

LA COMUNIDAD FÚNGICA COMO BIOINDICADOR DE LAS ACTIVIDADES ANTROPOGÉNICAS EN ECORREGIONES DE VALLE DE LA PROVINCIA DE JUJUY

THE FUNGAL COMMUNITY AS A BIOINDICATOR OF ANTHROPOGENIC ACTIVITIES IN VALLEY ECORREGIONS OF JUJUY PROVINCE

Ramírez, E. H.¹, Martínez, I. G.¹, González, M.A.¹, Ruiz, G. B.¹, Tejerina, M. R.^{1,2*}

¹ Cátedra de Microbiología Ambiental, Facultad de Ciencias Agrarias, UNJu

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)- San Salvador de Jujuy

*Autor para correspondencia:
tejerina.marcos@yahoo.com

Período de Publicación:
Junio 2026

Historial:
Recibido: Septiembre 2025
Aceptado: Abril de 2026

RESUMEN

En los últimos años el avance de la agricultura y la ganadería amenaza los hábitats naturales, por lo cual es importante conocer como la actividad antropogénica afecta a la biodiversidad fúngica. Los hongos están presentes en todos los ambientes y son utilizados como bioindicadores de la actividad antropogénica de los ecosistemas. Este estudio evaluó la diversidad de hongos macromicetos comparando dos ambientes del Departamento El Carmen (Jujuy, Argentina) con distinto grado de alteración antrópica. Los hongos pertenecían al grupo de basidiomicetos y ascomicetos, que fueron caracterizados, identificados, cuantificados y recolectados en ambos sitios. La biodiversidad se calculó utilizando los índices de Shannon y Gini-Simpson. Las diferencias entre sitios se evaluaron mediante ANOVA y prueba de Tukey utilizando el software estadístico PAST (*Paleontological Statistics*) e InfoStat. Se registraron once géneros en el sitio antropizado, mientras que en el sitio no antropizado se registró doce géneros; siete géneros fueron compartidos por ambos sitios. Los géneros más representativos fueron *Auricularia* sp., *Ganoderma* sp., *Irpe* sp. y *Trametes* sp. en ambos ambientes. Los resultados no mostraron diferencias en la biodiversidad entre sitios, compartiendo algunos géneros y otros exclusivos de cada sitio. La biodiversidad fúngica encontrada en cada sitio evidencia una estabilidad en la comunidad fúngica, indicando que la intervención humana de esta zona no afectaría de manera significativa la composición ni la diversidad observada.

Palabras clave: macromicetos, biodiversidad, bioindicadores.

SUMMARY

In recent years, the advance of agriculture and livestock farming threatens natural habitats; therefore, it is important to understand how anthropogenic activity affects fungal biodiversity. Fungi are present in all environments and are used as bioindicators of anthropogenic activity in ecosystems. This study evaluated the diversity of macromycete fungi by comparing

two environments in the El Carmen Department (Jujuy, Argentina) with different degrees of anthropogenic alteration. The fungi belonged to the basidiomycete and ascomycete group, which were characterized, identified, quantified and collected at both sites. Biodiversity was calculated using the Shannon and Gini-Simpson indices. Differences between sites were assessed using ANOVA and Tukey's test with the statistical software PAST (Paleontological Statistics) and InfoStat. Eleven genera were recorded at the anthropized site, while twelve genera were recorded at the non-anthropized site; seven genera were shared by both sites. The most representative genera were *Auricularia* sp., *Ganoderma* sp., *Irpex* sp. and *Trametes* sp. in both environments. The results showed no differences in biodiversity between sites, sharing some genera and others exclusive to each site. The fungal biodiversity found at each site shows stability in the community, indicating that human intervention in this area would not significantly affect the observed composition or diversity.

Keywords: macromycetes, biodiversity, bioindicators.

INTRODUCCIÓN

Los macromicetos son hongos que desarrollan cuerpos fructíferos fácilmente reconocibles en los ambientes terrestres ocupando diversos nichos ecológicos, comprendiendo principalmente a los Basidiomycota y Ascomycota, grupos que presentan la mayor diversidad de especies dentro del Reino Fungi (He *et al.*, 2022). Estos organismos cumplen un rol esencial en los ambientes, ya que entre sus diversas funciones se encargan de degradar la materia orgánica, establecen asociaciones simbióticas con raíces de plantas formando micorrizas y mantienen interacciones ecológicas con insectos con fines nutricionales o medicinales (Hsin *et al.*, 2025; Shukla *et al.*, 2025; Tejerina *et al.*, 2023). Los hongos constituyen una fuente importante de recursos genéticos y metabolitos con aplicaciones en la industria, la agricultura y la medicina, además de mantener el equilibrio de los ecosistemas (Warnasuriya *et al.*, 2023).

