

NOTA TÉCNICA

Efecto de los incendios forestales sobre el ensamble de Abejas y Avispas (Hymenoptera) en “El Impenetrable” (Chaco, Argentina)

Effects of forest fires on the Assemblage of Bees and Wasps (Hymenoptera) in El Impenetrable (Chaco, Argentina)

G. L. Avalos¹ y J. M. Coronel²

¹ Grupo de Investigación Biología de los Invertebrados y Protistas (GIBIP). Universidad Nacional del Nordeste, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UNNE-FaCENA). Avda. Libertad 5470. Capital, Corrientes, Argentina. E-mail: guillermo.avalos.94@gmail.com ORCID: 0000-0003-3051-3213

² Grupo de Investigación Biología de los Invertebrados y Protistas (GIBIP). Universidad Nacional del Nordeste, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UNNE-FaCENA). Avda. Libertad 5470. Capital, Corrientes, Argentina. ORCID: 0000-0001-6667-2780.

Recibido en abril de 2025; Aceptado en septiembre de 2025

RESUMEN

Los incendios forestales constituyen una grave amenaza para la biodiversidad, afectando particularmente a polinizadores esenciales como abejas y avispas. Este estudio evaluó el impacto de los incendios forestales en los ensambles de abejas y avispas sociales (Hymenoptera) en el Parque Nacional “El Impenetrable” (Chaco, Argentina), comparando datos recolectados en noviembre de 2021 (pre-incendios) y noviembre de 2023 (post-incendios) mediante pan-traps y monitoreo de nidos. Los resultados demostraron un descenso del 41 % en la riqueza específica y en la incidencia de especies (frecuencia de ocurrencia) tras los incendios, acompañado por una reducción notable en nidos activos. El análisis de diversidad beta (β SNE = 0.259) indicó que estos cambios se atribuyeron principalmente a la pérdida de especies. Las imágenes satelitales revelaron que en 2022 se quemaron 5.737,5 hectáreas, con una drástica disminución en la cobertura vegetal (EVI = 0.24). Estos hallazgos evidencian el severo impacto de los incendios recurrentes sobre la distribución y persistencia de estos insectos y subrayan la urgencia de implementar medidas de conservación activa en estos ecosistemas.

Palabras claves: abejas, avispas, diversidad beta, fuego, pérdida de biodiversidad.

ABSTRACT

Wildfires are a severe threat to biodiversity affecting, particularly, to essential pollinators such as bees and wasps. This study assessed the impact of wildfires on assemblages of bees and social wasps (Hymenoptera) in “El Impenetrable” National Park (Chaco, Argentina) by comparing data collected in November 2021 (pre-fire) and November 2023 (post-fire) using pan-traps and nest monitoring. The results revealed that species richness and species incidence (occurrence frequency) following the fires declined 41% along with a significant reduction of the number of active nests. The Beta diversity analysis (β SNE = 0.259) indicated that these changes were primarily driven by species loss. In turn, satellite imagery showed that 5,737.5 hectares burned in 2022 with a drastic reduction of the vegetation cover (EVI = 0.24). These findings make apparent the severe impact that recurrent wildfires have on the distribution and persistence of these insects and underscore the urgent need for active conservation measures in these ecosystems.

Keywords: bees, wasps, beta diversity, fire, biodiversity loss.

1. INTRODUCCIÓN

Un incendio forestal se caracteriza por su rápida y descontrolada propagación a través de la vegetación en una determinada área. Aunque su origen puede ser natural, como en el caso de las tormentas eléctricas, en Argentina, más del 95 % de los incendios forestales son resultado de acciones humanas, ya sea intencionales o accidentales (Servicio Nacional de Manejo del Fuego, 2020). La proliferación de los incendios forestales también se explica por el cambio climático: altas temperaturas, intensas sequías, bajos niveles hídricos. Todas estas condiciones hacen que los territorios sean más propensos a incendios o que éstos se propaguen más rápidamente (Amnistía Internacional, 2023). En este sentido, como aumentan los incendios, también aumentan las emisiones de humo en el ambiente, produciendo no solo efectos en la salud humana sino también en la fauna regional, especialmente insectos (Amnistía Internacional, 2023; Sanderfoot *et al.*, 2022). En Argentina, el año 2022 se caracterizó por una notable sequía y un aumento significativo en el número de incendios y la superficie afectada por estos en comparación con años anteriores (Amnistía Internacional, 2023). Los incendios no solo afectan directamente a la fauna a través de la destrucción de hábitats, sino que también impactan en las dinámicas de las comunidades de insectos (Carbone *et al.*, 2021; Kuchenbecker *et al.*, 2023). Estudios recientes han demostrado que los incendios pueden alterar la composición, riqueza y diversidad de las comunidades de insectos, incluyendo himenópteros como abejas y avispas, que juegan un rol crucial en la polinización y el mantenimiento de ecosistemas saludables (Carbone *et al.*, 2019; Gill y Bradstock, 1995; Kuchenbecker *et al.*, 2023; Peralta *et al.*, 2017). Además, se ha observado que las respuestas de estas comunidades pueden variar según la intensidad y frecuencia de los incendios, así como por las características del paisaje afectado (Moritz *et al.*, 2012; Parr y Andersen, 2006; Whelan y Givnish, 1989). Por ello, la investigación sobre los efectos de los incendios en la fauna es fundamental para desarrollar estrategias de manejo y conservación efectivas (Bowman *et al.*, 2011; Keeley *et al.*, 2012; Noss y Cooperrider, 1994).

