

Potenciales defensas Químicas de Plantas Nativas de Potrerillo del Güendá utilizando Conducta de Formícidos como Bioindicadores

Potential Chemical defenses of Native Plants from Potrerillo del Güendá using ant Behavior As Bioindicators

Jhoseline Vanesa Quinteros Guzmán ¹✉ • Diana Enriquez Loayza ² • Monica Patricia Cervantes ³ • Santiago Benitez-Vieyra ⁴

Recibido: 28 Enero 2024 / Revisado: 26 Febrero 2024 / Aceptado: 3 Abril 2024 / Publicado: 23 Abril 2024

Resumen

Las plantas juegan un papel crucial en los ecosistemas terrestres y enfrentan desafíos bióticos constantes, como la herbivoría, ante esto las plantas han desarrollado compuestos químicos para su defensa. El objetivo principal de este estudio fue analizar las defensas químicas de seis especies de plantas nativas del Bosque Seco Chiquitano transicional Amazonico, evaluando su capacidad para repeler formícidos diurnos. Inicialmente, se calculó el porcentaje de herbivoría en las hojas de las plantas. Para evaluar la repelencia, se realizaron extractos con tejido de cada especie de planta y se midió la abundancia y el volumen consumido por formícidos en bioensayos de campo. Los resultados revelan que los extractos de *Rheedia brasiliensis* (Clusiaceae) exhibe una repelencia significativa, mientras que los de *Sapindus saponaria* (Sapindaceae) actúa como un atrayente para los formícidos. Estos hallazgos confirman la capacidad de ciertas plantas para repeler insectos, entre ellos los formícidos, mediante metabolitos secundarios que contienen los tejidos. Las diferencias entre la abundancia y el volumen consumido señalan complejidades en las interacciones planta-formicido. La investigación destaca la importancia ecológica de estas interacciones.

Diana Enriquez Loayza

<https://orcid.org/0009-0005-6089-5402>

Monica Patricia Cervantes

<https://orcid.org/0009-0000-6449-0772>

Santiago Benitez-Vieyra

<https://orcid.org/0000-0003-4116-7969>

Jhoseline Vanesa Quinteros Guzmán/201409384@est.umss.edu
✉ <https://orcid.org/0009-0004-1338-0193>

- 1 Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia
- 2 Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca
- 3 Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia
- 4 Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (CONICET- Universidad Nacional de Córdoba), Argentina

Palabras claves: Toxicidad, Herbivoría, Actividad repelente, Bioensayo.

Abstract

Plants play a crucial role in terrestrial ecosystems and face constant biotic challenges, such as herbivory; in response, plants have developed chemical compounds for defense. The main objective of this study was to analyze the chemical defenses of six species of native plants from the transitional dry Chiquitano Amazonico forest, assessing their ability to repel diurnal ants. Initially, the percentage of herbivory on the leaves of the plants was calculated. To evaluate repellency,

extracts were made from tissue of each plant species, and the abundance and volume consumed by ants were measured in field bioassays. The results reveal that extracts of *Rheedia brasiliensis* (Clusiaceae) exhibit significant repellency, while those of *Sapindus saponaria* (Sapindaceae) act as attractants for ants. These findings confirm the ability of certain plants to repel insects, including ants, through secondary metabolites contained in their tissues. Differences in abundance and volume consumed indicate complexities in plant-ant interactions. The research highlights the ecological importance of these interactions.

Keywords: Toxicity, Herbivory, Repellent activity, Bioassay.

Introducción

El rol de las plantas en la cadena trófica las expone continuamente a diversos tipos de estrés biótico, como la herbivoría y los patógenos (Rejeb et al., 2014).

Ante estos desafíos, las plantas dejan de ser entidades pasivas y desarrollan complejos mecanismos de defensa que les permiten sobrevivir y reproducirse en su entorno (Belete et al., 2021). La capacidad de una planta para defenderse es un factor clave para determinar su adecuación biológica, es decir, su capacidad para sobrevivir y transmitir sus genes a la siguiente generación (Younginger, 2017).

Estas defensas químicas son a menudo usadas para el estudio de componentes y principios activos, por ello son fuentes promisorias para la experimentación y verificación de actividades de repelencia o atracción (Echavarría et al., 2016).

En muchos casos se busca desarrollar nuevos agentes basados en productos naturales obtenidos de extractos vegetales como soluciones para el manejo eficaz y sostenible de plagas (Jiménes J., 2022).