El aumento de las actividades antropogénicas, como el desarrollo socioeconómico y la industrialización para satisfacer la demanda de la población, ha generado un impacto en el ambiente por la liberación de contaminantes al aire, suelo y agua, alterando el equilibrio de la biodiversidad (Xiaoting *et al.*, 2025; Esposito *et al.*, 2021). Por lo cual, la comunidad fúngica al interactuar con el entorno, es utilizada como bioindicador del impacto de la actividad antropogénica y del estado ecológico, ya que los hongos presentan una amplia distribución, facilidad de identificación y sensibilidad frente a los cambios ambientales (Bai *et al.*, 2018). La presencia de una comunidad fúngica diversa en el ambiente indica el equilibrio del estado ecológico, un cambio las condiciones de equilibrio se manifiestan como cambios en la distribución, su morfología y fisiología, reflejando las condiciones del entorno o su capacidad de adaptación, como respuestas a los factores estresantes (Bai *et al.*, 2018; Warnasuriya *et al.*, 2023, Li & Dong, 2025).

Los macromicetos, en particular, permiten inferir la calidad del ambiente a partir de su presencia, cantidad y distribución, debido a su sensibilidad, capacidad de supervivencia y tolerancia frente a la alteración ambiental (Soares *et al.*, 2022). Pueden responder a perturbaciones mediante procesos de bioacumulación, adsorción, biodegradación y biotransformación, o bien por variaciones en la composición y diversidad de las comunidades fúngicas (Maurya y Pachauri, 2022).

Las investigaciones sobre biodiversidad fúngica se basan en la observación de macromicetos en diversos sustratos, como troncos en descomposición, hojarasca, materia orgánica, suelo, estiércol o

restos vegetales (Montoya *et al.*, 2010), ya que los hongos participan activamente en la biodegradación de la materia orgánica, uno de los procesos más relevantes en los ecosistemas terrestres, permitiendo la degradación de compuestos como la celulosa y la lignina, y contribuyendo a la inmovilización de nutrientes en el suelo (Torres-Farradá *et al.*, 2024). Asimismo, los hongos simbiotes resultan indispensables para el desarrollo de numerosas plantas vasculares tanto silvestres como cultivadas, al formar micorrizas que facilitan la absorción de agua, fósforo, nitrógeno, azufre y oligoelementos, mientras la planta provee compuestos carbonados derivados de la fotosíntesis (Hawkins *et al.*, 2023).

Son pocas las investigaciones que informan la implementación de los hongos como bioindicadores del estado ecológico en la provincia de Jujuy. Por lo cual, esta investigación se focalizó en la evaluación de la biodiversidad fúngica en zonas de la provincia para conocer e informar los efectos de la actividad antropogénica en zonas naturales y zonas antropogénicas. Para ello, se evaluó, se registró, se caracterizó, se observó, se identificó y se cuantificó la presencia de hongos macromicetos en zonas con diversos grados de alteración ambiental del departamento El Carmen, Jujuy.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestreo de macromicetos

Para la observación y muestreo de los macromicetos se visitaron dos zonas con distinto grado de alteración antrópica del Departamento El Carmen (Jujuy, Argentina). Se realizó un estudio exploratorio y descriptivo con enfoque cuantitativo para evaluar su biodiversidad. Los muestreos fueron realizados en los meses de agosto y diciembre del 2024, mediante visitas semanales. Además, se realizaron registros de variables ambientales como la temperatura, la humedad relativa, y las precipitaciones.

Área de estudio

El área de estudio se localizó en la región de Valle del Departamento El Carmen, entre las coordenadas $24^{\circ}24'58.0''S$ $65^{\circ}17'36.5''O$ y $24^{\circ}26'12.9''S$ $65^{\circ}16'07.4''O$. La selección de esta zona respondió a su heterogeneidad ambiental y a la presencia de sectores con diferente grado de intervención antrópica. La zona donde se realizó el estudio abarcó aproximadamente 2 km, de áreas naturales o áreas modificadas por actividades humanas.