En este estudio investigamos cómo la magnitud y extensión de los incendios forestales ocurridos en 2022 afectaron el ensamblaje de abejas y avispas sociales (Hymenoptera) en el Parque Nacional “El Impenetrable”, un área protegida ubicada en el corazón del Gran Chaco argentino, la tercera superficie boscosa más extensa de Sudamérica. Esta región se caracteriza por su elevada diversidad biológica y cultural, actualmente amenazada por la expansión de la frontera agropecuaria y por disturbios como el fuego (Mastrángelo, 2020). Debido a sus condiciones de difícil acceso, muchas de las especies presentes en “El Impenetrable” (incluyendo numerosas abejas y avispas) son endémicas y escasamente estudiadas, a pesar de su papel clave en la estabilidad ecológica y el funcionamiento de los ecosistemas (Avalos y Coronel, 2022). En este contexto, detener la pérdida de biodiversidad es esencial. La conservación y el uso sostenible de los bosques, sus recursos maderables y no maderables, como las abejas nativas y la miel de monte, se vinculan directamente con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en particular el ODS 15, que promueve la vida de los ecosistemas terrestres (ONU, 2015). Este estudio se orienta a contribuir al conocimiento ecológico de abejas y avispas en áreas afectadas por incendios, aportando herramientas para su monitoreo y manejo en escenarios de cambio ambiental creciente.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Área de muestreo

El Parque Nacional “El Impenetrable” se ubica dentro del territorio de una antigua estancia llamada La Fidelidad en la Provincia del Chaco (Tiddi *et al.*, 2014) (Figura 1a). Toda el área se caracteriza por ser una vasta llanura moldeada por la acción de los ríos (Morello *et al.*, 2012) y por ser un corredor biológico entre las selvas de las Yungas y la selva Paranaense (Tiddi *et al.*, 2014). Es un bosque seco tropical con una marcada estación seca (mayo a septiembre) y otra húmeda (noviembre a abril), con temperatura media que oscila entre 25 °C y 12 °C, respectivamente. Mientras que las precipitaciones varían entre 420 y 550 mm anuales. Cuenta con cuerpos de agua temporales y permanentes, que junto a las condiciones edáficas y a un historial de uso de fuego (Morello *et al.*, 2012; Volante *et al.*, 2016), ha generado un mosaico de vegetación, donde comúnmente encontramos bosques xerófilos y subxerófilos, intercalados con bosques en galería, sabanas y pastizales (Morello *et al.*, 2012).

