron mediante un ajuste no lineal para su posterior análisis. *Resultados:* No se detectaron diferencias significativas en T_{50} (U-statistic: 5.0, $p= 0.5714$) y T_{crit} (U-statistic: 10.0, $p= 0.5714$) entre las distintas formas de vida evaluadas. Sin embargo, los mayores valores de T_{50} se observaron en las formas de vida pasto (52.7 °C), roseta (50.1 °C) y árbol (47.9 °C). *Chusquea subtessellata* (52.7 °C), *Puya dasylirioides* (52.4 °C) y *Comarostaphylis arbutoides* (52.1 °C) destacaron como las más tolerantes. Por otro lado, las formas de vida con mayores valores de T_{crit} fueron epífita (38.9 °C), arbusto (38.4 °C) y hierba (38.3 °C), mientras que las especies que más destacaron fueron *Fuchsia splendens* (42.4 °C), *Stellis sp.* (41.9 °C) y *Maianthemum gigas* (41.0 °C). *Conclusión:* Las plantas de estas asociaciones de alta montaña tropicales subalpinas son altamente sensibles al cambio climático debido a su baja tolerancia térmica con respecto a plantas de otros pisos altitudinales, lo que pone en riesgo la estabilidad de este ecosistema. Por tanto, los páramos deben considerarse prioritarios en estrategias de conservación y mitigación climática.

Palabras clave: Termotolerancia foliar, cambio climático, páramo, conservación, F_v/F_m



Monitoreo biológico para la conservación: Biodiversidad del Parque Nacional Volcán Irazú

Marck Leiva-Méndez^{1*}, Lilliana Piedra-Castro¹, Maikol Castillo-Chinchilla¹, Marvin Aguilar-Barboza²

¹ Universidad Nacional, Escuela de Ciencias Biológicas, Laboratorio de Recursos Naturales y Vida Silvestre (LARNAVISI), Heredia, Costa Rica

² Sistema Nacional de Áreas de Conservación, Bloque de Conservación Volcán Irazú-Turrialba, Cartago, Costa Rica

Contacto: marck.leiva.mendez@est.una.ac.cr*

“Biological monitoring for conservation: Biodiversity of Irazú Volcano National Park”. *Introducción:* El Parque Nacional Volcán Irazú (PNVI) presenta distintas zonas de vida tales como el bosque muy húmedo montano, el bosque pluvial montano y el páramo subalpino. Debido a las limitaciones altitudinales y las características climáticas que requieren los robledales y el páramo, han sido catalogados como ecosistemas frágiles y vulnerables ante actividades antropogénicas y los efectos del cambio climático, siendo estos factores las principales amenazas de estos hábitats y su biodiversidad. Además, los ecosistemas de las regiones altas de Costa Rica se caracterizan por tener un alto grado de endemismo, sin embargo, poco se ha documentado sobre la biodiversidad del PNVI, siendo estos vacíos de información un serio problema para su conservación, dado el nivel de amenaza que experimentan. *Objetivo:* consiste en caracterizar la biodiversidad del PNVI a través del uso del monitoreo biológico para la toma de decisiones para la conservación. *Materiales y métodos:* Se realizaron dos muestreos mensuales desde abril hasta octubre del 2024 para obtener datos de la biodiversidad (flora, fauna y funga) del PNVI mediante el uso de distintas técnicas activas y pasivas. Los murciélagos fueron muestreados mediante el uso de redes de niebla, los mamíferos terrestres con cámaras trampa y los roedores pequeños por medio de trampas Sherman. Se utilizó el método de búsqueda exhaustiva en senderos y transectos para la identificación de las especies de macrohongos. Adicionalmente, se empleó el Programa Nacional de Monitoreo Biológico (PRONAMEC) para los levantamientos de la avifauna. Se realizaron conteos y registros a lo largo de los senderos con respecto a la flora, entomofauna y herpetofauna presente. *Resultados:* se identificó un total de 10 especies de murciélagos, 31 de mamíferos terrestres de los cuales 13 fueron roedores. El número de macrohongos superó las estimaciones basadas en registros históricos del Museo Nacional de Costa Rica (MNCR) al identificarse más de 200 especies. Además, se obtuvo registros de cinco especies de anfibios y reptiles, aportando dos nuevos reportes, se añadieron siete especies de flora al listado del MNCR alcanzando las 450 especies de plantas vasculares y 30 especies de insectos de los cuales 15 conforman nuevos registros para el orden Lepidoptera y uno para Coleoptera. *Conclusión:* el PNVI alberga una amplia biodiversidad, presenta un alto porcentaje de endemismo en aves y roedores, y los esfuerzos realizados en monitoreo, protección y conservación se reflejan a través de la presencia de especies clave. Sin embargo, es necesario continuar con proyectos a largo plazo para así tomar medidas de conservación adecuadas para el manejo de amenazas que puedan afectar la biodiversidad y los ecosistemas del PNVI.

Palabras clave: aves, herpetofauna, macrohongos, mamíferos, nuevos registros, páramo, robledales



Influencia de los parches de vegetación en la composición de comunidades de aves en el Corredor Biológico Interurbano Cubujuquí, Costa Rica

Ana Abarca-Méndez^{1*}, Pablo Muñoz², Hannia Vega-Bolaños¹ & Tania Bermúdez-Rojas¹

¹ Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica;

² Organización para Estudios Tropicales, Costa Rica

Contacto: analaura.abarcamendez@gmail.com*

“Influence of vegetation patches on the composition of bird communities in the Cubujuquí Interurban Biological Corridor, Costa Rica” *Introducción:* La conectividad del paisaje es un elemento importante para la movilidad y establecimiento de las especies en los diferentes hábitats. Con la expansión urbana, esta conectividad se interrumpe, lo que lleva a ciertas especies a evitar las zonas urbanizadas. *Objetivo:* Analizar la distribución de especies de aves para la identificación de elementos que puedan interrumpir la conectividad estructural y funcional en el Corredor Biológico Interurbano Cubujuquí (CBIC). *Materiales y métodos:* Se realizó una búsqueda de registros de aves subidos desde la plataforma eBird, en el periodo 2018-2022. Las especies se clasificaron según la categoría de cobertura vegetal en que fueron registradas. Se realizó un análisis de fragmentación de cada categoría de cobertura vegetal y se relacionó con la riqueza y abundancia de aves. Se calculó el Índice de Completitud de las Comunidades (ICC) para cada categoría de cobertura vegetal y se seleccionaron especies de interés. *Resultados:* Se registraron 493 especies, distribuidas en 63 familias; hay 322 residentes, 121 migratorias y 50 endémicas. Al clasificarlas en gremios tróficos, la mayoría (>250) prefieren consumir invertebrados. Según la Lista Roja de Especies Amenazadas IUCN (2024), el CBIC contiene 13 especies casi amenazadas y 4 vulnerables, mientras que según la Ley de Conservación de Vida Silvestre, 27 especies tienen poblaciones reducidas y 11 están en peligro de extinción. Las coberturas con más riqueza de especies son los matorrales y los bosques periurbanos, mientras que en cercas vivas y arbolado a lo largo de la vía férrea y autopistas no hay registro de especies de aves. El área y el borde total de las coberturas son las métricas que más influyen positivamente en la riqueza presente. Coberturas como los cultivos y los campos deportivos tienen ICC altos. Los bosques ribereños son la cobertura con más especies ausentes (17), según la probabilidad de estas de establecerse en este tipo de bosques. Otras coberturas, como los matorrales y las gramíneas, tienen entre 8 y 5 especies ausentes. *Conclusiones:* En el corredor se encuentran casi la mitad de la avifauna de Costa Rica. Tanto fragmentos grandes como pequeños son importantes para las comunidades de aves en el corredor. Los bosques ribereños necesitan mayor atención y se les requiere implementar las acciones necesarias para mantener las comunidades de aves estables.

Palabras clave: *riqueza, expansión urbana, diversidad oscura, conectividad estructural, ecología del paisaje, completitud de la comunidad*



Conociendo las Serpientes Locales a Través de la Participación Comunitaria: Serpientes del Cantón de Paraíso

Alexander Moya-Valverde^{1*}

¹ Universidad Nacional de Costa Rica, Escuela de Ciencias Biológicas, Heredia, Costa Rica

Contacto: jolexmoyalst@gmail.com*

“Getting to Know Local Snakes Through Community Participation: Snakes of the Paraíso Cantón.” *Introducción:* Las serpientes son animales mundialmente incomprensidos, usualmente relacionados con peligro, lo cual ha provocado un desagrado que se ha heredado generación tras generación. Este problema no es ajeno al cantón de Paraíso, ubicado dentro de la Gran Área Metropolitana costarricense, donde es común escuchar comentarios negativos sobre este grupo; viéndose con total normalidad el temerles o hacerles daño. Paraíso es una zona rica en diversidad de serpientes; que gracias a su variedad de ecosistemas permite la convivencia de muchas especies en un área geográfica pequeña en comparación con la extensión total del país. *Objetivo:* Identificar las especies presentes dentro del cantón para elaborar una guía ilustrada actualizable de acceso abierto y fácil lectura para la comunidad. *Materiales y métodos:* Se realizó una compilación de las especies reportadas en fuentes de ciencia ciudadana como grupos de identificación de serpientes locales en Facebook y registros públicos de iNaturalist. Los reportes considerados tuvieron que cumplir con una fotografía que permitiera la identificación a nivel de especie y una localidad a nivel de distrito dentro del cantón. El periodo de tiempo en el que se realizó el reporte no fue considerado en el estudio; es decir, cualquier reporte que cumpliera con las demás consideraciones fue incluido, independientemente de su fecha. El documento digital se realizó utilizando fotos de distintas autorías, con información sobre la distribución e historia natural de cada especie. *Resultados:* Un total de 40 especies de serpientes han sido reportadas por ciencia ciudadana dentro del cantón, este número no representa el total de las especies esperadas en la zona según literatura científica; por lo que se espera que continúe aumentando. La guía ilustrada fue publicada y la comunidad tiene acceso abierto al documento mediante la plataforma ResearchGate, el cual se espera actualizar periódicamente con nuevas observaciones. Se comunicaron los resultados del proyecto a la comunidad mediante la participación en talleres, charlas educativas y ferias culturales dentro del cantón. *Conclusión:* La ciencia ciudadana puede ayudar a la identificación de las especies presentes en una zona. Involucrar a la comunidad y utilizar documentos de fácil acceso y lectura puede provocar un mayor interés en el estudio y conservación de grupos incomprensidos.

Palabras clave: biodiversidad, percepción, colaboración comunitaria, educación ambiental, serpientes urbanas



Análisis de las variables de hábitat que determina el uso del espacio por jaguar (*Panthera onca*) y coyote (*Canis latrans*) en el Área de Conservación Guanacaste

Kimberly Madrigal Mora^{1*}, Víctor Montalvo Guadamuz², Kevin Lloyd Alcok²

¹Universidad Nacional, Escuela Ciencias geográficas.