Las zonas seleccionadas se clasificaron en dos categorías principales: áreas no antrópicas (Sitio 2) o con bajo impacto antropogénico, donde la vegetación natural, la presencia de hojarasca y materia en descomposición; y áreas antropizadas (Sitio 1), caracterizadas por la presencia de cultivos, caminos, construcciones y alteraciones en la vegetación, presencia de basurales, lo que permitió comparar la biodiversidad fúngica entre ambientes con diferentes niveles de alteración (Ver Figuras 1: a y b).



Figura 1: Se delimitaron Sitios con diferentes grados de alteración ambiental. Se observa a) Sitio 1, zona antrópica y b) Sitio 2, zona no antrópica.

Observación identificación y colección de muestras

Los macromicetos presentes en cada zona fueron recolectados y fotografiados in situ en invierno y primavera. Las muestras se obtuvieron mediante muestreo por aparición. Los ejemplares fueron recolectados en puntos aleatorios dentro de cada sitio, registrando su localización, fecha y condiciones ambientales. Cada muestra fue etiquetada y transportada en sobres de papel para su posterior análisis.

Para la identificación las muestras fueron conservadas mediante secado en estufa a 37°C durante 48 h. Los datos de campo se consignaron en planillas registrando nombre, fotografía y número de ejemplares observados.

Las identificaciones taxonómicas se llevaron a cabo en laboratorios de la Facultad de Ciencias Agrarias (Universidad Nacional de Jujuy). Para ello se utilizaron claves morfológicas y microscópicas de Wright y Albertó (2002, 2006), Carrillo (2003), Romano *et al.*, (2023), González *et al.*, (2018), Castro Marcote *et al.*, (2023). El análisis incluyó la caracterización de rasgos macroscópicos (forma, tamaño, color, textura, tipo de himenio, presencia de láminas, estipe y volva) y microscópicos (hifas, esporas y estructuras reproductoras).

Análisis de datos

Se realizó la medición de la Diversidad α , para ello se evaluaron los atributos comunitarios: Riqueza específica (S), Abundancia (N), Diversidad de Shannon-Wiener (H), Dominancia (D), Gini-Simpson(1- λ) siguiendo la metodología de Moreno (2001), mediante el programa PAST (Hammer *et al.*, 2001). Por otro lado, se comparó estadísticamente los sitios mediante ANOVA y prueba de Tukey a partir del programa InfoStat versión 2015 (Di Rienzo *et al.*, 2015).

RESULTADOS

Diversidad fúngica entre sitios

Se identificó en el sitio antropizado una abundancia de 38 individuos pertenecientes a 11 géneros, mientras que en el sitio no antropizado se registró una abundancia de 62 individuos distribuidos en 12 géneros, compartiendo algunos géneros entre sitios. Por lo cual, el índice de Shannon (H') fue ligeramente mayor en el sitio no antropizado ($H' = 1,885$) respecto del antropizado ($H' = 1,862$), aunque los valores de dominancia ($D = 0,2244$ y $0,225$) y del índice de Gini-Simpson ($1-\lambda = 0,7756$ y $0,775$) que fueron equivalentes entre ambos sitios (tabla 2). Observando 7 géneros compartidos y la presencia de géneros exclusivos en cada sitio. Por lo cual las composiciones de géneros difieren en ambos sitios.

En cuanto a la abundancia relativa, *Auricularia* sp. fue el género más frecuente en ambos sitios. Además, *Trametes* sp. e *Irpe* sp. presentaron mayor representación en el sitio no antropizado, siendo que *Ganoderma* sp. predominó en el ambiente intervenido (Figura 2).

Finalmente, el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey no evidenciaron diferencias estadísticamente significativas en el número de géneros entre sitios ($p = 0,44$), por lo tanto, no se detectaron variaciones significativas en la biodiversidad micológica asociada al grado de intervención antrópica.

Tabla 1: Registro de la diversidad y géneros de hongos en sitios con y sin intervención humana.