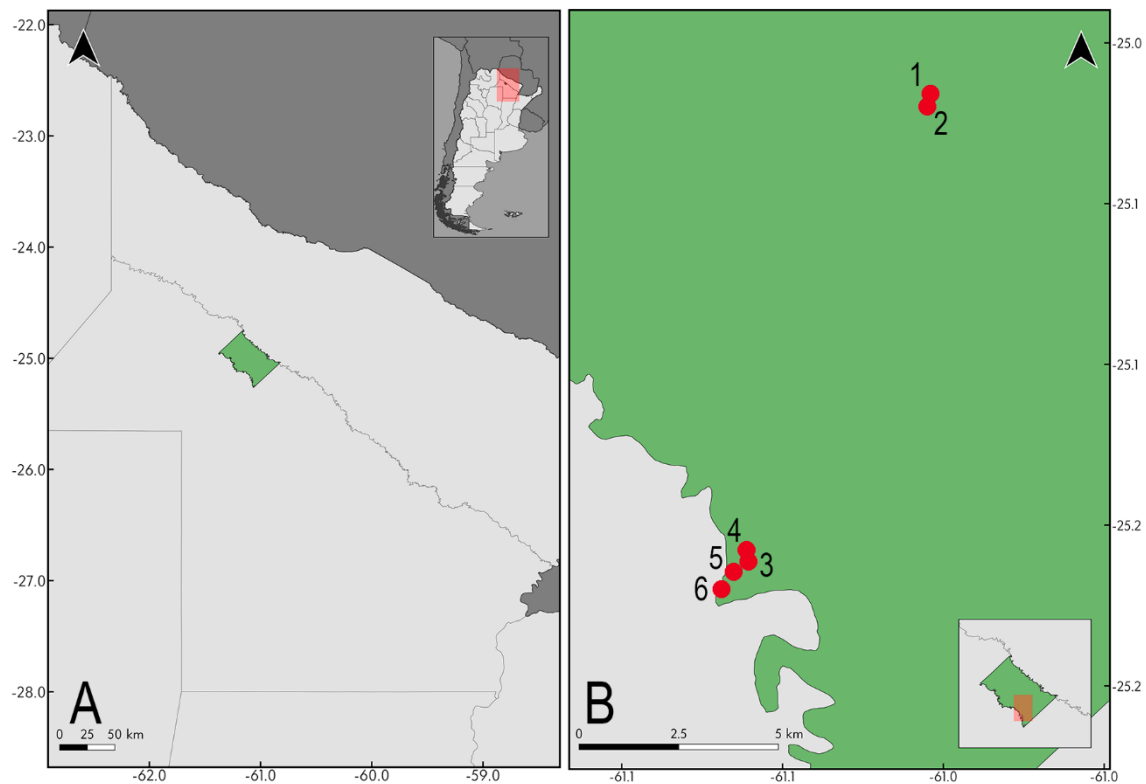


Figura 1. Área de estudio en el Parque Nacional “El Impenetrable”, Provincia del Chaco, Argentina. **A)** Superficie del PN “El Impenetrable” (área verde). **B)** Puntos de muestreo dentro del parque.

Muestreo

El muestreo se llevó a cabo en seis puntos dentro del Parque Nacional “El Impenetrable” (Figura 1b) durante los meses de noviembre de 2021 (previo a los incendios, bajo la influencia de condiciones climáticas asociadas al fenómeno de El Niño) y noviembre de 2023 (posterior a los incendios, bajo condiciones climáticas de La Niña). En cada campaña se instalaron un total de 40

pan-traps distribuidos en distintas zonas del parque, con el objetivo de capturar abejas y avispas sociales presentes en la región y estimar la incidencia de cada taxón. Adicionalmente, en cada área se realizó un relevamiento sistemático sobre una superficie de una hectárea para localizar nidos de abejas y avispas sociales. Los especímenes recolectados fueron trasladados al laboratorio para su análisis comparativo y clasificación taxonómica hasta el menor nivel posible con ayuda de bibliografía especializada (Carpenter y Marques, 2001; Michener, 2007).

Fuentes y recolección de datos

Para contextualizar el impacto de los incendios en la región, se recopilaron datos provenientes de informes sobre incendios forestales y registros de focos de calor VIIRS en Argentina (Lizárraga, 2022). Se utilizaron información e imágenes del Sistema de Gestión de Recursos de Información sobre Incendios (FIRMS) de la NASA y datos sobre el índice de vegetación mejorado (EVI), obtenidos a partir del sensor MODIS Terra. Este último indicador, recuperado del Sistema Remoto de Monitoreo de Áreas Protegidas (SiRMAP), fue utilizado para evaluar la salud y actividad de la vegetación en la zona de estudio.

Análisis estadístico

Para evaluar el impacto del fuego sobre los ensamblajes de abejas y avispas sociales, se compararon la riqueza e incidencia de especies entre los períodos pre y post incendio. Los análisis estadísticos se realizaron en RStudio. En primer lugar, se estimó la diversidad beta mediante el índice de Sørensen (β SOR), siguiendo la metodología de Baselga (2010), con la función *beta.pair* del paquete **betapart** (Baselga y Orme, 2012). Este índice permite cuantificar la disimilitud entre comunidades y descomponer la diversidad beta en dos componentes: β SIM (recambio de especies entre períodos) y β SNE (pérdida o ganancia de especies debido a diferencias en riqueza).

Posteriormente, se evaluaron los supuestos estadísticos de normalidad y homogeneidad de varianza mediante la prueba de Shapiro-Wilk (*shapiro.test*, paquete **stats**) y el test de Levene (*leveneTest*, paquete **car**), respectivamente. Para determinar diferencias significativas en la incidencia y riqueza de especies entre períodos, se realizó un análisis de ANOVA con la función *aov* del paquete **stats**.