²Universidad Nacional, Instituto Internacional en Conservación y Manejo de Vida Silvestre (ICOMVIS).

Contacto: kimberly.madrigal.mora@est.una.ac.cr*

“Analysis of habitat variables that determine the use of space by jaguar (*Panthera onca*) and coyote (*Canis latrans*) in the Guanacaste Conservation Area”. *Introducción:* El uso del espacio por los carnívoros está determinado por múltiples factores ambientales y antropogénicos, lo que influye en su distribución y coexistencia. Este estudio analiza cómo variables como carreteras, ríos, actividad ganadera, poblados y bosque afectan la ocurrencia del jaguar (*Panthera onca*) y el coyote (*Canis latrans*) en el Área de Conservación Guanacaste, resaltando la importancia de la conservación del hábitat y la gestión de la interacción con humanos. *Objetivo:* Analizar las variables de hábitat que determinan la ocurrencia de jaguares y coyotes mediante telemetría satelital en el Área de Conservación Guanacaste. *Materiales y métodos:* Se analizaron datos de ubicación mediante telemetría de tres individuos dentro de la ACG, para observar si las ubicaciones difieren. Posteriormente, se midió la distancia de estos puntos a distintas variables seleccionadas desde la literatura sobre la ecología de ambas especies, tales como los poblados, actividad ganadera, ríos, carreteras y bosque. Por último, se generaron gráficos para comparar el rango de distancia de ambos individuos con respecto a cada variable seleccionada para observar las diferencias de individuo a individuo. *Resultados:* Se produjeron mapas que facilitan la observación de la distribución de estos individuos y se ratifican los espacios que habitan. También es posible confirmar el comportamiento de depredación de tortugas marinas por parte del jaguar (mediante la cercanía a la costa), su movilidad por el bosque y la dispersión del coyote en su búsqueda de alimento. Por último, los resultados indican que las dos especies no presentan una concurrencia importante y este grado de concurrencia varía por época o temporada. Las distancias registradas no presentan desacuerdo a lo que se conoce del comportamiento de ambas especies. *Conclusión:* Es evidente que la poca concurrencia de estas dos especies responde a sus comportamientos particulares, definido por la temporada que define la disponibilidad de alimento o al periodo de reproducción ya que lo reportado en la actualidad no difiere de lo sugerido por los registros mostrados. Falta conocer sus propias limitaciones en cuanto a las interacciones con el ser humano y con la complejidad de sus hábitats. Estas especies son altamente indispensables para los ecosistemas que habitan. Por un lado, el jaguar es un indicador del bienestar del bosque; por el otro, el coyote destaca como posible dispersor de semillas y puede estabilizar poblaciones manteniendo el equilibrio en el ecosistema. Este tipo de investigación nos alerta sobre la importancia de los patrones de movimientos, en este caso, la concurrencia de dos especies claves, ya que permite ponderar los criterios que permitan el fortalecimiento de las decisiones de manejo y conservación de los ecosistemas que ellas habitan.

Palabras clave: Área de Conservación Guanacaste, telemetría satelital, jaguar, coyote, hábitat.



Percepción de los Ganaderos sobre los Ataques de Murciélagos Vampiros (*Desmodus rotundus*) y su Impacto en la Ganadería en Costa Rica

Dorian Carballo-Ulloa^{1*}; Aline Dietze²; Annaluisa Kamba²

¹Universidad Nacional de Costa Rica, Escuela de Ciencias Biológicas, Heredia, Costa Rica

²University of Veterinary Medicine Hannover, Germany, aline.dietze@est.una.ac.cr

Contacto: dorian.carballo.ulloa@gmail.com*

“Perception of Ranchers on Vampire Bat Attacks and Their Impact on Livestock in Costa Rica.” *Introducción:* Los murciélagos vampiros representan una preocupación constante para los ganaderos en Costa Rica debido a su impacto en la salud y el bienestar del ganado. Este estudio aborda la percepción de los ganaderos sobre la frecuencia y gravedad de los ataques de murciélagos vampiros en diferentes zonas del país, analizando factores como la ubicación geográfica y la percepción del entorno. *Objetivo:* Investigar la relación entre la percepción de los ganaderos acerca de la frecuencia percibida de ataques de murciélagos vampiros, además de explorar otras variables relevantes en el contexto de la ganadería y la conservación. *Materiales y métodos:* Se distribuyó una encuesta estructurada a ganaderos de diferentes regiones de Costa Rica, recopilando datos sobre la frecuencia de ataques de murciélagos y las características de sus localidades. Los datos se analizaron mediante una prueba de chi-cuadrado para evaluar la relación entre la percepción de la zona y la frecuencia de ataques. *Resultados:* No parece existir una asociación entre la percepción de la zona y la frecuencia de ataques de murciélagos (valor $p > 0.05$). Sin embargo, se observaron patrones de preocupación en otras áreas consideradas por la encuesta, indicando una percepción variada en cuanto a las amenazas que representan estos ataques según la región. *Conclusión:* La percepción de los ataques de murciélagos no está relacionada con las zonas o regiones incluidas en la herramienta, aunque la preocupación por la presencia de estos animales persiste. La participación de la comunidad y el entendimiento de estos patrones de percepción pueden contribuir a mejorar las estrategias de conservación y manejo en la ganadería.

Palabras clave: percepción, murciélagos vampiros, ganadería, Costa Rica, conservación, ataque de murciélagos.



De la estigmatización a la conservación: el rol de las personas locales en la protección de los murciélagos (Orden: Chiroptera) en Chilamate de Sarapiquí, Costa Rica

Montserrat Astorga-Tenorio^{1*} & Miranda Sánchez Zamora¹

¹ Universidad Nacional, Escuela de Ciencias Biológicas, Heredia, Costa Rica

Contacto: monserrat.astorga.tenorio@est.una.ac.cr*

“From stigma to conservation: The role of communities in protecting bats (Order: Chiroptera) in Costa Rica”. *Introducción:* Los murciélagos desempeñan un papel esencial en los ecosistemas al contribuir en la polinización, dispersión de semillas y control de insectos. A pesar de esto, la estigmatización asociada a enfermedades y creencias populares ha generado una percepción negativa en la sociedad, lo cual ha generado que se tomen acciones perjudiciales hacia este grupo, como la destrucción de refugios y el exterminio de poblaciones. En Costa Rica, conservacionistas locales han asumido un rol en la sensibilización y protección de estos mamíferos, lo que ha promovido un cambio cultural. *Objetivo:* Destacar el rol de Henry Alfaro-Lara como conservacionista de murciélagos en Chilamate de Sarapiquí y su impacto tanto en la sociedad como en este grupo, a través de estrategias de educación. *Materiales y métodos:* El estudio se llevó a cabo mediante colaboración directa con el conservacionista Henry Alfaro-Lara, observando sus prácticas de reubicación. Además, se realizó una entrevista para posteriormente ejecutar un video acerca de su vida, su cambio hacia la conservación, sus estrategias de educación ambiental y cómo ha sido su impacto positivo sobre el ecosistema. *Resultados:* El trabajo de Henry ha contribuido en la reducción de estigmas y prácticas perjudiciales hacia los murciélagos en su comunidad. A través de sus esfuerzos, se ha generado una mayor conciencia y sensibilidad ambiental en la zona. Asimismo, ha colaborado en el mundo científico con su redescubrimiento de la colonia de *Furipterus horrens* (Chiroptera: Furipteridae) en el año 2018. *Conclusión:* El liderazgo de Henry Alfaro-Lara ejemplifica el poder transformador de los conservacionistas locales en la protección de especies vulnerables. Su rol en la educación ambiental e implementación de prácticas sostenibles han sido clave para generar un cambio positivo en las percepciones de la comunidad. Ejemplo de ello es el acogimiento positivo en medidas como la reubicación de colonias de infraestructuras humanas a su hábitat natural. Lo que refuerza la conservación y sensibilización ambiental en la zona.

Palabras clave: educación ambiental, estigmas, reubicación, sensibilización, servicios ecosistémicos.



Los servicios ecosistémicos de soporte y cultura de las áreas verdes en los campus de la Universidad Nacional en la provincia de Heredia, Costa Rica

Judith Vargas Barrantes¹

¹ Universidad Nacional, Escuela de Ciencias Biológicas, Laboratorio de Biología Tropical (Labitrop), Heredia, Costa Rica;

Contacto: judith.vargas.barrantes@est.una.ac.cr*

“The Supporting and Cultural Ecosystem Services of Green Areas on the Campuses of the National University in Heredia Province, Costa Rica” *Introducción:* En Costa Rica, los servicios ecosistémicos (SE) se han estudiado desde diversas perspectivas para valorar su rol en el bienestar humano. Estos SE son clasificados en cuatro categorías: provisión, regulación, culturales y de soporte. Las áreas verdes urbanas desempeñan un papel fundamental en la conectividad ecológica y en la generación de beneficios ambientales, sociales y económicos. *Objetivo:* Analizar los servicios ecosistémicos de soporte y cultura proporcionados por las áreas verdes (AV) en los campus Omar Dengo, Benjamín Núñez y la Finca Experimental Santa Lucía, de la Universidad Nacional (UNA), Heredia, Costa Rica. *Materiales y métodos:* Mediante el análisis de imágenes satelitales del Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT) y Google Earth, se delimitaron y clasificaron a mano las coberturas de las AV en tres categorías: áreas verdes, copas de árboles y áreas grises. Estos datos fueron corroborados en campo y procesados mediante Sistemas de Información Geográfica para generar mapas de cobertura. Se aplicó un cuestionario estructurado a 157 personas (estudiantes, personal académico y administrativo) para evaluar la percepción de los SE asociados a las AV, abordando las categorías de cultura y soporte. *Resultados:* Las áreas evaluadas representan 80.3 ha en total, distribuidas en un 67.97% de cobertura ambiental (AV y copas de árboles) y un 32.03% de áreas grises. La finca Santa Lucía presentó la mayor proporción de cobertura verde (33.98%), seguida por el campus Benjamín Núñez (24.53%) y Omar Dengo (9.45%). Más del 60% de los encuestados utilizan las AV semanalmente, destacando actividades como recreación, meditación y actividad física, además de beneficios asociados a la salud física y mental. En cuanto a los servicios de soporte, se identificaron aspectos clave como la biodiversidad y el refugio para fauna local y migratoria. La percepción general sobre las AV fue positiva. No obstante, se identificaron diferencias entre los campus evaluados. En el campus Benjamín Núñez, el 85% de los usuarios consideraron adecuada la cantidad de AV, y un 90% calificó como buenas las condiciones fitosanitarias del arbolado. En contraste, en el campus Omar Dengo, un 33% de los encuestados consideró insuficiente la cantidad de AV, y un 15% señaló problemas fitosanitarios. *Conclusión:* Las áreas verdes de los campus de la UNA en Heredia contribuyen significativamente al bienestar humano, la conservación de la biodiversidad y la conectividad ecológica. Sin embargo, es necesaria una mejora en la gestión de las AV, especialmente en Omar Dengo, para maximizar los SE que brindan. Este estudio proporciona una línea base para futuras investigaciones y la formulación de estrategias de manejo y restauración en los sitios, por lo que se sugiere extender el análisis a otras áreas e incorporar las cuatro categorías de SE.