Sitio 1 – Zona antrópica	Nº	Sitio 2 – Zona no antrópica	Nº
Géneros		Géneros	
<i>Auricularia</i> sp.	15	<i>Auricularia</i> sp.	25
<i>Byssomerulius</i> sp.	1	<i>Coniophora</i> sp.	2
<i>Daldina</i> sp.	1	<i>Daldinia</i> sp.	5
<i>Schizophyllum</i> sp.	1	<i>Ganoderma</i> sp.	2
<i>Ganoderma</i> sp.	8	<i>Hypoxylon</i> sp.	1
<i>Hypoxylon</i> sp.	2	<i>Irpex</i> sp.	9
<i>Irpex</i> sp.	4	<i>Meripilus</i> sp.	1
<i>Phelinus</i> sp.	1	<i>Phelinus</i> sp.	1
<i>Phlebia</i> sp.	3	<i>Trametes</i> sp.	12
<i>Pycnoporus</i> sp.	1	<i>Xylaria</i> sp.	2
<i>Stereum</i> sp.	1	<i>Schizophyllum</i> sp.	1
		<i>Lycoperdon</i> sp.	

N (Individuos)	62
S (géneros)	12

38 N (Individuos)
11 S (géneros)

Tabla 2: Diversidad e índices ecológicos en sitios antropizados y no antropizados.

Sitio	S (género)	N (individuos)	Shannon (H')	Dominancia (D)	Gini-Simpson (1-λ)
Antrópico	11	38	1,862	0,2244	0,8019
No Antrópico	12	62	1,885	0,225	0,775

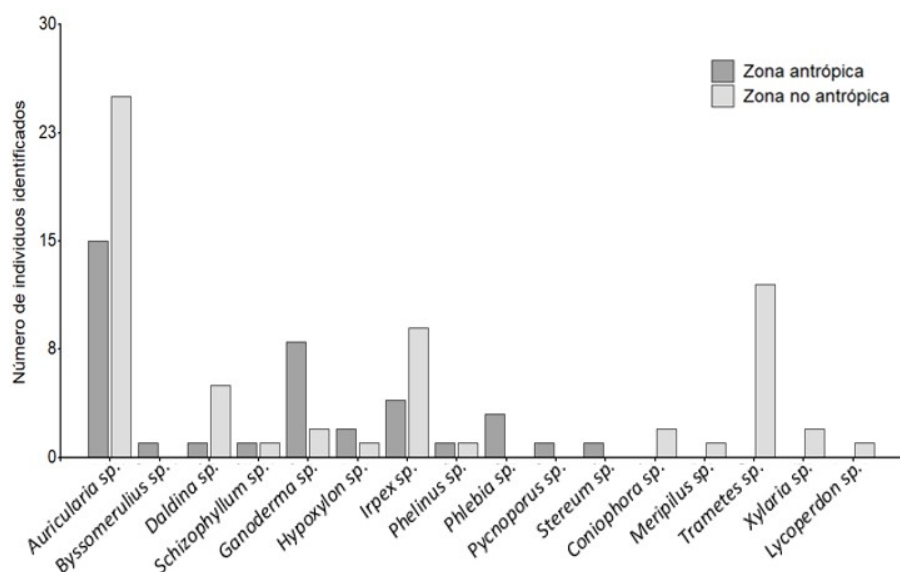


Figura 2: Géneros y número de individuos registrados de macromicetos en sitios con y sin intervención antrópica.

Identificación y caracterización de los principales géneros observados

Entre los géneros identificados se encuentra *Auricularia* sp. o “Oreja de Judas”, que se identificó por su basidiocarpo pileado, córneo, cupulado a fuertemente reflexo, entre 5 y 8 cm de ancho; con himenio densamente piloso; purpúreoazulado a negruzco, liso. Se observan pelos himeniales $450 \times 6 \mu\text{m}$. Basidiosporas cilíndricas curvadas, $11,5-15 \times 5 - 6 \mu\text{m}$ (Figura 3).



Figura 3: Observación macroscópica y microscópica del Género *Auricularia* sp. se observa a) basidiocarpo, b) pelos himeniales (4X) c) esporas curvadas (100X).

El género *Trametes* sp., se observó en el basidiomas semicirculares superpuestos, sésiles o con un diminuto estípote lateral; chato, a veces ondulado; con zonas concéntricas de distinto color, lisas y rugosas; contexto blanco coriáceo; diámetro 3 cm y 6cm. Pie: Ausente. Carne: Blanca, coriácea. Color: Las zonas concéntricas tienen distintos colores, también pueden ser blancas con zonas beige. Poros: son angulosas y amarillentas, también presentan en algunas especies poros redondeados pálidos, y pelos blancos en la superficie. Esporas: oblongas, lisas, no amiloides, de $2 \mu\text{m}$ a $6 \mu\text{m}$ (Figura 4).