Finalmente, se llevó a cabo un estudio de imágenes satelitales para estimar y comparar las áreas afectadas por incendios durante los tres años de estudio. Para ello, se utilizaron las funciones *readPNG* (paquete **png**), *sum* (paquete base **stats**) y *ggplot* (paquete **ggplot2**) con el fin de visualizar y cuantificar la superficie quemada en cada período.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el muestreo de 2021, se georreferenciaron un total de 12 nidos activos (Figura 2) que corresponden a cuatro especies: cuatro a *Tetragonisca fiebrigi* (yateí, rubiecita o abeja angelita), tres a *Scaptotrigona jujuyensis* (tapesuá, yana o peluquerita), tres a *Polybia ruficeps* (camoatí cabeza colorada) y dos a *Apis mellifera* (abeja melífera o abeja común). Sin embargo, en 2023, tras los incendios, solo se encontraron siete nidos: dos de *T. fiebrigi*, uno de *S. jujuyensis* y cuatro de *P. ruficeps*, aunque estos últimos estaban abandonados. La ausencia de nidos activos de *A. mellifera* durante este muestreo, junto con el abandono o la disminución de los nidos de las otras especies, podría sugerir, en principio, un impacto en la disponibilidad de hábitat y en la viabilidad de las

colonias. No obstante, dado que en 2021 se registraron solo dos nidos activos de *A. mellifera*, resulta difícil atribuir un impacto específico sobre esta especie sin datos previos más amplios. Cabe considerar que *A. mellifera*, por su carácter generalista y su capacidad para nidificar en cavidades naturales, puede resultar subdetectada en estudios de campo acotados (Michener, 2007), lo que limita las inferencias directas. Por ello, más allá del caso particular de esta especie, los resultados apuntan a una **disminución general en la actividad de nidificación de himenópteros sociales**, reflejada tanto en la menor cantidad de nidos activos como en la observación de estructuras abandonadas. Este patrón coincide con estudios previos que señalan que los incendios pueden alterar el comportamiento reproductivo y reducir la presencia de nidos activos de insectos sociales (Carbone *et al.*, 2021; Kuchenbecker *et al.*, 2023; Peralta *et al.*, 2017). En este contexto, se resalta la necesidad de ampliar el área de estudio y aumentar el esfuerzo de muestreo, especialmente orientado a la localización de nidos, con el fin de capturar con mayor precisión la magnitud real de los efectos del fuego sobre estas comunidades y generar inferencias más robustas sobre su resiliencia ecológica (Gill y Bradstock, 1995; Keeley *et al.*, 2012).

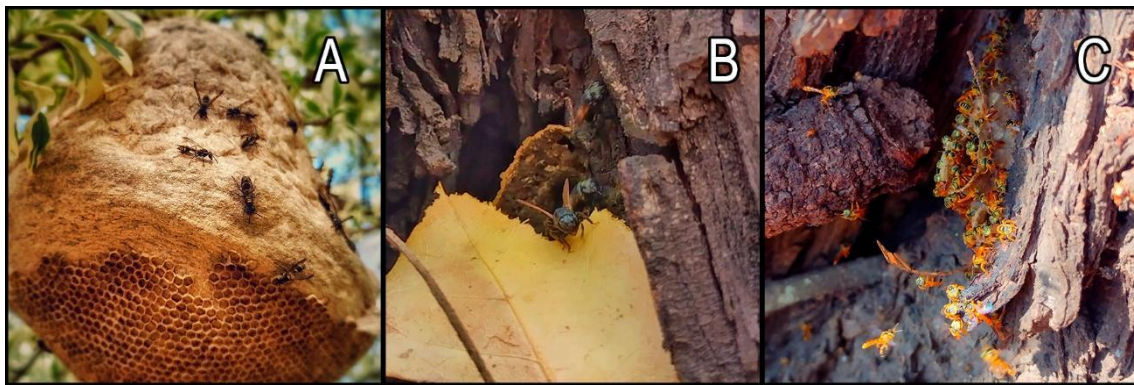


Figura 2. Nidos activos durante el año 2021 en el Parque Nacional “El Impenetrable”, Provincia del Chaco, Argentina. **A)** Nido de *Polybia ruficeps*. **B)** Nido de *Scaptotrigona jujuyensis*. **C)** Nido de *Tetragonisca fiebrigi*.

La captura de ejemplares mediante trampas en ambos períodos permitió recolectar un total de 209 ejemplares de abejas (sociales y solitarias) y 64 de avispas sociales, identificándose cinco familias, 14 géneros y 17 especies/morfoespecies (Tabla 1). La comparación entre los muestreos de 2021 y 2023 evidenció una reducción del 41 % en el total de especies registradas, pasando de 17 a 10 taxones. Esta disminución afectó principalmente al grupo de las abejas, que descendió de 13 a solo 6 taxones en el período post incendio, mientras que todos los taxones de avispas sociales (4 en total) fueron nuevamente registrados. En particular, no se capturaron representantes de las familias **Andrenidae**, **Halictidae** y **Megachilidae**, grupos que incluyen principalmente especies solitarias, cuyas estrategias de nidificación dependen de condiciones edáficas y microhábitats específicos, como suelos desnudos, madera muerta o cavidades vegetales (Michener, 2007). La ausencia de estos grupos podría estar asociada a la pérdida o degradación de estos sitios de nidificación tras el fuego. Estudios previos han demostrado que las respuestas de los insectos al fuego no son homogéneas, sino que varían según la historia natural de cada grupo, siendo las especies solitarias y con requerimientos específicos de hábitat más vulnerables frente a perturbaciones como los incendios (Carbone *et al.*, 2019; Kuchenbecker *et al.*, 2023). Los resultados del **análisis de diversidad beta** indicaron que la diversidad beta total ($\beta\text{SOR} = 0.259$) se explicó completamente por la pérdida de especies ($\beta\text{SNE} = 0.259$), lo que sugiere que la diferencia en la composición específica entre períodos se debió exclusivamente a la reducción en la riqueza tras los incendios.