Ubicado en el corazón de América del Sur, la

ecorregión del Bosque Seco Chiquitano alberga uno de los ecosistemas más singulares y menos estudiados del continente, considerada un patrimonio natural de Bolivia y América Latina (Flores et al., 2020). Además de los servicios ambientales, este bosque presenta una riqueza de flora y fauna inconmensurable para el descubrimiento de nuevos ingredientes activos (Feuerborn, 2023).

Así también, existen registros de especies de la zona que al ser machacadas y estar expuestas con el agua presentan una gran solubilidad, difusión y elevada actividad zootóxica en sus compuestos químicos (Murakami, 2019). Estudios etnobotánicos recientes en áreas similares también registran especies ictiotóxicas y medicinales (Lino-Villalba, Oriana A. et al., 2022).

Las hormigas, al ser organismos sociales sensibles a su entorno, se han convertido en importantes bioindicadores para detectar y responder a cambios en la composición química de su hábitat por la presencia de agentes biológicos (Jiménez F., 2021). Según Hart et al. (2023), los formícidos (hormigas) especialistas en la detección de señales químicas, que son "señales biológicas sensibles", reflejan la dinámica de su ecosistema.

En este sentido, este trabajo tuvo como objetivo evaluar la capacidad de defensa química de diferentes especies de plantas utilizando a los formícidos como bioindicadores. Se estudió cómo la abundancia de insectos y el volumen consumido por los mismos reflejan la presencia de los compuestos fitoquímicos.

Este análisis proporcionará una visión integral de las estrategias de defensa de plantas de la ecorregión Chiquitana.

Área de estudio

La Reserva Privada Potrerillo del Güendá forma parte de la Unidad de Conservación del Patrimonio Natural Paisaje Protegido Departamental Güendá Urubó (UCPN PPD Güendá-Urubó) y pertenece

al municipio de Porongo, ubicado en el cantón de Terebinto de la provincia Andrés Ibáñez en Santa Cruz, Bolivia (Gobierno Departamental Autónomo de Santa Cruz, 2021). Según La Región (2021), la UCPN presenta 4 ecosistemas bien conservados: Pampas del Urubó; Pampas con islas de Bosque Chiquitano de Arenales; Bosque Chiquitano Transición Amazónico y Pampas húmedas.

Marco metodológico

Selección de especies vegetales y porcentaje de herbivoría

Se seleccionaron seis especies de plantas: *Rheedia brasiliensis* (Mart.) Planch. y Triana (Clusiaceae), conocida como Achachairú; *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos (Bignoniaceae), comúnmente llamada Tajibo; *Annona dioica* A. St.-Hil. (Annonaceae), también conocida como Chirimoya del monte; *Palicourea winkleri* Borhidi (Rubiaceae); *Sapindus saponaria* L. (Sapindaceae), conocida como Árbol del jabón y *Alicastrum gaudichaudii* (Trécul) Kuntze (Malvaceae).

Para la selección de estas especies, se tomó en cuenta tres criterios: 1) presencia de herbivoría en las hojas, 2) que fueran especies nativas, y 3) ausencia de nectarios extraflorales, para evitar un posible mutualismo con hormigas como defensa biótica.

Para calcular el porcentaje de herbivoría, se tomaron diez hojas de cinco individuos de cada especie (50 hojas por especie). Las hojas se fotografiaron sobre un fondo blanco con una escala y se analizaron utilizando el software ImageJ v. 1.54h para determinar el área total y el área depredada, calculando así el porcentaje de herbivoría.

En la tabla 1, todas las especies de plantas seleccionadas presentaron herbivoría, siendo *H. impetiginosus* la especie que presentó el mayor porcentaje de herbivoría y *R. brasiliensis* el menor porcentaje.

Tabla 1. Porcentaje de herbivoría total de seis especies de plantas nativas.

Código	Especie	% Herbivoría
Tb	<i>Handroanthus impetiginosus</i>	6,26
Sn	<i>Annona dioica</i>	5,46
Mr	<i>Palicourea winkleri</i>	3,27
Sp	<i>Sapindus saponaria</i>	2,45
Mu	<i>Alicastrum gaudichaudii</i>	1,2
Ac	<i>Rheedia brasiliensis</i>	1,02

Cuantificación de insectos y volumen consumido

Con el objetivo de identificar la planta con la mayor defensa química, se aplicó un diseño experimental para evaluar la repelencia de los diferentes extractos de tejidos de cada planta en las hormigas.