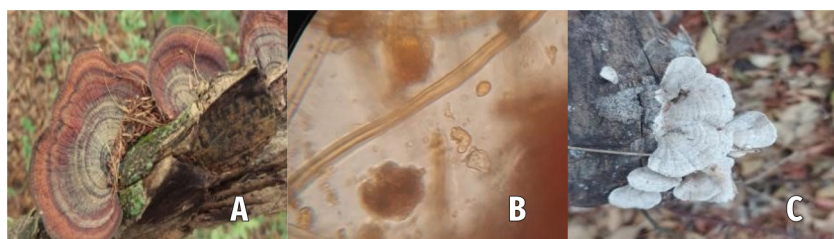


Figura 4: Observación macroscópica y microscópica del Género *Trametes* sp. se observa a) basidiocarpo con zonas concéntricas de diversos colores, b) esporas no amiloides (40x), c) basidiocarpo blanco con zonas concéntricas.

Daldinia sp. o "hongo de carbón", "bola de carbón": Ascoma: en un estroma globoso, de 40mm diámetro, castaño rojizo, luego negro y algo brillante. Liso, con pequeños orificios de los ostiolas de los peritecios; contexto castaño purpúreo, fibroso, con zonas concéntricas más oscuras. Peritecios: pequeños, agrupados en una sola hilera por debajo de la delgada corteza estromática. Son de color pardo oscuro o negro, elípticas, lisas y miden generalmente entre 10-16µm de largo por 4-8µm de ancho, (Figura 5).

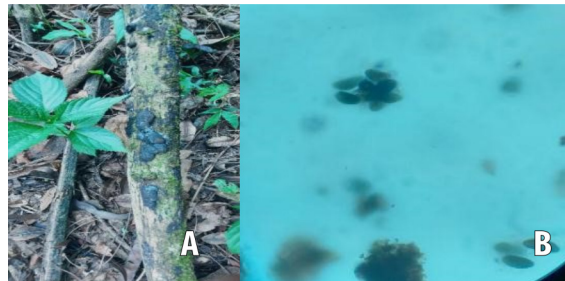


Figura 5: Observación macroscópica y microscópica del Género *Daldinia* sp. se observa a) Ascomas globoso b) esporas oscuras (40x).

Ganoderma sp. "Yesquero aplanado". Basidiocarpo: sésil, aplanado, de hasta 30 cm de ancho y 60 cm de longitud y 8 cm de espesor. Píleo: liso, zonado, rugoso y crustado. Margen: agudo, blanco. Himenóforo: tubular estratificado, marrón rojizo. Poros circulares de 4-6 cm blanquecinos que se oscurecen al roce y en la vejez del mismo color que los tubos. Esporada: pardo ferrugíneo. Esporas: de 6,5-8,5 µm × 5-6,5 µm, elipsoidales a ovoides truncadas, de paredes y gruesas con ornamentación en la pared interna (Figura 6).



Figura 6: Observación macroscópica y microscópica del Género *Gnoderma* sp. se observa a) basidiocarpo sésil y aplanado con márgenes blancos b) esporas elipsoides (40x).

Schizophyllum sp. o "abanico", "cascarita de molle", "hongo de madera podrida". Píleo 5-40 mm diámetro, flabeliforme, imbricado, de consistencia coriácea, flequeado, grisáceo, margen incurvado. Laminillas grisáceas, concoloras con el píleo, excéntricas. Sin anillo. Contexto delgado, duro, coriáceo, elástico, no putrescible. Esporas 3-5 µm, cilíndricas, lisas, no amiloides. Basidios 15-20 × 4-6 µm, claviformes (Figura 7).

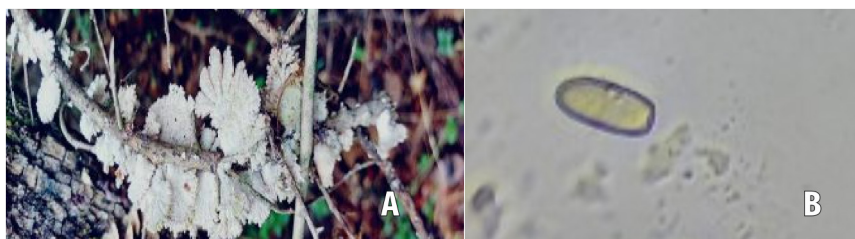


Figura 7: Observación macroscópica y microscópica del Género *Schizophyllum* sp. se observa a) basidiocarpo sésil y flabeliforme grisáceo b) Espora cilíndricas y lisas (100x).