Palabras clave: servicios ecosistémicos, áreas verdes, cobertura vegetal, conectividad ecológica, biodiversidad, refugio de fauna



Caracterización de los ensamblajes de mamíferos medianos y grandes en zonas urbanas y periurbanas dentro del Corredor Biológico Ribereño Interurbano Sub-cuenca Reventado-Agua Caliente COBRI SURAC, Costa Rica

Nancy Castro-Fernández¹*

¹ Universidad Nacional, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Escuela de Ciencias Biológicas, Heredia, Costa Rica

Contacto: nancafer@gmail.com*

“Characterization of medium and large mammal assemblages in urban and peri-urban areas within the Interurban Riparian Biological Corridor Sub-basin Reventado-Agua Caliente (COBRI SURAC), Costa Rica”

Introducción: Las actividades antrópicas provocan cambios acelerados negativos en los ecosistemas urbanos. Como medida de mitigación surgen iniciativas de creación de corredores biológicos interurbanos (CBI) para vincular áreas protegidas, que permiten una conectividad funcional para la fauna y flora local. Para entender mejor esta conectividad, se necesita conocer las especies existentes dentro de los CBI. En esta investigación, se estudiaron los mamíferos medianos y grandes presentes en el CBI COBRI SURAC, ya que son un grupo que se puede detectar indirectamente a través de entrevistas y fototrampeo y son indicadores del estado de los ecosistemas.

Objetivo: Determinar la composición taxonómica, diversidad y periodos de actividad de los mamíferos medianos y grandes en la zona urbana y periurbana del corredor COBRI SURAC. **Materiales y métodos:** Se caracterizó el ensamblaje de mamíferos medianos y grandes en zonas urbanas y periurbanas del COBRI SURAC en términos de composición taxonómica, diversidad y patrones de actividad. Para ello, se colocaron cámaras trampa y se realizaron entrevistas en 9 sitios a lo largo del corredor, 4 en zonas urbanas y 5 en zonas periurbanas durante seis meses. **Resultados:** Se determinó que, en las zonas periurbanas, existe mayor riqueza tanto por medio del método de cámaras trampa como con la metodología de entrevistas. En ambas zonas, los mamíferos medianos de hábitos generalistas fueron los más abundantes. En las áreas urbanas se encuentra menos riqueza, pero mayor índice de abundancia relativa de las especies generalistas. Con respecto a patrones de actividad, en ambas zonas del corredor, se encontraron animales predominantemente nocturnos, a excepción de *Nasua narica*, *Urocyon cinereoargenteus*, *Canis latrans* y *Procyon lotor* que presentaron cierta actividad también en horarios diurnos. **Conclusión:** En las áreas periurbanas se encontraron aquellas especies con hábitos más especialistas. Las especies más abundantes en todo el corredor biológico fueron el armadillo *D. novemcinctus* y el mapache *P. lotor*, estos animales presentan alta plasticidad a alteraciones del paisaje. Por otro lado, los mamíferos con hábitos más especialistas tuvieron menos abundancia relativa y apariciones solo en sitios periurbanos dentro del corredor.

Palabras clave: Mamíferos, cámaras trampa, diversidad, periodos de actividad, zonas urbanas, zonas periurbanas, corredor biológico interurbano.



Dos tipos de visitantes en un jardín botánico tropical: Ambientofílicos y Ambientofóbicos

Jeffersom Porras-Agüero^{1*}, Jorge Vargas-Del Río¹ Nathalie Mora-Chavarría¹, Yendry Umaña-Segura ¹ & Daniel Rodríguez-García ^{1,2}

¹ Universidad Latina de Costa Rica, Escuela de Ciencias Biológicas. San José, Costa Rica

² Universidad de Costa Rica, Centro de Investigación Jardín Botánico Lankester, Cartago, Costa Rica;

Contacto: jeffersom.porras@ulatina.net*

“Two Types Of Visitors On A Tropical Botanical Garden: Enviromental-Filics And Enviromental-Fobics” *Introducción:* Los jardines botánicos reciben aproximadamente 300 millones de personas al año. Estos visitantes son importantes ya que son los receptores de la divulgación, financian las investigaciones y el mantenimiento del espacio. En ellos se promueve el aprendizaje de la naturaleza y la conciencia ambiental. Algunas personas son atraídas por la historia natural de las plantas o la ecología de las mismas, invirtiendo tiempo y dinero en aprender más sobre ellas, pero otras se interesan por aspectos más recreativos. Sin embargo, no se ha hecho una descripción del tipo de visitante en jardines botánicos, según sus motivaciones, conocimiento y actitudes, lo cual es importante para mejorar el alcance en proyectos de educación ambiental *Objetivo:* conocer las características de las personas que visitan un jardín botánico y segmentarlos según sus similitudes para crear un perfil del visitante *Materiales y métodos:* se realizaron 204 encuestas a los visitantes del Jardín Botánico Lankester, Cartago, Costa Rica entre setiembre y octubre 2024. Dicha herramienta tenía 28 preguntas sobre sus motivaciones para visitar el jardín, actitudes ambientales y conocimiento utilizando una escala de clasificación del 1 al 5 y preguntas binarias, además de características demográficas. Luego se determinó la cantidad óptima de grupos según sus respuestas utilizando los métodos Simprof, CascadeKm, Índice Davies-Bouldin y el estadístico Gap. Los visitantes encuestados se separaron según sus respuestas y se elaboró un perfil para cada grupo. *Resultados:* Dos de las cuatro metodologías arrojaron que la cantidad de grupos óptimos era dos. Los ambientofóbicos (N= 81) fueron mayormente mujeres entre 18 y 35 años, con motivación especialmente por la recreación, ya que lo perciben como un lugar de relajamiento. Eligieron activamente visitar el jardín buscando información por redes sociales. Los aspectos ambientales no eran de interés, a tal punto de no participar en actividades relacionadas con este tema, tienen conocimiento general sobre legislación ambiental y ecología. Los ambientofílicos (N=123) fueron mayormente hombres entre 26 y 45 años con grado académico universitario, con conocimiento ambiental y que realizan acciones como cuido de plantas, reciclaje e iniciativas de protección del ambiente. Llegaron al jardín botánico por recomendación de otras personas. Su motivación es aprender de plantas y también la recreación *Conclusión:* La edad juega un papel muy importante en el entendimiento del perfil de los visitantes delJBL, ya que existe una relación directamente proporcional entre el grupo etario y el interés por aspectos ambientales, esto indica la necesidad de adaptar las estrategias de divulgación y las actividades según los intereses de los distintos grupos generacionales y de este modo atraer más personas a este tipo de centros. Por otra parte, se observó en una parte de los visitantes un interés en aprender más sobre ecología, conservación y uso de las plantas. La principal motivación para visitar estos espacios sigue siendo la recreación, esto gracias a que ellos lo consideran como un momento de relajación y de liberación de estrés. **Palabras clave:** educación ambiental, agrupamiento, segmento de mercado, motivaciones, actitudes, conocimiento



Análisis del genoma mitocondrial completo y filogenia de los elefantes, mamuts y mastodontes: “pulgas” y temas pendientes

Bernal Morera-Brenes^{1*}

¹ Universidad Nacional, Escuela de Ciencias Biológicas, Genética y Evolución (LabSGE), Laboratorio de Sistemática, Heredia, Costa Rica

Contacto: bernal.morera@gmail.com*

“Complete mitochondrial genome analysis and phylogeny of elephants, mammoths and mastodons: bugs and pending issues”. *Introducción:* Los elefántidos son una de las familias de megafauna más emblemática del mundo, pero hasta hace poco no existía una evaluación genómica integral de su filogenia. La reciente recuperación de genomas antiguos ha proporcionado poderosas herramientas para investigar las relaciones evolutivas entre y dentro de los grupos taxonómicos, así como las bases genéticas de las adaptaciones en organismos extintos. Inicialmente los estudios genéticos modelaron la evolución de los elefántidos a través de árboles bifurcados simples, pero se ha demostrado que la hibridación entre especies ha sido una característica recurrente de la evolución de este grupo. Además, los análisis genómicos se pueden ampliar para proporcionar información sobre la paleodemografía de las especies vivas y extintas. Los genomas mitocondriales recientes del mamut lanudo, el colombino y de los mastodontes americanos han puesto de relieve el papel que tuvieron los ciclos glaciales/interglaciales en su distribución geográfica. *Objetivo:* realizar un análisis filogenético global de los elefantes, mamuts y mastodontes basado en genomas mitocondriales completos. Así como una revisión de las especies de mastodontes iberoamericanas. *Materiales y métodos:* se minó en el Genbank las secuencias de 42 genomas mitocondriales completos de los elefántidos sobrevivientes (*Elephas maximus*, *Loxodonta africana*, y *L. cyclotis*) y los extintos (*Elephas antiquus*, *Palaeoloxodon* sp.), mamuts (*Mammuthus primigenius*, *M. columbi*, y *M. jeffersonii*) y mastodontes americanos (*Mammuth americanum*). Su uso como grupo externo los Hyrax (*Dendrohyrax dorsalis*, *D. interfluvialis*, y *Procavia capensis*). Además, se realizó una revisión bibliográfica de las especies descritas de los gonfoterios iberoamericanos. *Resultados:* Los datos revelan la presencia de múltiples linajes dentro de algunas especies, niveles variables de diversidad genética en algunos clados, “pulgas” en las secuencias disponibles, especímenes mal identificados y géneros polifiléticos. *Conclusión:* Intentamos contextualizar estos hallazgos respecto a la distribución conocida de los mastodontes del continente americano y el trabajo pendiente en estas especies.

Palabras clave: paleogenómica, Elephantidae, mamuts, mastodontes, MtDNA, genomas completos.