Tabla 1. Lista de taxones de abejas y avispas capturadas durante los muestreos en el Parque Nacional “El Impenetrable”, Provincia del Chaco, Argentina.

Superfamilia	Familia	Subfamilia	Especie/Morfoespecie
Apoidea	Andrenidae “abejas mineras”		morfoespecie 1
	Apidae “abejas corbiculadas”	Apinae	<i>Apis mellifera</i>
			<i>Centris</i> sp.
			<i>Peponapis</i> sp.
	Xylocopinae	<i>Geotrigona argentina</i>	
<i>Scaptotrigona jujuyensis</i>			
Halictidae “abejas del sudor”	Halictinae	<i>Tetragonisca fiebrigi</i>	
		<i>Ceratina</i> sp.	
		<i>Xylocopa</i> sp.	
Megachilidae “abejas cortadoras de hojas”		<i>Augochlora</i> sp.	
		<i>Agapostemon</i> sp.	
Vespoidea	Vespidae	Polistinae “avispa sociales y de papel”	<i>Lasioglossum</i> sp.
			morfoespecie 1
			<i>Polybia emaciata</i>
			<i>Polybia ignobilis</i>
			<i>Polybia ruficeps</i>
			<i>Brachygastra lecheguana</i>

Las pruebas estadísticas de evaluación de supuestos indicaron que los datos cumplen con los criterios necesarios para el análisis paramétrico. La prueba de **Shapiro-Wilk** arrojó valores de **W = 0.948**, **p = 0.726** para la incidencia y **W = 0.973**, **p = 0.912** para la riqueza, indicando que los residuos del modelo siguen una distribución normal. Asimismo, la prueba de **Levene** mostró valores de **F = 0.385**, **p = 0.569** para la incidencia y **F = 0.826**, **p = 0.415** para la riqueza, lo que sugiere que se cumple la suposición de homogeneidad de varianzas.

La prueba de **ANOVA** evidenció un efecto significativo del tratamiento sobre la incidencia (**F = 53.3**, **p = 0.00187**) y la riqueza (**F = 7.90**, **p = 0.0483**). Estos hallazgos sugieren que los incendios tuvieron un impacto sustancial en la estructura de la comunidad, disminuyendo tanto el número de individuos como la diversidad de especies presentes en la zona de estudio.

El análisis de imágenes satelitales evidenció la magnitud del evento: en 2022, se registraron **19.308 focos de incendio** en la provincia del Chaco, de los cuales **3.424** ocurrieron en el departamento General Güemes, afectando **8.189 hectáreas** entre enero y octubre. En particular, el Parque Nacional “El Impenetrable” sufrió la mayor área afectada en 2022 (Figura 3A), con **5.737,5 ha quemadas**, en comparación con **2.344,5 ha en 2021** y sólo **70 ha en 2023**. Además, el **Índice de Vegetación Mejorado (EVI)** (Figura 3B y 3C) mostró valores significativamente menores en 2022 (**0.24**), lo que indica una reducción en la cobertura vegetal y, por consiguiente, en la disponibilidad de recursos florales y refugios adecuados para estos insectos.