Phellinus sp. Basidiocarpo de consistencia leñosa, sésil (sin pie, sestado). Color amarillento, ferruginoso, grisáceo que puede ser oscuro. Carpóforo de color rojo ladrillo en los ejemplares ya viejos, con tonos canelas en los jóvenes, y un brillo céreo exterior en tiempo húmedo y llegando a medir hasta 15 cm de diámetro. Las esporas globosas miden de $6-8 \times 5-8 \mu\text{m}$ (Figura 8).



Figura 8: Observación macroscópica y microscópica del Género *Phellinus* sp. se observa a) basidiocarpo sésil leñoso b) Espora globosas (40x).

Xylaria sp. o “Dedos del diablo”, “dedos de muerto” son hongos lignícolas con estroma cilíndrico, recto, de color negro al madurar, con un ápice aguzado. Presentan peritecios inmersos en la parte superior del estroma y ascosporas negras y alantoides, de tamaño aproximado de 4 a $6 \mu\text{m}$ de ancho y 10 a $14 \mu\text{m}$ de largo. Carne: La estructura interna del estroma es dura y de textura firme, con un contexto blanco en la base. Color: Superficie tomentosa al madurar, con ápice blanco (Figura 9).



Figura 9: Observación macroscópica y microscópica del Género *Xylaria* sp. se observa a) Estroma cilíndrico, recto y de color negro b) ascosporas negras y alantoides (40x) c) Superficie tomentosa (4X).

Meripilus sp. Descripción: Cuerpo fructífero con sombrero semicircular o en abanico, de 20 a 60 cm . de ancho. La superficie pileica es tomentosa, ondulada, radialmente rugosa, a veces, agrietada, zonada concéntricamente, de color ocreamarillento a pardo oscuro. La cara inferior presenta un himenóforo con poros muy pequeños, redondeados y blanquecinos que ennegrecen al roce o con la edad. El pie es lateral, muy corto y se origina a partir de una base común. Las esporas tienen una forma esférica a ovoide, de tamaño $6-6,5 \times 5,5-6 \mu\text{m}$. Al microscopio, lisas y no amiloides. Los basidios -las células portadoras de esporas- tienen forma de garrote, 4 esporas y miden $22-40$ por $7-8 \mu\text{m}$ (Figura 10).

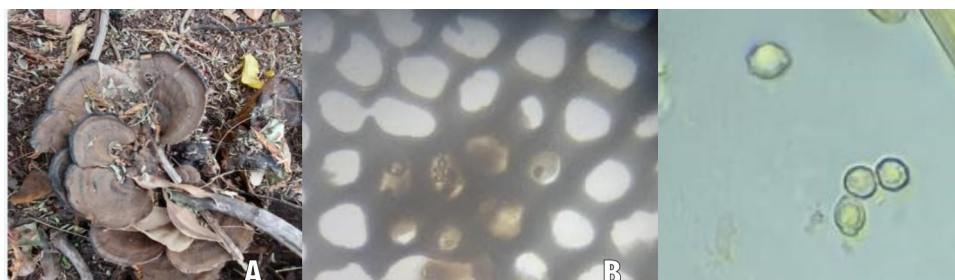


Figura 10: Observación macroscópica y microscópica del Género *Meripilus* sp. se observa a) basidiocarpo semicircular, en abanico b) Poros redondeados (40X), c) Espora lisas y esfericas (40x).

Lycoperdon sp. o “Hongo polvera”. Basidiomas globoso superficiales y aislados. Piriformes, de 30-43 x 25-47 mm. Gastroporo: pequeño a mediano, turbinado a piriforme, con peridio con ornamentación diversa: espinas, verrugas, etc., en tonos de castaño. Gleba: pulverulenta en la madurez, amarillenta a castaña u olivácea. Dehiscencia: por un poro apical, generalmente sin estructura definida. Base estéril: presente, celular, separada de la gleba por una membrana un poco más densa, pero que no llega a ser apergaminada. Basidios no observados. Basidiósporas regularmente esféricas, de color pardo amarillento en la madurez y de (4,2-) 4,6(5,0) μm , ornamentadas mediante espinas aisladas de 0,4-0,7 μm de altura, con abundantes restos de esterigmas (Figura 11).