Hacia la recuperación de la funcionalidad ecológica de la Laguna Cahue, Refugio Nacional de Vida Silvestre Barra del Colorado, Limón, Costa Rica

José Darío Arguedas-Carballo^{1*} & Lilliana Piedra-Castro¹

¹ Universidad Nacional, Escuela de Ciencias Biológicas, Laboratorio de Recursos Naturales y Vida Silvestre (LARNAVISI), Heredia, Costa Rica

Contacto: jose.arguedas.carballo@est.una.ac.cr*

“Recovering the ecological functionality of the Laguna Cahue, Refugio Nacional de Vida Silvestre Barra del Colorado, Limón, Costa Rica”. *Introducción:* El Refugio Nacional de Vida Silvestre (RNVS) Barra del Colorado cuenta con más de 160 sistemas lagunares y una cantidad desconocida de pantanos que, junto con los ríos Colorado y Gaspar, conforman un importante complejo de humedales. Los mismos están amenazados por contaminación proveniente de aguas residuales, agroquímicos y el cambio de uso de suelo por actividades ganaderas y agrícolas, que incrementan procesos erosivos. Para abordar estas problemáticas, se han planteado medidas de remediación como humedales artificiales que reducen la carga de contaminantes liberados al ambiente, mitigando su impacto. Por ejemplo, los biorrollos pueden contribuir en la reducción de la carga de sedimentos y contaminantes. Sin embargo, su potencial ha sido poco evaluado en ambientes muy húmedos. *Objetivo:* Evaluar el efecto de la biojardinera y los biorrollos para el tratamiento del ingreso de nutrientes y sedimentos, respectivamente, que afecta la Laguna Cahue, RNVS Barra del Colorado, Costa Rica. *Materiales y métodos:* Se construyó una biojardinera con diseño de flujo subsuperficial. Se utilizaron dos estañones plásticos cortados longitudinalmente y unidos formando una canoa. Se colocó plástico negro para impermeabilizar y se relleno con capas de piedra cuarta y arena. En la sección final, se realizó un agujero para la salida del agua. Finalmente, se colocaron plantas del género *Heliconia sp.* y se evaluó el sistema durante 5 meses, revisando el funcionamiento de cada componente y midiendo parámetros fisicoquímicos. Para los biorrollos, se utilizaron sacos de cabuya que se rellenan con fibra de coco. Se colocaron en dos quebradas tributarias al Río Zapota, afluente a la Laguna Cahue, que estaban rodeadas por distinta vegetación ribereña, bosque en regeneración y potrero arbolado. Los biorrollos se amarraron de forma continua para abarcar el cauce de las quebradas, de forma perpendicular a la corriente, y se aseguraron a anclajes disponibles en el sitio. Luego, se retiraron para procesar, extraer y cuantificar el sedimento recogido en la fibra. Se realizaron tres repeticiones. *Resultados:* Se encontró un funcionamiento adecuado de la biojardinera al mejorar parámetros fisicoquímicos como pH, potencial Redox y oxígeno disuelto. Aunque es notable que se necesita más tiempo para que el sistema se estabilice. Los biorrollos recogieron un total de 9636.5 g de sedimento, mostrando una alta capacidad de retención. Sin embargo, el material de los sacos se descompuso por efectos de la corriente y se perdieron biorrollos enteros que habían sido colocados. *Conclusión:* Ambas medidas resultaron ser efectivas para reducir la entrada de nutrientes y sedimentos en ambientes acuáticos. Es necesario probar nuevas técnicas y materiales que mejoren su funcionamiento a largo plazo.

Palabras clave: Erosión hídrica, vegetación ribereña, contaminación, sedimentos, biorrollo, biojardinera



Uso de Modelos de Ranas y Cámaras trampa para Detección de Potenciales Depredadores de Ranas Venenosas en el Refugio Lapa Verde

Gerald Vega-Campos^{*1}, Jarco Jandar Drent^{1,2}, Heike Pröhl³ & Carolina Esquivel-Dobles¹

¹ Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica;

² University of Groningen, Países Bajos,

³ Instituto de Zoología, Universidad de Medicina Veterinaria de Hannover, Bünteweg, Hannover, Alemania

Contacto: geraldcr01@gmail.com*

"Use of Frog Models and Camera Traps to Detect Potential Predators of Poison Dart Frogs in the Lapa Verde Wildlife Refuge." *Introducción:* Las ranas venenosas (familia Dendrobatidae) están ampliamente distribuidas en América Central y del Sur, incluyendo Costa Rica, donde *Oophaga pumilio* y *Dendrobates auratus* son comunes en la vertiente Caribe. A pesar de que existen registros de depredadores como serpientes, aves, peces y artrópodos, estos son limitados, lo cual se puede atribuir lo poco atractivas que pueden ser para muchos depredadores debido a sus colores llamativos (aposematismo) y cómo estos dan a entender la presencia de toxinas en las ranas. *Objetivo:* Determinar con ayuda de modelos de parafina y cámaras trampa la importancia que tienen distintos animales como depredadores *O. pumilio* y *D. auratus* en el Refugio de Vida Silvestre Lapa Verde, Sarapiquí, Heredia, Costa Rica. *Materiales y métodos:* El estudio utilizó modelos de ranas hechos de parafina pintadas para imitar a *O. pumilio*, *D. auratus* y ranas del género *Craugastor* para evaluar depredadores potenciales en tres tipos de hábitat (zona abierta, bosque joven y bosque maduro). Los modelos se colocaron en transectos cercanos a arroyos y se revisaron cada 72 horas para identificar marcas de depredación, que fueron categorizadas por tipo de depredador. El proceso se repitió al menos tres veces en cada sitio. Adicionalmente, se instalaron cámaras trampa en puntos seleccionados al azar en cada hábitat, programadas para capturar imágenes cada minuto. Las fotografías fueron analizadas usando inteligencia artificial (Traptagger) para identificar depredadores. Los datos recolectados se analizaron estadísticamente con pruebas Chi², además de realizar regresiones lineales para relacionar la distancia al arroyo con la frecuencia de ataques. *Resultados:* Se registraron ataques de aves, hormigas, cangrejos y roedores. Las pruebas de Chi² mostraron diferencias significativas en la variable "Tipo de Ataque" según el "Tipo de Hábitat", con un mayor número de ataques por hormigas en la zona abierta en comparación con las otras zonas de estudio. En el caso de aves y roedores, aunque los resultados no fueron estadísticamente significativos, se observó un aumento en la proporción de ataques a medida que el bosque presentaba un mayor nivel de sucesión. También se encontraron diferencias significativas entre el "Tipo de Ataque" y la "Distancia al borde del río": los ataques de cangrejos y roedores fueron más frecuentes de lo esperado cuanto menor era la distancia al arroyo, con los cangrejos registrándose exclusivamente a 1 m del borde. En cuanto a las hormigas, aunque los resultados no fueron estadísticamente significativos, se observó una tendencia al aumento de ataques conforme la distancia al arroyo incrementaba. Para las aves, la cantidad de ataques se mantuvo constante sin importar la distancia al cuerpo de agua. Finalmente, se observó que los modelos rojos y café fueron atacados en frecuencias y proporciones similares y que ambos fueron atacados más que los modelos verdes. Además, la mayoría de los ataques se concentraron en la zona de la cabeza (56%), lo que sugiere que los modelos fueron confundidos con ranas reales. *Conclusión:* La proporción y frecuencia de los ataques varía según el tipo de hábitat y la distancia al arroyo. Respecto a la preferencia de color, los modelos verdes fueron atacados con menor frecuencia que otros modelos, lo que indica una posible evasión por parte de los depredadores. Finalmente, la mayor concentración de ataques en la zona de la cabeza sugiere una buena efectividad de los modelos utilizados.

Palabras clave: depredación, modelos de ranas, aposematismo, dendrobatidae, hábitat



Cobertura de líquenes en cuatro sitios del bosque nuboso premontano bajo diferentes niveles de perturbación en Monteverde, Costa Rica

Ana Campos Morera^{1*}, Annika Heuser^{1,2}, José Luis Chaves³ Roberto Cordero Solórzano¹

¹ Universidad Nacional, Escuela de Ciencias Biológicas, Laboratorio de Ecología Funcional y Ecosistemas Tropicales (LEFET), Heredia, Costa Rica;

² Leibniz Universität Hannover, Alemania;

³ Trabajador independiente. Tilarán, Costa Rica

Contacto: ana.campos.morera@est.una.ac.cr*

Introducción

Los cambios en el paisaje ocasionados por la deforestación, la agricultura, la ganadería y la urbanización resultan en la fragmentación de la cobertura boscosa, e inducen un cambio en los procesos ecológicos, una reducción en la diversidad biológica y la propagación de especies invasoras desde los bordes del bosque. El daño al bosque está relacionado principalmente a la pérdida de cobertura de las copas o la biomasa y la interacción de ésta con otros componentes del proceso de ganancia de carbono, como lo es el contingente de la epífita, especialmente significativo en los bosques nubosos de mediana altura (Amici et al., 2020).

Los líquenes son organismos de crecimiento lento que toleraron cambios ambientales extremos durante cientos de años y están afectados por muchos factores físicos y bióticos (Rogers 1990). En este sentido, la distribución, diversidad, composición de especies y cobertura de los líquenes se han utilizado como bioindicadores para monitorizar la alteración de la estructura de los bosques, en torno a la complejidad y madurez del ecosistema (Benítez et al., 2018), el gradiente de perturbaciones (Cordero et al., 2021), la contaminación del aire, la recuperación inmediata y el estado de conservación, además de que pueden ser usados como un sistema de monitoreo permanente.

El presente estudio analiza la influencia del manejo antropogénico del uso de la tierra sobre la presencia de líquenes cortícolas en un bosque nuboso premontano en Monteverde, Costa Rica, mediante una comparación de la riqueza e importancia ecológica de la comunidad de líquenes cortícolas entre cuatro coberturas boscosas ribereñas con diferentes niveles de perturbación.

Materiales y métodos

Área de estudio. El área de estudio se encuentra ubicada en las faldas “Cerro Amigos” en la Cordillera de Tilarán, muy cercano a las poblaciones de Santa Elena y Monteverde (Puntarenas, Costa Rica), las cuales se sitúan dentro de la zona de vida del bosque húmedo premontano, entre los 1300 a 1550 msnm, una precipitación promedio anual de 2000 a 2500 mm, y una temperatura promedio anual de 18,4 °C. Todos los sitios muestreados fueron seleccionados al lado de un cuerpo de agua por lo que los consideramos como coberturas boscosas de ribera (bosque ribereño). Estos sitios se seleccionaron de acuerdo con un gradiente de perturbación que va desde un área rural urbana hasta bosque secundario viejo en el siguiente orden: 1) Jardín: bosque relicto ribereño rodeado de construcciones y carretera, en centro de Paso Llano de Monteverde. 2) Finca las

Moras, zona rural, rodeada de centros urbanos y potreros, 3) La Máquina: bosque ribereño rodeado de hoteles y casas de habitación, 4) Crandell: bosque ribereño rodeado de reservas. (**Figura 1.**)

Diseño experimental: Se cuantificó la estructura de la vegetación arborescente muestreada en las cuatro coberturas forestales midiendo el Diámetro de la Altura del Pecho (DAP) de los árboles muestreados en orden de aparición hasta lograr entre 25 a 30 árboles por sitio. En cada árbol se midió el Índice de Área Foliar (IAF) y la cobertura del dosel de acuerdo a uno de los cuatro puntos cardinales que cambiaban secuencialmente entre árboles. La cobertura de líquenes se obtuvo mediante dibujos de siluetas y tomas de fotografías de una plantilla de 20X10 cm colocada a más menos la altura de 130 cm (Cordero et al., 2021). También se recogieron muestras pequeñas del tejido de cada liquen diferente en cada cuadrícula y se utilizaron claves taxonómicas para asignar géneros de líquenes (Sipman, 2020) y otras claves publicadas para la identificación de especies (e.g., Sipman et al., 2012). Las especies no completamente identificadas se consideraron como morfotipos

y se trataron como especies para los análisis.