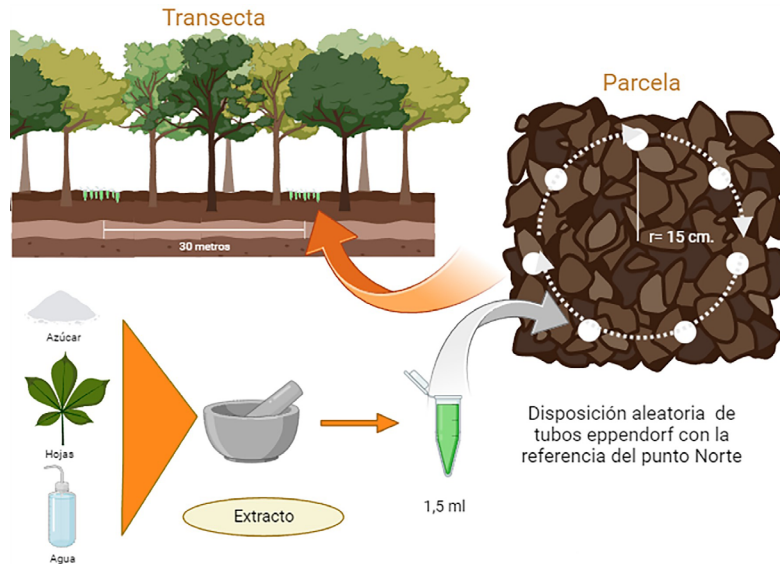
Se evaluaron dos variables de respuesta: la abundancia de hormigas presente en cada extracto vegetal y el volumen de extracto consumido por estas.

Los extractos concentrados de cada especie de planta se obtuvieron cortando y triturando las hojas con el mortero hasta alcanzar un peso total de 15 gramos de tejido. Se agregó 120 ml de agua y 80 gramos de azúcar como atrayente para los formicidos.

Finalmente, se distribuyó 1,5 ml de la mezcla filtrada en tubos Eppendorf. Estos tubos fueron posicionados en la superficie en un círculo de 15 cm. de radio y dispuestos al azar, poniendo el primer tratamiento hacia el norte siguiendo los demás en sentido de las manecillas del reloj (Figura 1).

Se marcó un transecto de 300 metros con diez parcelas pequeñas separadas por 30 metros. Cada parcela constaba de siete tubos Eppendorf que contenían los siete tratamientos, consistiendo en los extractos concentrados de las seis especies de plantas y un control compuesto por agua y azúcar en la misma concentración.

Figura 1. Preparación de extractos y disposición de parcelas en la transecta de muestreo.



Procedimiento de toma de datos

Cada hora durante dos días de 10:00 am a 5:00 pm, se fotografiaron los tubos Eppendorf en las diez parcelas a lo largo del transecto y se cuantificaron los formicidos en cada tratamiento.

Es importante recalcar que no se tomaron en cuenta las horas de mayor temperatura al mediodía y la primera hora de la tarde (11 a 1 p.m.), ya que en este horario existe un cese de actividades por parte de las hormigas debido a la temperatura (Dagatti y Vargas, 2021).

Se obtuvieron un total de 560 fotografías correspondientes a siete tratamientos en diez parcelas, durante ocho horas en dos días. Al final de cada día, se midió el volumen restante (volumen no consumido) de cada unidad muestral utilizando pipetas graduadas para obtener el volumen total consumido por los formicidos de cada tratamiento.

Análisis de datos

Para evaluar la eficacia de la defensa química de cada especie vegetal mediante la abundancia de hormigas en cada tratamiento, empleamos modelos lineales mixtos generalizados (GLMM)

con distribución de errores Poisson. Luego de testear y detectar la presencia de sobredispersión, utilizamos estimación mediante cuasiverosimilitud implementada en el paquete MASS (Venables y Ripley 2002) de R (R Core Team 2023).

Construimos un modelo que incluía el tratamiento, el día y la hora como efectos fijos, y la parcela como factor aleatorio. Probamos la significancia de los efectos fijos mediante pruebas de Wald, ya que otros tipos de comparaciones entre modelos no están disponibles para las estimaciones por cuasiverosimilitud.

Para evaluar el efecto de las defensas químicas de cada especie de planta sobre el volumen consumido por las hormigas, aplicamos un análisis similar utilizando GLMM con distribución de errores Gaussiana y estimación por máxima verosimilitud utilizando el paquete nlme (Pinheiro y Bates, 2000) de R (R Core Team 2023). Utilizamos el Coeficiente de Información de Akaike (AIC) para comparar cuatro modelos con diferentes combinaciones de factores fijos y la parcela como factor aleatorio.