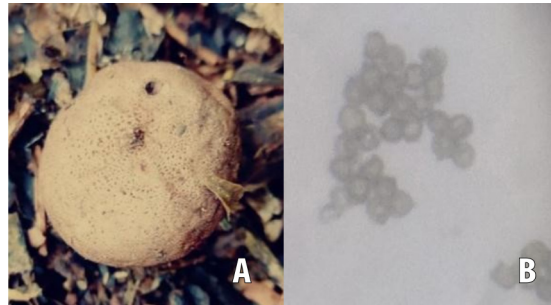


Figura 11: Observación macroscópica y microscópica del Género *Lycoperdon* sp. se observa a) basidiocarpio globoso b) Basidiosporas esféricas, de color pardo (100x).

Pyrenopeziza sp. su pigmento anaranjado se debe a compuestos como cinabarina, tramesanguina y ácido cinabarínico. Basidiomas: De tamaño variable, desde 1 hasta 15 cm, con forma de abanico (flaveliforme) y adherido al sustrato por la base, que en ocasiones se estrecha. Esporas oblongas, hialinas de 3,2 x 6,4 μm . Color: en ejemplares viejos puede ser menos intenso, especialmente después de lluvias. De consistencia leñosa o cartilaginosa (Figura 12).

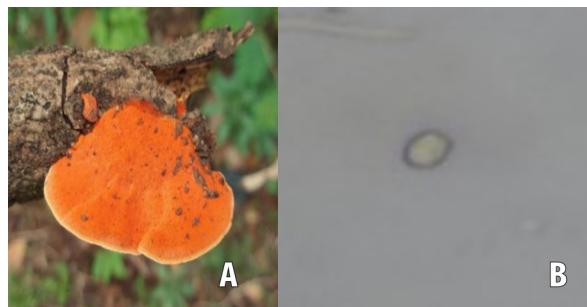


Figura 12: Observación macroscópica y microscópica del Género *Pyrenopeziza* sp. se observa a) basidiocarpio flaveliforme b) Basidiosporas oblongas, hialinas (100x).

Hypoxylon sp. ascoma globoso o pulvínulo de 0,5–1 cm, compuesto por peritecios inmersos que, al madurar, despliegan ostiolos diminutos. Exterior grueso, de pared negra y áspera. La base, pegada al soporte, carece de pie. Contexto interno blanquecino a grisáceo. Fructifica en solitario durante meses secos, sobre corteza de ramas y tocones. Carece de olor destacable. Cuando se seca, su peridio se fisura dejando ver zonas perladas. Pie: ausente. Carne: dura, coriácea. Color: negro externo, grisáceo interno. Ascosporas castaño oscuras, elipsoidales.

9-10,5 x 4-5,5 μm (Figura 13).

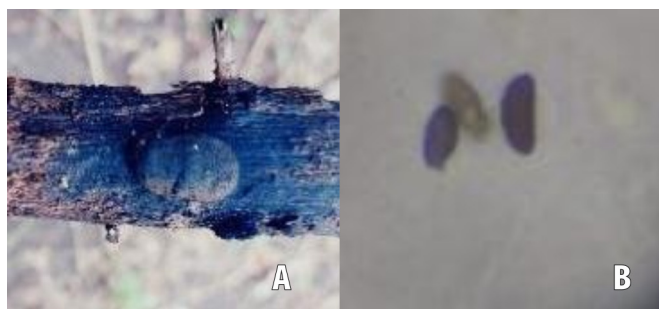


Figura 13: Observación macroscópica y microscópica del Género *Hypoxylon* sp. se observa a) Ascoma globoso b) Ascosporas castaño oscuras, elipsoidales (40x).

Byssomerulius sp. o “Cascarita de palo”. Cuerpo fructífero resupinado. Al principio es totalmente resupinada y más tarde forma unas superficies pileicas, a ambos lados del sustrato, ligeramente tomentosas; de color blanco y ocráceo claro al madurar. Sin pie. Himenóforo: de joven liso y después porado, más tarde se vuelve muy verrugoso. De color blanco, con la edad se vuelve ocráceo claro o pardo. Coriácea y de color blanquecino. Esporada blanca. Microscopía: esporas de $4-6 \times 2-3 \mu\text{m}$, hialinas, elipsoidales o subcilíndricas, apiculadas, lisas y no amiloides. Hifas sin fíbulas (Figura 14).