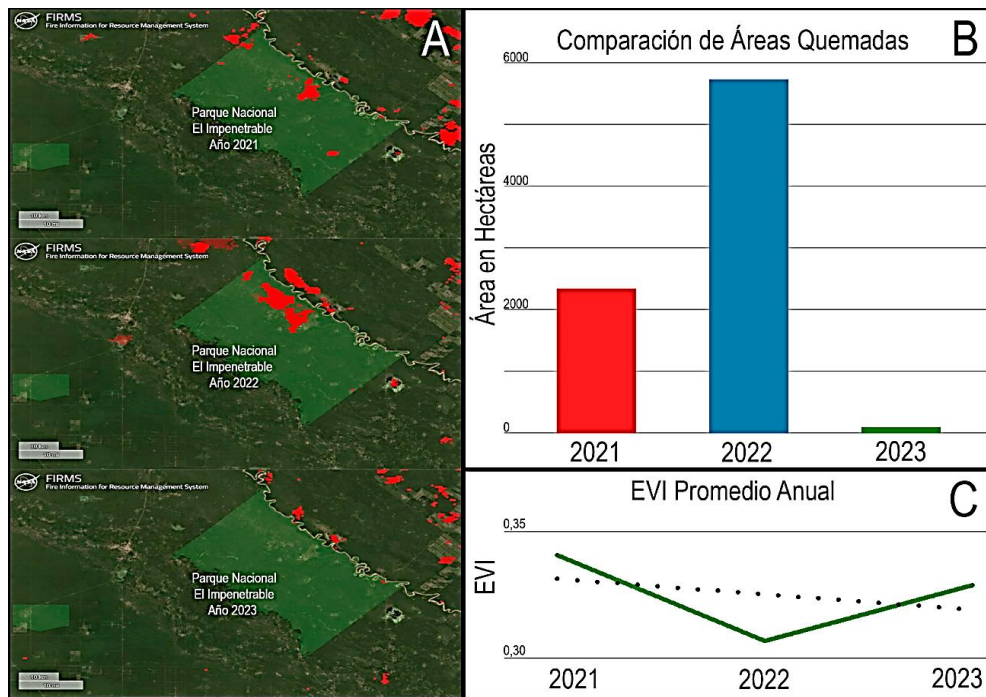


Figura 3. Impacto de los Incendios en el Parque Nacional “El Impenetrable”, Provincia del Chaco, Argentina. **A)** Imágenes satelitales obtenidas del Sistema de Gestión de Recursos de Información sobre Incendios (FIRMS) de la NASA. **B)** Gráfico de comparación de áreas quemadas durante los años 2021, 2022 y 2023. **C)** Gráfico del índice EVI (Índice de Vegetación Mejorada) para los años 2021, 2022 y 2023 obtenido del Sistema Remoto de Monitoreo de Áreas Protegidas (SiRMAP).

Si bien algunos estudios han sugerido que los incendios pueden favorecer a ciertos polinizadores al generar nuevas áreas de forrajeo y reducir la competencia (Carbone *et al.*, 2021; Keeley *et al.*, 2012), la recurrencia y magnitud de los incendios en este ecosistema parecen haber tenido un efecto negativo. Entre los efectos adversos se encuentran la destrucción del hábitat y la contaminación atmosférica por humo, que puede afectar el comportamiento y la fisiología de los insectos voladores (Berwyn, 2018; Gill y Bradstock, 1995; Sanderfoot *et al.*, 2022). En particular, se ha documentado que el humo altera los patrones de vuelo, induce respuestas de huida y provoca la mortalidad de larvas en colmenas y nidos (Kuchenbecker *et al.*, 2023; Liu *et al.*, 2022; Mason Jr *et al.*, 2021). Esto podría explicar la no detección de representantes de las familias Andrenidae, Halictidae y Megachilidae, la disminución de nidos de meliponinos, la ausencia de *A. mellifera* y el abandono de nidos de *P. ruficeps* en 2023.

A pesar de la reducción en la riqueza específica, algunos géneros como *Apis*, *Polybia* y *Tetragonisca* han demostrado cierta resistencia al fuego (Almeida Gomes, 2023; Kuchenbecker *et al.*, 2023). No obstante, la regeneración de las comunidades polinizadoras depende de la recuperación de la vegetación y los recursos florales, lo que puede tardar entre **uno y seis años** (Pausas y Ribeiro, 2017; Sanderfoot *et al.*, 2022). Investigaciones previas han demostrado que comunidades de insectos en ambientes perturbados pueden experimentar una estabilización e incluso un incremento en diversidad y riqueza a largo plazo, particularmente en ecosistemas adaptados al fuego (Keeley *et al.*, 2012; Whelan y Givnish, 1989). No obstante, la frecuencia y severidad de los incendios son factores determinantes que pueden limitar la capacidad de recolonización y recuperación de estos hábitats. Si los intervalos entre incendios son demasiado cortos, o si la intensidad del fuego es elevada, es posible que las comunidades no logren restablecerse adecuadamente. En este contexto, aún quedan numerosas preguntas sin resolver sobre los

umbrales de recuperación, la predictibilidad de las respuestas comunitarias y el papel de la variabilidad espacial y temporal en estos procesos (Whelan, 2009).