Estos modelos consistían en: 1) el tratamiento y el día como efectos fijos, 2) el tratamiento como efecto fijo, 3) el día como efecto fijo, y 4) un modelo

nulo solo con la parcela como factor aleatorio. La selección del modelo óptimo se basó en el AIC más bajo, siguiendo la metodología propuesta por Burnham y Anderson (2002).

Además, realizamos pruebas post hoc de Tukey con un nivel de confianza del 95% para comparar las medias marginales por tratamiento utilizando el paquete emmeans (Lenth 2022).

Resultados

De acuerdo a los datos de la abundancia de formícidos, las especies *S. saponaria* , *A. dioica*

y *A. gaudichaudii* no presentaron diferencias significativas con respecto al control (test de Wald, en todos los casos $p > 0,05$; Figura 2), dado que exhibieron abundancias similares, lo que indica que no hay una actividad clara de repelencia o atracción en estas especies hacia las hormigas. Por otro lado, las especies *H. impetiginosus* , *R. brasiliensis* y *P. winkleri* presentaron diferencias significativas negativas en comparación con el control (test de Wald, en todos los casos $p < 0,003$), evidenciando una menor abundancia de formícidos, lo que denota que esas especies poseen una capacidad para repeler estos insectos.

Figura 2. Medias marginales e intervalos de confianza del 95% para la abundancia de formícidos en función del tratamiento. Ct, Control; Ac, *Rhedia brasiliensis*; Tb, *Handroanthus impetiginosus*; Sn, *Annona dioica*; Mr, *Palicourea winkleri*; Sp, *Sapindus saponaria*; Mu, *Alicastrum gaudichaudii*.

Letras distintas indican diferencias significativas entre pares de tratamientos ($p < 0,05$) según prueba de Tukey.

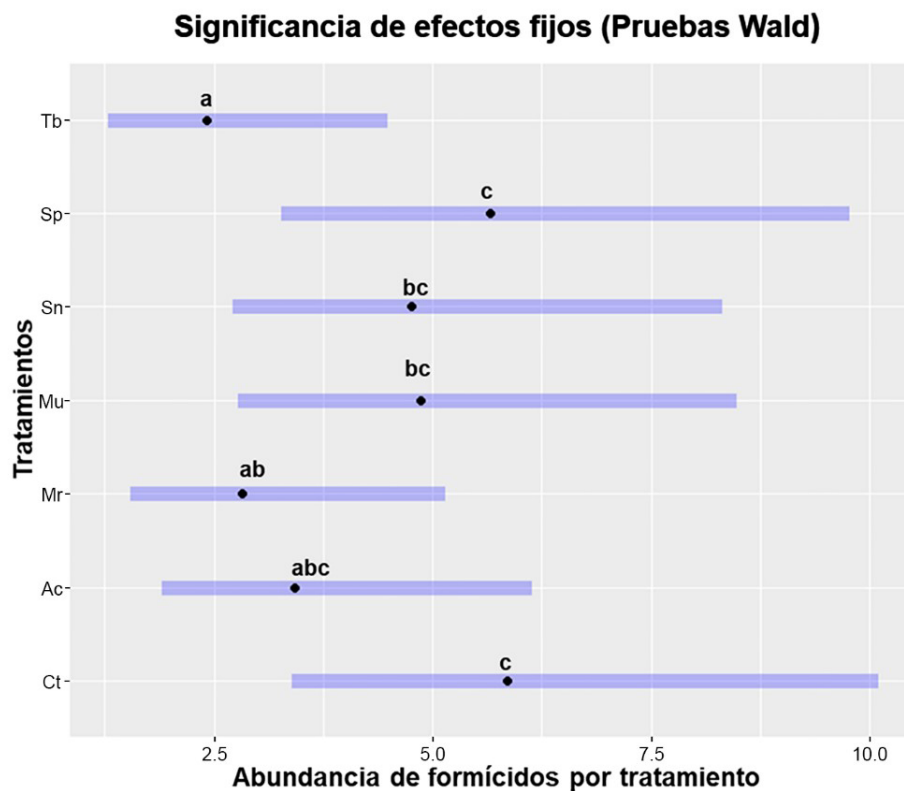
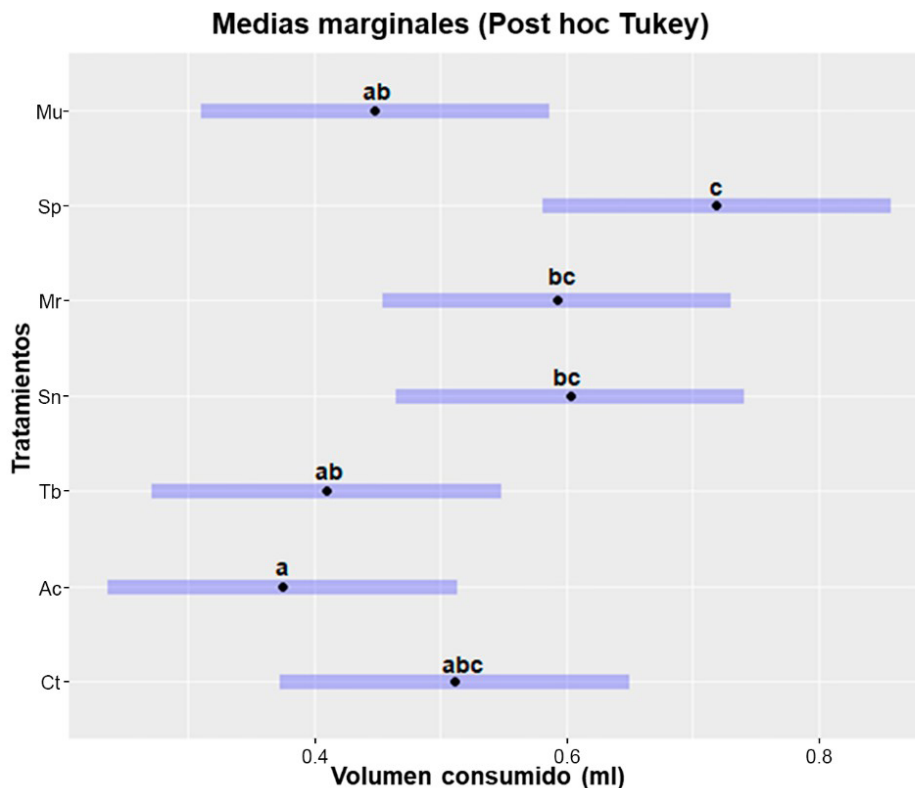