Análisis de datos: La clasificación a priori de los sitios fue evaluada con base en su nivel de perturbación, utilizando sus datos de cobertura foliar, DAP y la condición del paisaje. Se calculó el Índice de Valor de Importancia (IVI) de las comunidades de líquenes para cada uno de los cuatro sitios y además se compararon de acuerdo con los parámetros de cobertura total promedio, el porcentaje de cobertura y se realizó una prueba de curtosis y asimetría para comprobar si todos los sitios de muestreo siguen la misma tendencia en la distribución de su dominancia a partir de los datos de las áreas de cobertura de todos los individuos y especies. Se realizaron dos pruebas de Chi-cuadrado para comparar la distribución de frecuencias de los tamaños de las áreas superficiales de los individuos y la abundancia de los líquenes en los sitios de estudio. El primero comparó la cantidad total de líquenes por sitio, y el segundo la proporción de líquenes respecto a sus tamaños utilizando cuatro categorías: <125 mm², 125–250 mm², 250–375 mm² y >375 mm².



Figura 1. Distribución espacial de los sitios de muestreo.

Resultados y discusión

Se midieron entre 25 y 30 árboles en cada sitio o de estudio, y se tomaron muestras de un total de 1937 individuos de líquenes. Las pruebas estadísticas revelaron que el sitio Crandell es el menos perturbado, con un DAP promedio de 22,47 cm², un IAF medio de 2,07, una cobertura media del dosel del 81,14% y un área basal total de 1,38 m²; le siguen Quebrada La Máquina, Finca Las Moras y Jardín. Se encontraron diferencias tanto en la abundancia de líquenes ($\chi^2 = 1289.28$, gl = 3, $p < 0.001$) como en la distribución de sus tamaños ($\chi^2 = 177.26$, gl = 3, $p < 0.001$) entre los sitios estudiados, siguiendo esta la tendencia sugerida por la hipótesis de la diversidad intermedia (Connell, 1978).

El sitio La Máquina obtuvo la mayor cobertura de líquenes y el mayor porcentaje de cobertura, seguido por Finca las Moras, Reserva Crandell y Jardín. El mayor número de especies se encontró igualmente en el sitio La Máquina, seguido de Reserva Crandell, Jardín y Finca Las Moras (60, 48, 38 y 35 especies respectivamente). En todas las zonas de muestreo, *Porina* sp. fue la especie con mayor IVI, sobresaliendo de manera significativa entre las otras especies.

Conclusiones

La perturbación antropogénica hacia los ecosistemas ha generado grandes pérdidas en su salud y biodiversidad. La alta dependencia de los líquenes a los factores ambientales conduce a que muchas variables puedan afectar su diversidad y composición de especies. Es por ello que se destaca la importancia de relacionar las variables en la cobertura de líquenes con el grado de perturbación de un ambiente. En este estudio, pudimos clasificar los cuatro sitios forestales en cuanto a su nivel de perturbación, y a pesar de que no hay una relación proporcionalmente directa entre

grado de perturbación y la presencia de líquenes, es notable que los sitios con perturbación intermedia presentan mayor riqueza de especies. Esta relación es importante puesto que de manera clásica se asocia a los líquenes con ambientes abiertos y perturbados, y en nuestro caso, con mayor variación de micrositios. Esta puede ser la explicación al gradiente opuesto entre briofitos y líquenes encontrados por Brigham (2016), en Monteverde. Es posible asociar riqueza y quizás diversidad con sitios menos homogéneos y perturbados que en sitios más homogéneos y micro ambientalmente menos variables que inciden sobre los microhábitats de los tallos de los árboles.

En la literatura, una cantidad de factores definen la riqueza y diversidad de líquenes cortícolas y epixílicos en los bosques tropicales (Benítez et al., 2012; Benítez et al., 2019; Waring, 2008) que podrían ayudar a explicar las variaciones aquí observadas. En términos generales, los líquenes poseen una tasa de crecimiento relativa baja que, con una baja demanda de nutrientes y una mayor asignación de carbono para la resistencia al estrés, les permite la colonización de entornos más extremos (Amstrong & Bradwell, 2010). Desde el punto de vista de las variaciones climáticas globales, es posible imaginar que, para escenarios climáticos futuros, la riqueza y diversidad de líquenes se vea afectada mediante la reducción de especies especialistas de sotobosque y un aumento desmedido de especies generalistas liquénicas adaptadas a climas más drásticos.

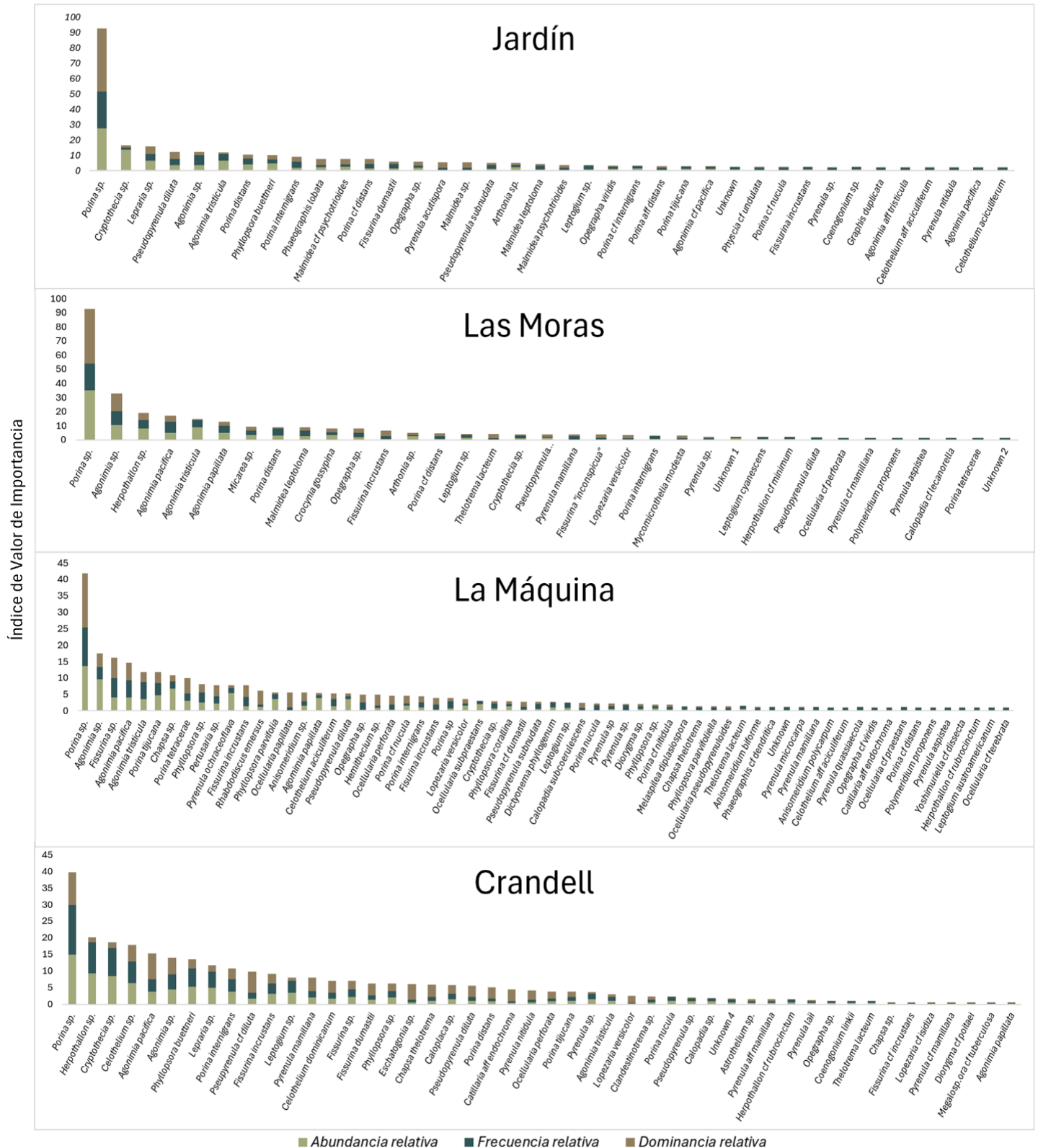


Figura 2. Índice de Valor de Importancia (IVI) para las especies de líquenes encontradas en los sitios de muestreo.



Referencias

- Amici, A. A., Nadkarni, N. M., Williams, C. B., & Gotsch, S. G. (2020). Differences in epiphyte biomass and community composition along landscape and within crown spatial scales. *Biotropica*, 52(1), 46–58. <https://doi.org/10.1111/btp.12725>
- Armstrong, R., & Bradwell, T. (2010). Growth of crustose lichens: a review. *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography*, 92(1), 3-17.
- Benítez, A., Prieto, M., González, Y., & Aragón, G. (2012). Effects of tropical montane forest disturbance on epiphytic macrolichens. *The Science of the Total Environment*, 441, 169–175. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.09.072>
- Benítez, A., Aragón, G., González, Y., & Prieto, M. (2018). Functional traits of epiphytic lichens in response to forest disturbance and as predictors of total richness and diversity. *Ecological Indicators*, 86, 18–26. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.12.021>
- Benítez, Á., Aragón, G., & Prieto, M. (2019). Lichen diversity on tree trunks in tropical dry forests is highly influenced by host tree traits. *Biodiversity and Conservation*, 28(11), 2909–2929. <https://doi.org/10.1007/s10531-019-01805-9>
- Brigham, L. (2016). Distribution of Lichens and Bryophytes Along an Elevational Gradient in the Monteverde Cloud Forest, Costa Rica [University of California, San Diego, California]. RIS. https://digital.lib.usf.edu/content/sf/s0/05/60/18/00001/m39-00568-brigham_laurel_lichen_bryophyte_distribution_eap_spring_2016.pdf
- Cordero S., R. A., Garrido, A., Pérez-Molina, J. P., Ramírez-Alán, O., & Chávez, J. L. (2021). Lichen community structure and richness in three mid-elevation secondary forests in Costa Rica. *Revista De Biología Tropical*, 69(2), 688–699. <https://doi.org/10.15517/rbt.v69i2.46162>
- Rogers, R. W. (1990). Ecological strategies of lichens. *The Lichenologist*, 22(2), 149-162.
- Sipman, H.J. (2020). Identification key and literature guide to the genera of Lichenized Fungi (Lichens) in the Neotropics. Botanic Garden & Botanical Museum Berlin-Dahlem. <https://archive.bgbm.org/BGBM/STAFF/Wiss/Sipman/keys/neokeyA.htm>
- Sipman, H.J., Lücking, R., Aptroot, A., Chaves, J.L., Kalb, K., & Tenorio, L.U. (2012). A first assessment of the Ticolichen biodiversity inventory in Costa Rica and adjacent areas: the thelotremoid Graphidaceae (Ascomycota: Ostropales). *Phytotaxa*, 55(1), 1–214. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.55.1.1>
- Waring, B. (2008). Light exposure affects secondary compound diversity in lichen communities in Monteverde, Costa Rica [University of Pennsylvania, Pennsylvania]. RIS. https://digital.lib.usf.edu/content/sf/s0/00/12/95/00001/m39-00376-waring_bonnie_secondary_compound_diversity_lichen_communities_ciee_spring_2007.pdf