4. CONCLUSIONES

Los incendios forestales de 2022 han causado una pérdida significativa en la diversidad y riqueza de las abejas y avispas sociales del Parque Nacional “El Impenetrable”. Se observó una disminución del 41 % en el número de especies registradas y una reducción en la cantidad de nidos activos. El presente estudio constituye un aporte a la comprensión del impacto de los incendios sobre abejas y avispas sociales en el Gran Chaco argentino. La disminución en la riqueza e incidencia observada en 2023 podría representar una fase inicial de recuperación a largo plazo, aunque persisten interrogantes sobre la resiliencia de estas comunidades ante eventos de fuego recurrentes, ya que la magnitud y frecuencia de los incendios determinarán la capacidad de recolonización y estabilidad a largo plazo de estas comunidades. Estudios futuros deberán enfocarse en evaluar los patrones de recolonización, la recuperación de la oferta floral y la influencia de variables climáticas en la dinámica de los ensamblajes de himenópteros polinizadores.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría General de Ciencia y Técnica de la UNNE y al proyecto PICTO-UNNE 2019-00015 “Biodiversidad de hexápodos en El Impenetrable Chaqueño. Estructura de los ensambles en áreas protegidas y productivas” por financiar esta investigación. A los integrantes de los Grupos de Investigación de Biología de los Invertebrados y Protistas (GIBIP), Biología de los Artrópodos (GIBA) y Zoología Agrícola de la FaCENA-UNNE por la ayuda en los muestreos y procesamiento de datos. Al cuerpo de guardaparques y baqueanos del Parque Nacional “El Impenetrable” por brindar la estadía y el traslado dentro del parque. A los pobladores, en especial a Delmiro Cabana, conocido como el “Ñato”, por la ayuda en la búsqueda de nidos de meliponinos.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida Gomes, P. de. 2023. *O efeito da urbanização e do fogo sobre comunidades de abelhas em áreas de Cerrado do DF*. Mestrado em Zoologia, Universidade de Brasília, Brasília [en línea]. [fecha de consulta: Mayo 2025], 76 p. Disponible en: https://www.repositorio.unb.br/bitstream/10482/46082/1/2022_PriscilladeAlmeidaGomes.pdf
- Amnistía Internacional. 2023. Los incendios forestales en Argentina. La situación en 2022. Informe [en línea]. [fecha de consulta: Abril 2024], 19 p. Disponible en: https://amnistia.org.ar/wp-content/uploads/delightful-downloads/2023/01/AMNISTIA_IncendiosArgentina2022_FINAL.pdf
- Avalos, G. L. y J. M. Coronel. 2022. Estudio entomopalinológico de abejas del Impenetrable [en línea]. Repositorio de la Universidad Nacional del Nordeste. [fecha de consulta: Junio 2025]. Disponible en: <https://repositorio.unne.edu.ar/handle/123456789/55316>
- Bargali, H.; A. Pandey; D. Bhatt; R. C. Sundriyal y V. P. Uniyal. 2024. Forest fire management, funding dynamics, and research in the burning frontier: A comprehensive review. *Trees Forests and People* 16(3):100526. <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2024.100526>

- Baselga, A. 2010. Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. *Global Ecology and Biogeography* 19(1):134-143. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2009.00490.x>
- Baselga, A. y C. D. L. Orme. 2012. Betapart: An R package for the study of beta diversity. *Methods in Ecology and Evolution* 3:808-812. <https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2012.00224.x>
- Berwyn, B. 2018. How wildfires can affect climate change (and vice versa). *Inside Climate News* [en línea]. [fecha de consulta: Diciembre 2024]. Disponible en: <https://insideclimatenews.org/news/23082018/extreme-wildfires-climate-change-global-warming-air-pollution-fire-management-black-carbon-co2/>
- Bowman, D. M.; J. Balch; P. Artaxo; W. J. Bond; M. A. Cochrane; C. M. D'Antonio et al. 2011. The human dimension of fire regimes on Earth. *Journal of Biogeography* 38(12):2223-2236.
- Carbone, L. M.; J. R. Tavella; M. C. Naval Fernández; M. M. Bianchi; J. M. Rodríguez; P. I. Marcora et al. 2021. Fuego en los ecosistemas argentinos. *Folium. Relatos botánicos* 3:28-47.
- Carbone, L. M.; J. Tavella; J. G. Pausas y R. Aguilar. 2019. A global synthesis of fire effects on pollinators. *Global Ecology and Biogeography* 28(10):1487-1498. <https://doi.org/10.1111/geb.12939>
- Carpenter, J. y O. Marques. 2001. *Contribuição ao estudo de vespídeos do Brasil (Insecta, Hymenoptera, Vespoidea, Vespidae)*. Série Publicações Digitais, vol. 2. Universidade Federal da Bahia, Brasil [en línea]. [fecha de consulta: Abril 2024], 144 p. Disponible en: <https://www.google.com/search?q=https://www.academia.edu/19731202/>
- Gill, A. M. y R. A. Bradstock. 1995. Extinctions of biota by fires. *En: Bradstock, R. A.; T. D. Auld; D. A. Keith; R. Kingsford; D. Lunney y D. Sivertsen (Eds.). Conserving biodiversity: threats and solutions*, p 309-322. Surrey Beatty and Sons, Sydney, Australia.
- Keeley, J. E.; W. J. Bond; R. A. Bradstock; J. G. Pausas y P. W. Rundel. 2012. *Fire in Mediterranean ecosystems: ecology, evolution and management*. Cambridge University Press, Cambridge. 515 p.
- Kuchenbecker, J.; F. Camarota; P. G. da Silva; L. N. Perillo; M. do Vale Beirão; F. S. de Castro et al. 2023. Differential response of fire on the community dynamics of five insect taxa in a tropical mountaintop forest archipelago. *Ecology and Evolution* 13(12):e10806. <https://doi.org/10.1002/ece3.10806>
- Liu, Y.; R. A. Francis; M. J. Wooster; M. J. Grosvenor; S. Yan y G. Roberts. 2022. Systematic mapping and review of landscape fire smoke (LFS) exposure impacts on insects. *Environmental Entomology* 51(5):871-884.
- Lizárraga, L. 2022. Estadísticas de Focos de Calor VIIRS en Argentina. *Sección Novedades. Sistema de Información de Biodiversidad, Administración de Parques Nacionales* [en línea]. [fecha de consulta: Diciembre 2024]. Disponible en: <https://sib.gob.ar/novedades/focosdecalor>
- Mason Jr, S. C.; V. Shirey; L. C. Ponisio y J. K. Gelhaus. 2021. Responses from bees, butterflies, and ground beetles to different fire and site characteristics: a global meta-analysis. *Biological Conservation* 261(5):109265. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109265>
- Mastrángelo, M. 2020. El silencioso colapso del Impenetrable chaqueño [en línea]. [fecha de consulta: Junio 2025]. Disponible en: <https://redaf.org.ar/el-silencioso-colapso-del-impenetrable-chaqueño/>
- Michener, C. D. 2007. *The bees of the world*. Second edition. Johns Hopkins Univ. Press, Baltimore, United States. 953 p.
- Morello, J.; S. D. Matteucci; A. F. Rodríguez y M. E. Silva. 2012. *Ecorregiones y complejos ecosistémicos de Argentina*. Orientación Gráfica Editora, Buenos Aires. 719 p.