Figura 3. Medias marginales e intervalos de confianza del 95% en función del tratamiento. Ct=Control, Ac=*Rheedia brasiliensis*, Tb=*Handroanthus impetiginosus*, Sn=*Annona dioica*, Mr=*Palicourea winkleri*, Sp= *Sapindus saponaria*, Mu= *Alicastrum gaudichaudii*.

Letras distintas indican diferencias significativas entre pares de tratamientos ($p < 0,05$) según prueba de Tukey.



Respecto al volumen consumido de los extractos de cada especie de planta por las hormigas (Figura 3), *R. brasiliensis* presenta una diferencia significativa negativa respecto al control (prueba de Wald, $p = 0.048$), dado que registra un menor volumen consumido por parte de las hormigas, lo que indica una actividad de repelencia hacia estas.

Por otro lado, *S. saponaria* presentó una diferencia significativa positiva (prueba de Wald, $p = 0.003$), indicando un mayor volumen consumido por las hormigas, lo cual denota una actividad atrayente hacia estos insectos.

Finalmente, las cuatro especies restantes *H. impetiginosus*, *A. dioica*, *P. winkleri* y *A. gaudichaudii* no presentaron una diferencia considerable en el volumen consumido en comparación con el control (prueba de Wald, en todos los casos $p > 0.140$), lo que implica que no existe una actividad de repelencia o

atracción hacia los formicidos.

Discusión y Conclusiones

La especie *R. brasiliensis* presentó una menor abundancia de hormigas, lo que coincide con un menor volumen consumido y un bajo porcentaje de herbivoría, sugiriendo una actividad repelente.

Esta planta tiene utilidad médica en la Amazonía boliviana, los frutos y las hojas se utilizan como cicatrizantes, digestivos, laxantes y para el tratamiento del reumatismo, la úlcera gástrica y la inflamación (Nunes et al., 2019) y está caracterizada por poseer un valor farmacéutico destacable por la presencia de xantonas, flavonoides, terpenos y benzofenonas (Angami et al, 2021; Santo et al, 2023), esto le otorga cualidades aromáticas, antioxidantes, anticancerígenas,

antiinflamatorias, citotóxicas, antimicrobianas y antifúngicas (Zan et al 2018; Naves et al, 2023).

Aunque *R. brasiliensis* posee muchas cualidades contra diferentes organismos como bacterias y hongos, no se la menciona como insecticida. Sin embargo se reporta a los terpenos, uno de sus compuestos, como tóxico para insectos (Dambolena et al., 2016) específicamente para formícidos (Perri, 2020), lo cual explica su actividad repelente hacia estos en el presente estudio.