Variabilidad intraespecífica de la respuesta del intercambio gaseoso de *Samanea saman* (Fabaceae) de siete procedencias en Costa Rica

Andrés Rojas-González^{1*}, William Hernández-Castro², Roberto Cordero-Solórzano¹

¹ Universidad Nacional, Escuela de Ciencias Biológicas, Laboratorio de Ecología Funcional y Ecosistemas Tropicales (LEFET), Heredia, Costa Rica

² Universidad Nacional, Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar, Instituto de Investigación y Servicios Forestales (INISEFOR), Heredia, Costa Rica;

Contacto: andres.rojas.gonzalez@est.una.ac.cr*

Introducción

Los bosques de todo el mundo han experimentado un aumento de temperatura y CO₂ debido a la crisis climática (Sage et al., 1989; Makino y Mae, 1999; Peterson et al., 1999). La evidencia sugiere que este efecto podría ser mayor en las regiones tropicales e influye directamente en los procesos de asimilación de carbono (Cernusak et al., 2013). Por lo que buscamos estudiar la respuesta fotosintética de *Samanea saman* (Fabaceae) para la identificación de rasgos fisiológicos que favorezcan la aclimatación potencial a escenarios climáticos futuros.

Materiales y Métodos

Área de estudio. Se obtuvieron semillas de árboles madre de *Samanea saman* de siete procedencias (sitios) en Costa Rica (Atenas, Valle Central, Pacífico Central, Santa Cruz, Limón, Zona Norte y Zona Sur).

Diseño experimental. Las procedencias se clasificaron de acuerdo con dos condiciones climáticas de la región de origen: húmedo y seco. Las plántulas se sembraron a partir de semillas germinadas en el vivero de investigación (jardín común) del Instituto de Investigaciones y Servicios Forestales (INISEFOR) en Heredia. Por medio de un sistema de medición de intercambio gaseoso portátil

(LICOR-6800) se realizaron: 1: Curvas en respuesta a la luz a trece niveles de irradiancia (PPFD) y 2: curvas en respuesta a la temperatura a ocho niveles, a 420 y 700 ppm de CO₂ en los folíolos de las hojas. Además, se recolectó una hoja (dos folíolos) por plántula, se secaron a 60 °C por 72 h y se pesaron para calcular el área foliar específica.

Análisis estadístico. Los parámetros de la respuesta fotosintética a la luz y a la temperatura fueron evaluados por medio de ANDEVA y ANCOVA considerando las procedencias, los grupos climáticos y los niveles de CO₂ como variables categóricas.

Resultados y discusión

Respuesta a la luz

El punto de compensación lumínico (I_{comp}), la eficiencia cuántica (Q_{app}) y la curvatura (θ) de la respuesta fotosintética a la luz varían de acuerdo con las procedencias. Esta tendencia está relacionada con el “efecto Kok” en la región inferior de la curva general de la respuesta fotosintética a la luz, donde ocurre una disminución abrupta en la eficiencia cuántica una vez que se supera el punto de compensación lumínico (Sharp et al., 1984; Yin et al., 2020).

Encontramos una tendencia general positi-

va en las relaciones: $A_{\max}$ vs g_s , C_i vs g_s y Q_{app} vs I_{comp} en todas las procedencias (Figura 1abc). En θ vs I_{comp} , encontramos una relación no lineal e inversa a las relaciones anteriormente mencionadas (Fig. 1d). Valle Central es la procedencia que muestra mayor variación en carbono intercelular (C_i) y conductancia estomática (g_s). Nuestros resultados sugieren que la especie *S. saman* lidia con diferencias geográficas ajustando el equilibrio entre la ganancia de carbono y la pérdida de agua, por lo que existe un potencial adaptativo a las condiciones de cada sitio. Además, las procedencias de clima seco presentaron en promedio tasas fotosintéticas más altas que las de clima húmedo. Esto puede deberse a que las plantas de clima seco aprovechan cuando existe disponibili-

dad de agua, a diferencia del clima húmedo donde hay constante agua. Una respuesta separada de ambos grupos nos sugiere una posible evidencia de adaptación local a sus sitios de origen. Sin embargo, la inconsistencia entre la clasificación del grupo climático y la procedencia sugiere que otros factores como la interacción de rasgos funcionales adquisitivos y conservadores, pueden influir en la definición de tendencias claras (Umaña et al., 2023).

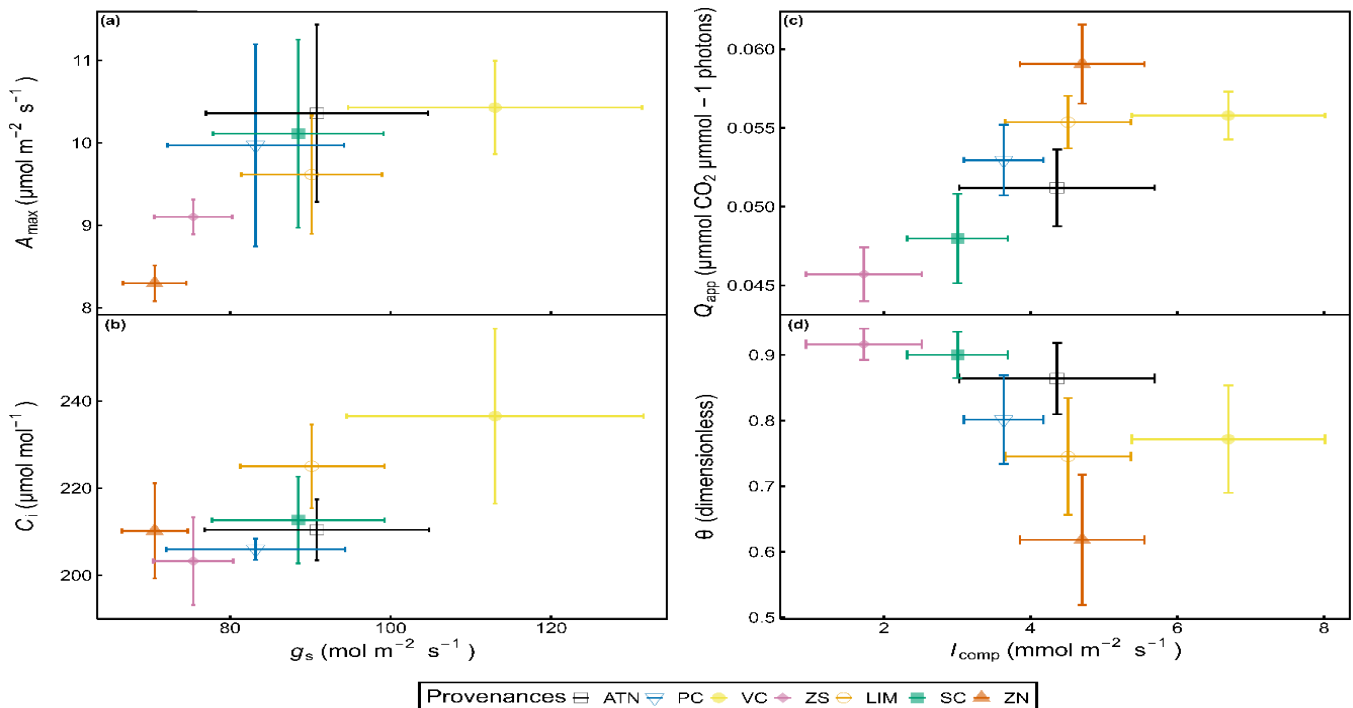


Fig. 1. Relación entre los parámetros de intercambio de gases: (a) $A_{\max}$ vs g_s , (b) C_i vs g_s , (c) Q_{app} vs I_{comp} , y (d) θ vs I_{comp} . Cada símbolo representa la media aritmética y el error estándar respectivo para los parámetros de intercambio de gases medidos en plántulas de *S. saman* de siete procedencias de Costa Rica, i.e. ATN (Atenas), PC (Pacífico Central), VC (Valle Central), ZS (Zona Sur), LIM (Limón), SC (Santa Cruz) y ZN (Zona Norte).

Respuesta a la temperatura y al CO₂

Encontramos variación de la asimilación óptima de carbono entre las plántulas dentro de las mismas procedencias, pero no entre las procedencias. Además, obtuvimos que en promedio las plantas medidas a 700 ppm de CO₂ alcanzan una mayor asimilación óptima que las plantas a 420 ppm (Fig. 2), esto concuerda a la respuesta que otros autores describen (Hogan et al., 1994; Cernusak et al., 2013; Hussain et al., 2021). Las curvas en respuesta a la temperatura a 420 ppm presentaron valores de omega menores que a 700 ppm, lo que significa un pico ligeramente más pronunciado y una concavidad más marcada (Fig. 2).

Por otra parte, encontramos independencia de los parámetros de la respuesta fotosintética a la temperatura y al CO₂ con la procedencia. Esto podría estar relacionado a la presencia de rasgos divergentes a nivel individual, mediante la selección de variación ambiental hacia diferentes características óptimas en escalas espaciales locales (Brousseau et al., 2021). Por tanto, sugerimos que esta variación podría estar explicada por la distribución natural de *Samanea saman* que abarca un amplio gradiente geográfico y climático, además de un fuerte efecto antropogénico en su dispersión y siembra (Flores, 2002; Condit et al. 2010).