- Moritz, M. A.; M. A. Parisien; E. Batllori; M. A. Krawchuk; J. Van Dorn; D. J. Ganz y K. Hayhoe. 2012. Climate change and disruptions to global fire activity. *Ecosphere* 3(6):art49.
- NASA's Fire Information for Resource Management System (FIRMS). 2024. FIRMS: Fire Information for Resource Management System [en línea]. [fecha de consulta: Abril 2024]. Disponible en: <https://www.earthdata.nasa.gov/data/tools/firms>
- Noss, R. F. y A. Y. Cooperrider. 1994. *Saving nature's legacy: Protecting and restoring biodiversity*. Island Press, Washington. 416 p.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). 2015. Objetivos de Desarrollo Sostenible [en línea]. [fecha de consulta: Junio 2025]. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Parr, C. L. y A. N. Andersen. 2006. Patch mosaic burning for biodiversity conservation: a critique of the pyrodiversity paradigm. *Conservation Biology* 20(6):1610-1619. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2006.00492.x>
- Pausas, J. G. y E. Ribeiro. 2017. Fire and plant diversity at the global scale. *Global Ecology and Biogeography* 26(8):889-897. <https://doi.org/10.1111/geb.12596>
- Peralta, G.; E. L. Stevani; N. P. Chacoff; J. Dorado y D. P. Vázquez. 2017. Fire influences the structure of plant-bee networks. *Journal of Animal Ecology* 86:1-10. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12731>
- Sanderfoot, O. V.; S. B. Bassing; J. L. Brusa; R. L. Emmet; S. J. Gillman; K. Swift y B. Gardner. 2022. A review of the effects of wildfire smoke on the health and behavior of wildlife. *Environmental Research Letters* 16(12):123003. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac30f6>
- Servicio Nacional de Manejo del Fuego. 2020. ¿Qué es y cómo funciona el Servicio Nacional de Manejo del Fuego? [en línea]. [fecha de consulta: Abril 2024]. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/fuego/servicio-nacional>
- Sistema Remoto de Monitoreo de Áreas Protegidas (SiRMAP). 2024. Sistema de Información de Biodiversidad, Administración de Parques Nacionales [en línea]. [fecha de consulta: Abril 2024]. Disponible en: <https://www.sib.gob.ar/novedades/sirmap>
- Tiddi, R.; S. Heinonen; V. Quiroga y L. López. 2014. *Parque Nacional El Impenetrable: Participación y aportes para su creación*. The Conservation Land Trust Argentina, Buenos Aires. 92 p.
- Volante, J. N.; M. J. Mosciaro; G. I. Gavier-Pizarro y J. M. Paruelo. 2016. Agricultural expansion in the Semiarid Chaco: Poorly selective contagious advance. *Land use policy* 55:154-165. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.03.025>
- Whelan, R. J. y T. J. Givnish. 1989. The ecology of fire. *Annual Review of Ecology and Systematics* 20(1):47-70.
- Whelan, R. J. 2009. The ecology of fire: developments since 1995 and outstanding questions. *Proceedings of the Royal Society of Queensland* 115:59-68. <https://doi.org/10.5962/p.357727>