Por el contrario, los extractos de *S. saponaria* se muestran como un atrayente, considerando la abundancia de formícidos y el alto volumen consumido por estos. Según la bibliografía sobre esta planta, uno de sus metabolitos secundarios, las saponinas, representan un potencial como agentes tóxicos contra herbívoros evidenciando su eficacia en el control de plagas, en órdenes de insectos y arácnidos como Acari, Lepidoptera, Diptera y Coleoptera (Tavares et al, 2021; Martins et al, 2024; Menezes et al, 2023).

No obstante, Souza et al. (2023) destacan la presencia de hormigas en *S. saponaria* como beneficiosas, presentando un mecanismo de control biológico contra fitófagos masticadores y minadores, tales como coleópteros y lepidópteros.

Este tipo de mutualismo es conocido como mirmecofilia, que se entiende por una relación mutualista entre plantas y hormigas, en donde las plantas resultan beneficiadas por la actividad de las hormigas, en la polinización, dispersión de semillas y protección, esto debido a su postura agresiva, comportamiento social y a su veneno efectivo para algunas especies (Villatoro et al, 2023). A cambio la planta brinda recursos alimenticios, sitios de anidamiento y refugio (Vazquez, 2019).

Por consiguiente, concluimos que la interacción entre *S. saponaria* y las hormigas representa un fenómeno muy complejo, ya que se desconoce si el alto volumen consumido de los extractos de la planta por parte de los formícidos es el resultado de su dieta natural, o si se debe a la presencia de

metabolitos secundarios que podrían desencadenar una respuesta atrayente para obtener los beneficios mutuos mencionados.

Palicourea winkleri presentó una menor abundancia de formícidos al igual que *A. dioica*, cuya abundancia es similar al control, sin embargo ambas especies exhiben un mayor volumen consumido. Por el contrario, *A. gaudichaudii* mostró una mayor abundancia de formícidos y al mismo tiempo un menor volumen consumido.

Al respecto, los estudios de Fujioka et al. (2023) demuestran que el volumen consumido por parte de formícidos de un determinado tratamiento se ve influenciado por la presencia de diferentes tamaños de estos, ya que las hormigas más grandes transportan un mayor volumen de carga, por el contrario hormigas más pequeñas un menor volumen de carga.

Esto podría explicar los resultados hallados ya que si un tratamiento experimenta un alto volumen consumido pero atrae poca abundancia es debido a la presencia de formícidos más grandes, mientras que un tratamiento que presenta un menor volumen consumido y atrae una mayor abundancia se debe a la presencia de hormigas más pequeñas.

En conjunto, el presente estudio destaca la complejidad de las interacciones entre plantas y hormigas, evidenciando patrones distintos de atracción y repelencia influenciados por los compuestos químicos presentes en las plantas y las necesidades de los formícidos.

Se observa que *R. brasiliensis* exhibe potencial como agente de control de plagas debido a la presencia de terpenos y su capacidad para repeler a las hormigas, mientras que *S. saponaria* muestra una relación de mirmecofilia, donde las hormigas encuentran beneficios tanto para la planta como para sí mismas.

Agradecimientos

Expresamos nuestro agradecimiento al Laboratorio de Ecología Química (LEQ) de la

USFX por ofrecernos la invaluable oportunidad de participar en el curso Ecología y Evolución de las Interacciones Insecto-Planta y la financiación del proyecto (BOL:01) del IPICS.

Agradecemos a nuestros dedicados tutores por su experiencia y orientación, que han enriquecido nuestro conocimiento en investigación. Al mismo tiempo agradecer a Gustavo Miranda Montealegre por sus sugerencias y ayuda. También, extendemos nuestra gratitud a los anfitriones de la Reserva Privada Potrerillo del Güendá, Antonio Bonaso y su esposa Maria Darlin Coria Vargas, cuya generosa hospitalidad ha hecho de nuestra estancia una experiencia inolvidable. Su disposición para compartir conocimientos sobre la reserva ha enriquecido nuestra perspectiva y contribuido al éxito de nuestro trabajo de campo.