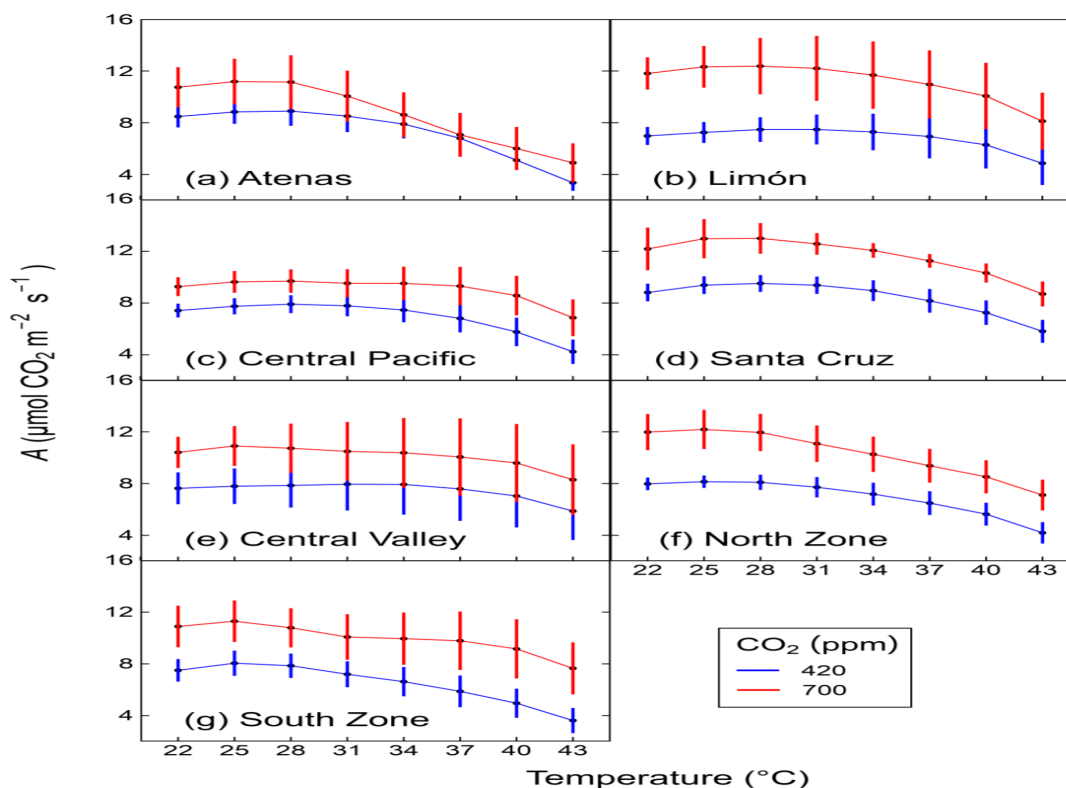


Figura 2. Curvas de respuesta a la temperatura para plántulas de *Samanea saman* de siete procedencias de Costa Rica: (a) Atenas, (b) Limón, (c) Pacífico Central, (d) Santa Cruz, (e) Valle Central, (f) Zona Norte y (g) Zona Sur. Cada panel presenta la media aritmética de la tasa de asimilación de CO₂ (A) medida a 700 ppm (línea roja) y a 420 ppm de CO₂ (línea azul), junto con los errores estándar ($\pm$ SEM; barras) de curvas respuesta de cinco plántulas por cada procedencia (n = 35). Los valores de A fueron ajustados según la Ecuación 2, siguiendo el modelo de June et al. (2004).



Conclusiones

Algunas procedencias varían en su eficiencia (rendimiento cuántico) e intensidad lumínica (punto de compensación lumínico) necesaria para fijar carbono. Las procedencias de clima seco tienden a tener tasas fotosintéticas mayores. En un escenario climático futuro, *S. saman* tenderá a tasas fotosintéticas más altas a temperaturas óptimas más bajas y una caída de la fotosíntesis por termo-inhibición menos abrupta. A pesar de la alta variación individual en la tasa fotosintética óptima dentro de cada procedencia, no encontramos diferencias significativas entre las procedencias. Esta variabilidad indica que la especie es capaz de adaptarse al cambio climático, lo cual está alineado con el ODS 13 que busca mitigar y adaptarnos a este fenómeno.

Dada su amplia distribución y su alta variación fotosintética local para aclimatarse a sitios con condiciones climáticas distintas. De acuerdo con el ODS 15, sugerimos que la especie *Samanea saman* se utilice como un recurso potencial en procesos de restauración ecológica y ecosistémica. Además, *S. saman* podría ser utilizado en paisajismo y arborización urbana, lo cual podría contribuir alcanzar el ODS 11 en cuanto al mejoramiento de la calidad de vida en las ciudades. Para efectos metodológicos, sugerimos agregar a este tipo de estudios un diseño experimental de trasplante recíproco, que permita que plantas de distintas procedencias exhiban diferencias marcadas en crecimiento o en fisiología que reflejen la selección de una mayor adaptabilidad en su ambiente nativo.

Referencias

Brousseau, L., Fine, P. V., Dreyer, E., Vendramin, G. G., y Scotti, I. (2021). Genomic and phenotypic divergence unveil microgeographic adaptation in the Amazonian hyperdominant tree *Eperua falcata* Aubl.(Fabaceae). *Molecular Ecology*, 30(5), 1136-1154.

Cernusak, L. A., Winter, K., Dalling, J. W., Holtum, J. A., Jaramillo, C., Körner, C., ... y Wright, S. J. (2013). Tropical forest responses to increasing atmospheric CO₂: current knowledge and opportunities for future research. *Functional plant biology*, 40(6), 531-551.

Condit, R., Pérez, R. A., y Daguerre, N. (2010). *Trees of Panama and Costa Rica* (Vol. 74). Princeton University Press.

Flores, E.M. 2002. *Samanea saman* (Jacq). Merr. In: Vozzo, J. A. *Tropical tree seed manual* (No. 721) (pp. 701-704). US Department of Agriculture, Forest Service.

Hogan, K. P., Smith, A. P., Araus, J. L., y Saavedra, A. (1994). Ecotypic differentiation of gas exchange responses and leaf anatomy in a tropical forest understory shrub from areas of contrasting rainfall regimes. *Tree Physiology*, 14(7-8-9), 819-831.

Hussain, S., Ulhassan, Z., Brestic, M., Zivcak, M., Zhou, W., Allakhverdiev, S. I., ... y Liu, W. (2021). Photosynthesis research under climate change. *Photosynthesis Research*, 150, 5-19.

Makino, A., y Mae, T. (1999). Photosynthesis and plant growth at elevated levels of CO₂. *Plant and Cell Physiology*, 40(10), 999-1006.

Peterson, A. G., Ball, T. J., Yiqi, L., Field, C. B., Reich, P. B., Curtis, P. S., Griffin, K. L., Gunderson, C. A., Norby, R. J., y Zak, D. R. (1999). The photosynthesis-leaf nitrogen relationship at ambient and elevated atmospheric carbon dioxide: A meta-analysis. *Global change biology*, 5(3), 331-346.

Sage, R. F., Sharkey, T. D., y Seemann, J. R. (1989). Acclimation of photosynthesis to elevated CO₂ in five C₃ species. *Plant Physiology*, 89(2), 590-596.



Sharp, R. E., Matthews, M. A., y Boyer, J. S. (1984). Kok effect and the quantum yield of photosynthesis: light partially inhibits dark respiration. *Plant physiology*, 75(1), 95-101.

Umaña, M. N., Salgado-Negret, B., Norden, N., Salinas, V., Garzón, F., Medina, S. P., Rodríguez-M, G. M., López-Camacho, R., Castaño-Naranjo, A., Cuadros, H., Franke-Ante, R., Avella, A., Idárraga-Piedrahita, A., Jurado, R., Nieto, J., Pizano, C., Torres, A. M., García, H., y González-M, R. (2023). Upscaling the effect of traits in response to drought: The relative importance of safety–efficiency and acquisitive–conservation functional axes. *Ecology Letters*, 26(12), 2098-2109.

Yin, X., Niu, Y., van der Putten, P. E., y Struik, P. C. (2020). The Kok effect revisited. *New Phytologist*, 227(6), 1764-1775.

Morfometría e inestabilidad del desarrollo foliar en clones de *Gmelina arborea* Roxb. (Lamiaceae)

Karen Zúñiga-Jiménez^{1*}, Yesenia Andrade-Arceda¹, William Hernández Castro², Roberto Cordero-Solórzano¹

¹ Universidad Nacional, Escuela de Ciencias Biológicas, Laboratorio de Ecología Funcional y Ecosistemas Tropicales (LEFET), Heredia, Costa Rica

² Instituto de investigaciones y Servicios Forestales (INISEFOR), Heredia, Costa Rica

Contacto: karen.zuniga.jimenez@est.una.ac.cr*

Introducción

La hoja es el órgano más importante dada su asociación con la capacidad fotosintética y la ganancia de carbono final diaria y total de las plantas. Algunas variaciones morfométricas pueden ser indicadoras del estado general de la planta. Un ejemplo de esto es la asimetría fluctuante (AF), que se refiere a desviaciones aleatorias y pequeñas de la simetría bilateral en estructuras que usualmente son simétricas, lo que puede interpretarse como perturbaciones en el desarrollo (Hódar, 2002; Li et al., 2021; Buchner et al., 2024). Nuestros estudios han identificado variables del intercambio gaseoso de las hojas de clones de *Gmelina arborea* que vislumbran algunas variaciones fenotípicas y quizás genéticas. Es entonces nuestro objetivo analizar algunos rasgos morfométricos foliares de clones de *Gmelina arborea* y su posible uso como indicadores de fenotipos superiores.

Materiales y métodos

Material clonal. Se estudiaron brinzales de once clones de *Gmelina arborea* Roxb (Lamiaceae) obtenidos de la Compañía Servicio Forestal Costa Rica y que fueron mantenidas en condiciones de invernadero en las instalaciones del Instituto de Investigaciones y Servicios Forestales, de la Universidad Nacional, sede Here-

dia. Las plantas madre se colocaron en condiciones de invernadero en la zona de Santa Lucía de Heredia. Las plantas han sido podadas y mantenidas de bajo porte por al menos un año.

Mediciones. Luego de una última poda, se recolectó una hoja de posición media a superior de cinco plantas de cada clon. Se realizaron diversas medidas morfométricas, incluyendo el largo del peciolo, el largo de la lámina, el ancho medio derecho, el ancho medio izquierdo, el ancho foliar al 50% del largo y el área foliar (**Figura 1**). A partir de estas dimensiones, se calcularon cuatro índices de forma, la asimetría fluctuante ($AF = \text{ancho medio derecho} / \text{ancho medio izquierdo}$), el cociente ancho/área foliar ($AAF = \text{ancho al 50\% del largo} / \text{área foliar}$), el índice de forma funcional-foliar ($Functf = \text{área foliar} / \text{longitud de la lámina}$) y el cociente lámina/peciolo ($CLP = \text{largo de la lámina} / \text{largo del peciolo}$). Estos parámetros permitieron evaluar tanto las variables unidimensionales, así como las posibles asimetrías en las hojas/clones estudiados. El grado de asimetría fluctuante en las hojas se determinó mediante la diferencia entre el largo del lado izquierdo y el derecho de la hoja como una medida de estrés (Venâncio et al., 2016).