Bibliografía

- Angami, T., Wangchu, L., Debnath, P., Sarma, P., Singh, B., Singh, A., Singh, S., Hazarika, B., Singh, M., Aochen, C., Lungmuana. (2021). *Garcinia L.: a gold mine of future therapeutics*. Genetic Resources and Crop Evolution. 68, 11–24.
- Belete, T. (2021). A Critical Review on Defense Mechanisms of Plants against Bacterial Pathogens: From Morphological to Molecular Levels. *Journal of Plant Pathology & Microbiology*, 12, 1-14. <https://doi.org/10.35248/2157-7471.21.12.534>.
- Burnham KP, Anderson DR. (2002). *Model Selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach* Springer, Nueva York.
- Dagatti, C. V., & Vargas, G. A. (2021). Actividad forrajera y de mantenimiento de nido de la hormiga cortadora de hojas *Acromyrmex lobicornis* (Hymenoptera: Formicidae) en un viñedo orgánico inserto en el desierto de Monte en Mendoza, Argentina. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 80(4), 120-128. <https://doi.org/10.25085/rsea.800407>
- Dambolena, J., Zunino, M., Herrera, J., Pizzolitto, R., Areco, V. y Zygodlo, J. (2016). Terpenos: productos naturales para controlar insectos importantes para la salud humana: un estudio de la relación estructura-actividad. *Psique*, 2016, 1-17. <https://doi.org/10.1155/2016/4595823>.
- Davidson, D.W., Cook, S.C. y Snelling, R.R. (2004). Rendimiento de alimentación líquida de hormigas (Formicidae): implicaciones ecológicas y evolutivas. *Oecologia* 139, 255–266. <https://doi.org/10.1007/s00442-004-1508-4>
- Flores, M., R. Anívarro & O. Maillard. (2020). Pérdida de la cobertura natural (1986-2019) y proyecciones de escenarios a futuro (2050) en las áreas protegidas del Departamento de Santa Cruz. Informe técnico del Observatorio Bosque Seco Chiquitano, Fundación para la Conservación del Bosque Chiquitano, Santa Cruz, Bolivia.
- Feuerborn, S. (2023). *Deforestation and environmental degradation in indigenous Bolivia: a gender-based approach to risk assesment and mitigation efforts in the chiquitano forest*. Thesis Degree of Bachelor of Arts. University of Oregon, EEUU.
- Fujioka, H., M. Marchand & A. LeBoeuf. (2023). *Ants dynamically adjust liquid foraging strategies in response to biophysical constraints*. bioRxiv, 2022-09. <https://doi.org/10.1101/2022.09.13.507744>.
- Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz. (2021). Ley departamental de creación de la Unidad de Conservación del Patrimonio Natural – Paisaje Protegido Departamental “Güenda - Urubó” (UCPN PPD Güenda - Urubó).
- Hart, T., Frank, D. D., Lopes, L. E., Olivos-Cisneros, L., Lacy, K. D., Tribble, W., Ritger, A., Valdés-Rodríguez, S., Kronauer, D. J. C. (2023). Sparse and stereotyped encoding implicates a core glomerulus for ant alarm behavior. *Cell*, 186, 3079-3094.
- Jiménez F. (2021). *Las hormigas como bioindicadores de calidad ambiental en el marco de la gestión de los recursos naturales en el sur de la Península Ibérica*. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba, España.

- Jiménez J. (2022). Extractos vegetales: Soluciones eficaces para el manejo eficaz y sostenible de plagas agrícolas. <https://www.metroflorcolombia.com/extractos-vegetales-soluciones-eficaces-para-el-manejo-eficaz-y-sostenible-de-plagas-agricolas/>
- La Región. (2021). Guendá Urubó, la nueva área protegida 55, 8-10 <https://www.laregion.bo/wp-content/uploads/2021/04/La-Region-N%C2%B0-55.pdf>
- Lenth R. (2022). emmeans: estimated marginal means, aka least-squares means. R package version 1.4.7 2020. <https://CRAN.R-project.org/package=emmeans>
- Martínez, N., C. Antelo & D.I. Rumiz. (2004). Rehabilitación de perezosos (*Bradypus variegatus*) urbanos en reservas privadas aledañas a Santa Cruz de la Sierra: una iniciativa multipropósito de investigación, manejo y educación. *Revista Bolivia Ecológica* 16, 1-10.
- Menezes, A., Oliveira, A., Roel, A., Porto, K., Favero, S. y Matías, R. (2023). *Sapindus saponaria* (Sapindaceae): composición química y efecto tóxico sobre *Artemia salina* (Artemiidae) y *Aedes aegypti* (Culicidae). *Revista de Gestão Social y Ambiental*. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v17n10-016>.
- Murakami, A. (2019). Barbascos y curare en Bolivia. *Kempffiana* 15(1), 57-63
- Naves, V., Santos, M., Ribeiro, I., Silva, C., Silva, N., Silva, M., Silva, G., Dias, A., Ionta, M., & Dias, D. (2019). Actividad antimicrobiana y antioxidante de los extractos de *Garcinia brasiliensis*. *Revista Sudafricana de Botánica*. <https://doi.org/10.1016/J.SAJB.2019.05.021>.
- Nunes, R., Broering, M., Faveri, R., Goldoni, F., Mariano, L., Mafessoli, P., Monache, F., Filho, V., Niero, R., Santin, J., & Quintão, N. (2019). Efecto del extracto metanólico de las hojas de *Garcinia humilis* Vahl (Clusiaceae) sobre la inflamación aguda. *Inflamofarmacología*, 29, 423 - 438. <https://doi.org/10.1007/s10787-019-00645-x>.
- Lino-Villalba, O. A., Toledo, M., Martínez-Ugarteche, M. T., Arroyo-Herbas, L., Quiroga-Méndez, S., Montero, J. C., Klitgaard, B. B., Villarroel, D. (2022). Native plants with socioeconomic value of the Monkoxi people of Lomerío, Santa Cruz, Bolivia. *Ecología en Bolivia* 57, 57-82.
- Paniagua Zambrana, N. Y., & Bussmann, R. W. (2018). La Etnobotánica de los Chácobo en el siglo XXI. *Ethnobotany Research and Applications*, 16, 1-149.
- Perri, D. V. (2020). Evaluación de herramientas de manejo integrado de plagas para hormigas cortadoras de hojas en el Bajo Delta del Río Paraná. Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- Pinheiro, J. C., Bates D. M. (2000). *Mixed-Effects Models in S and S-PLUS*. Springer, Nueva York.
- Rejeb, I., Pastor, V., & Mauch-Mani, B. (2014). Plant responses to simultaneous biotic and abiotic stress: molecular mechanisms. *Plants*, 3, 458 - 475. <https://doi.org/10.3390/plants3040458>.
- Santo, B., Santana, L., Junior, W., Araújo, F., Bogó, D., Freitas, K., Guimarães, R., Hiane, P., Pott, A., Filiú, W., Asato, M., Figueiredo, P. y Bastos, P. (2020). Potencial medicinal de las especies de *Garcinia* y sus compuestos. *Moléculas*. 25, 4513. <https://doi.org/10.3390/moleculas25194513>.
- Souza, R. F. A., Leite, G. L. D., Soares, M. A., Teixeira, D. L., Silva, J. L., Sampaio, R. A., & Zanoncio, J. C. (2023). Spatial distribution, ecological indices and interactions of arthropods on *Sapindus saponaria* (Sapindaceae) plants. *Brazilian Journal of Biology*, 83, e265435. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.265435>
- Tavares, G., Aiub, C., Felzenszwalb, I., Dantas, E., Araújo-Lima, C. y Júnior, C. (2021). Caracterización bioquímica in VITRO y evaluación de genotoxicidad del extracto de semilla de *Sapindus saponaria*. *Revista de etnofarmacología*, 276, 114170. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.114170>.
- Vazquez, A. K. S. (2019). Efecto de las hormigas

en el crecimiento y reproducción de *tillandsia caput-medusae* e. morren en el bosque tropical caducifolio de San Andrés de la Cal, Tepoztlán. Tesis de maestría, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México <http://riaa.uaem.mx/handle/20.500.12055/1007>.

Venables, W. N., Ripley, B. D. (2002). *Modern Applied Statistics with S*. Cuarta Edición. Springer, Nueva York.

Villatoro-Moreno, H., Solís-Montero, L., González-Gómez, R., Maza-Villalobos, S., Cisneros Hernández, J., Castillo-Vera, A. (2023). Extrafloral nectaries in *Nephelium lappaceum*

(Sapindaceae). *Botanical Sciences*, 101, 116-126. <https://doi.org/10.17129/botsci.3108>.

Younginger, B., Sirová, D., Cruzan, M., Ballhorn, D. (2017). Is biomass a reliable estimate of plant fitness?. *Applications in Plant Sciences*, 5, 1600094. <https://doi.org/10.3732/apps.1600094>.

Zan, R., Fernandes, Â., Jedoz, S., Oludemi, T., Calhelha, R., Pires, T., Alves, M., Martins, R., Barros, L., Ferreira, I. (2018). Propiedades bioactivas y evaluación fitoquímica de las hojas de Bacupari-anão (*Garcinia brasiliensis* Mart.) nativas de Rondônia, Brasil. *Food & function*, 9, 5621-5628. <https://doi.org/10.1039/c8fo01474d>.