Análisis de datos. Los rasgos individuales medidos y sus cocientes fueron evaluados mediante ANO-

VA de una vía, ANCOVA con el clon como variable categórica y un análisis multivariable (PCA).



Figura 1. Algunas medidas morfométricas realizadas en hojas de clones de *Gmelina arborea*. a) largo del peciolo, b) largo de lámina, c) ancho medio derecho, d) ancho medio izquierdo, e) ancho foliar al 50% del largo, f) área foliar, y los cocientes entre algunos de estas dimensiones como g) asimetría fluctuante ($AF = c/d$); h) cociente ancho/área foliar ($AAF = e/f$); i) cociente área foliar/largo de lámina ($Functf = f/b$) y j) cociente lámina/peciolo ($CLP = b/a$).

Resultados y discusión.

Las dimensiones de las hojas tienden a diferir de manera importante entre clones. Los clones se diferencian en la longitud del peciolo ($F(10,44)=2.44$, $p=0.02$, $R^2=0.36$), la longitud de la lámina ($F(10,44)=2.21$, $p=0.03$, $R^2=0.33$) y en la longitud total ($F(10,44)=2.21$, $p=0.03$, $R^2=0.33$). En especial, el clon 10 presenta hojas más pequeñas siempre. El índice de forma AAF presenta diferencias significativas entre los clones (Fig 2). El análisis

de covarianza (ANCOVA) reveló que el área foliar varía significativamente entre los clones ($F(10,33) = 3.12$, $p = 0.007$, $R^2 = 0.91$). Además, se observó una interacción significativa entre el clon y el ancho total ($F(10,33) = 3.41$, $p = 0.004$), y el ancho total mostró un efecto significativo sobre el área foliar ($F(1,33) = 129.13$, $p < 0.001$).

Los dos componentes principales (CP1 y CP2) explicaron el 75% de la varianza. CP1 explica las diferencias de forma unidimension-

al (58%) y el CP2 (17%) asigna la variación de los clones a los cocientes de asimetría (Fig.3).

Conclusiones

Las relaciones alométricas y proporcionales en las dimensiones de las hojas resultaron importantes en separar de manera general entre los clones. La forma y asimetría de las hojas resultan en parámetros prometedores para

la búsqueda de clones superiores. Un análisis de Procrustes de las siluetas de las hojas enteras nos permitirá ahondar más en las diferencias generales encontradas hasta ahora.

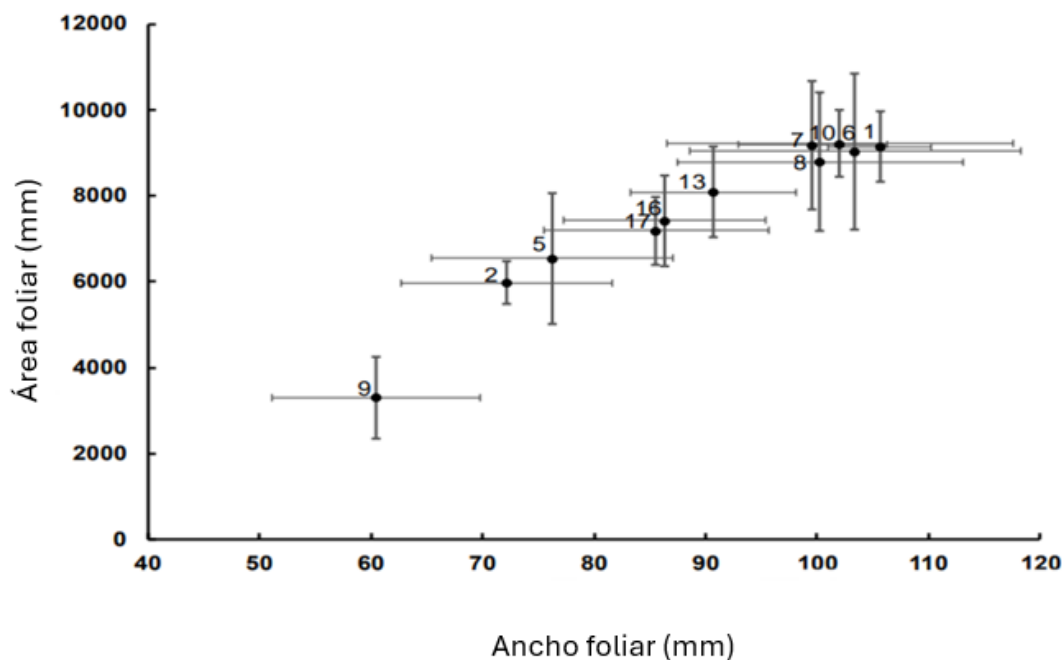


Figura 2. Relación entre el área foliar y el ancho total de la hoja en clones de *Gmelina arborea*

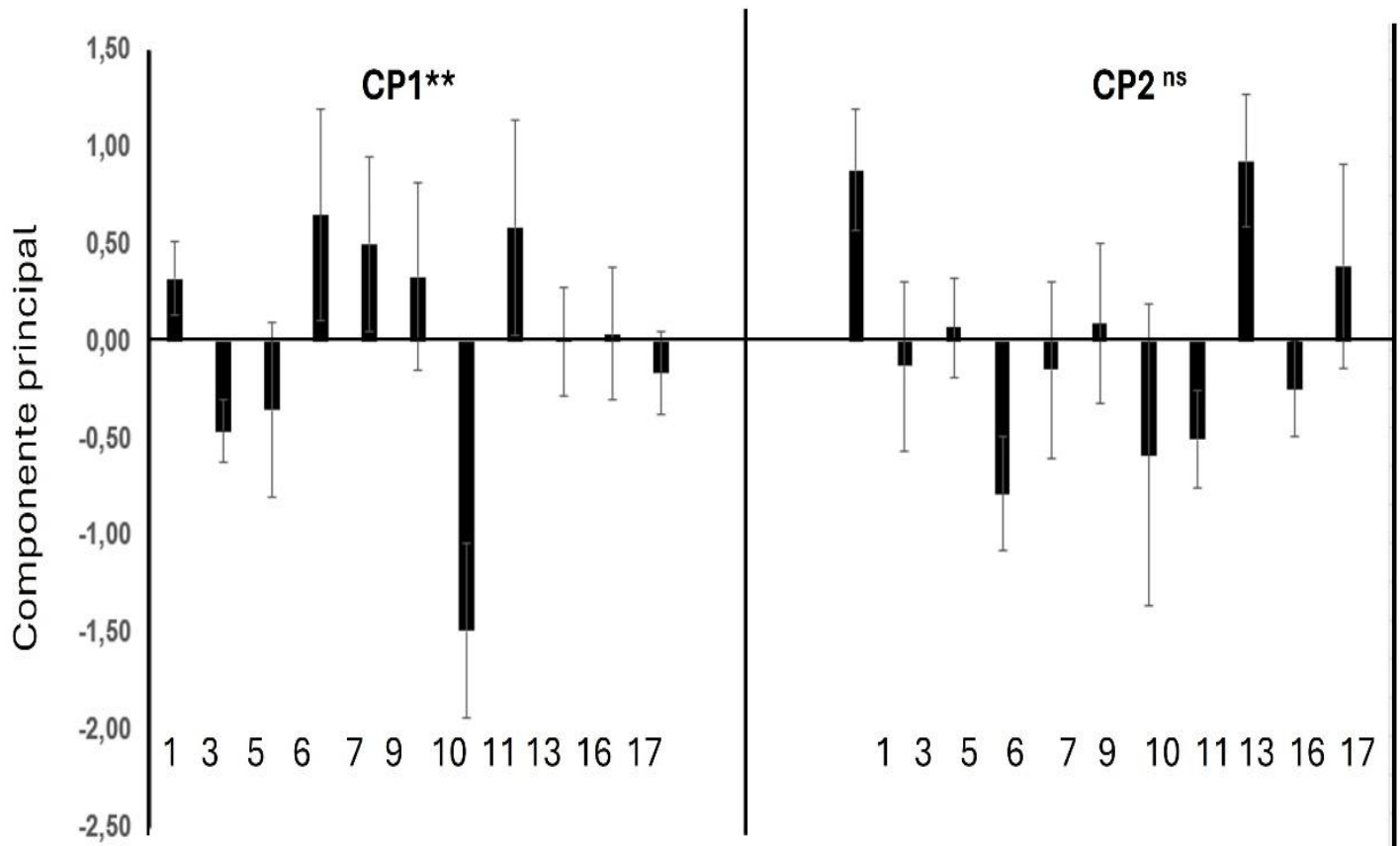


Figura 3. Diferenciación de clones basada en forma según los componentes principales (CP1 y CP2). **: $P < 0.05$, n.s: no diferencias significativas

Referencias

Buchner, L., Eisen, A. K., & Jochner-Oette, S. (2024). Effects of ash dieback on leaf physiology and leaf morphology of *Fraxinus excelsior* L. *Trees*, 38(5), 1205-1221.

Hódar, J. A. (2002). Leaf fluctuating asymmetry of Holm oak in response to drought under contrasting climatic conditions. *Journal of arid environments*, 52(2), 233-243.

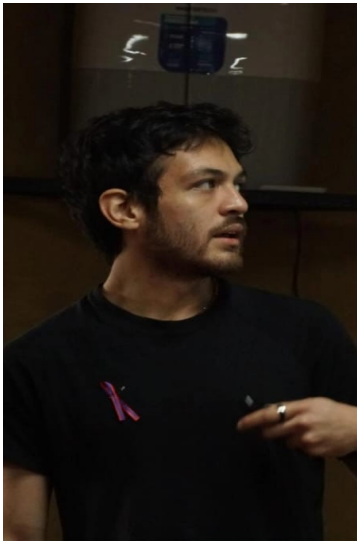
Li, Y., Zhang, Y., Liao, P. C., Wang, T., Wang, X., Ueno, S., & Du, F. K. (2021). Genetic, geographic, and climatic factors jointly shape leaf morphology of an alpine oak, *Quercus aquifolioides*

Rehder & EH Wilson. *Annals of Forest Science*, 78, 1-18.

Venâncio, H., Alves-Silva, E., & Santos, J. C. (2016). Leaf phenotypic variation and developmental instability in relation to different light regimes. *Acta Botanica Brasílica*, 30, 296-303.



Fotografías



Fotografías





Fotografías





Fotografías





Fotografías





Fotografías





Fotografías





Fotografías





Fotografías





Fotografías