Figura 14: Cuerpo fructífero resupinado.

Irpex sp. “costra de madera”: Basidiocarpo anual, resupinado, a veces sésil, píleos imbricados, lateralmente unidos, $10 \times 70 \times 50\text{mm}$. Superficie del píleo crémea o tostada. Himenóforo tubular, playos, angulares, 2-3 por mm cerca del margen. Sistema hifal de pared delgada a engrosada, muy ramificadas, sin fíbulas, $2-4 \mu\text{m}$ diámetro, hialinas, pared gruesa. Cistidios notables, abundantes y de pared gruesa. Basidios claviformes, 4-esporados, $20 - 25 \times 4 - 6 \mu\text{m}$, con tabique simple en la base. Basidiosporas oblongas a cilíndricas, rectas o ligeramente curvadas, hialinas, lisas, inamiloides, $5 - 7 \times 2 - 3 \mu\text{m}$ (Figura 15).



Figura 15: Basidiocarpo imbricados, color crema.

Basidiocarpo: completamente resupinado y pileado; seco membranáceo. Contexto: hasta 1mm de grosor. Himenóforo: liso, tuberculado y raramente poroide (Figura 16).



Figura 16: Basidiocarpo seco, membranoso y pileado.

Stereum sp. basidiocarpo efuso, coriáceo, ocre, con plegado radialmente. Superficie del píleo notoriamente hirsuta, con los pelos dispuestos longitudinalmente. Contexto 600-900 μm de grosor, con una zona cortical basal pigmentada, ocre-amarillenta. Himenóforo liso, grisáceo, a veces algo diferenciado en un amarillento claro. Himenio compuesto de basidios y pseudocistidios. Basidios claviformes, 4-esporados, $23-29 \times 4-5 \mu\text{m}$.

Basidiosporas subcilíndricas, $5,5-7 \times 2-2,2 \mu\text{m}$, hialinas, lisas (Figura 17).



Figura 17: Basidiocarpo efuso, coriáceo y ocre.

Coniophora sp. Basidiocarpo: efuso, hasta 300mm o más, 1 – 2mm de grosor, margen 3-20mm de ancho, Contexto: blanquecino, algodónoso-esponjoso, cuando adulto separado del himenio por una línea cérea.

Himenóforo: pálido cuando joven, hasta castaño (Figura 18).



Figura 18: Basidiocarpo efuso, blanco y algodónoso.

DISCUSIÓN

Este trabajo permitió conocer el grado de intervención de la actividad antrópica de zonas de valles de la provincia de Jujuy, a partir de la utilización de hongos macromicetos como bioindicadores. Branco *et al.*, (2022), han informado que los hongos son más adaptables y sensibles a los cambios y factores de estrés ambientales que cualquier otro microorganismo, ya que, en condiciones desfavorables, los hongos presentan cambios morfológicos y fisiológicos. Nuestros resultados permitieron comparar la diversidad de macromicetos entre sitio con intervención antrópica y sin alteraciones observando que en la comunidad de macromicetos se mantienen estable. El sitio que no presentaba intervención antrópica presentó una ligera mayor riqueza de géneros, con un mayor número de ejemplares que el sitio antropizado. Bai *et al.*, (2018), han demostrado que el nivel de la actividad antropogénica está correlacionado con la diversidad y composición de la comunidad fúngica, y que los hongos son bioindicadores de la presencia de contaminantes. Por lo cual, nuestros hallazgos sugieren que el grado de intervención antrópica todavía no ha alterado drásticamente los sitios investigados pudiendo inferir que la presencia y cantidad de macromicetos en ambos sitios indicaría su estabilidad en el estado ecológico, mostrando que la actividad agrícola moderada no altera la diversidad fúngica de forma significativa. Asimismo, nuestros resultados coinciden con lo reportado por Caro *et al.*, (2022), que han observado que las perturbaciones moderadas no reducen drásticamente la diversidad fúngica, mientras que las perturbaciones intensas sí lo hacen.

Por otra parte, Pérez-Silva (2018), han investigado la presencia de macromicetos en ambientes urbanos del centro de México, encontrando que los géneros saprófitos generalistas como *Ganoderma* y *Parasola* mantienen poblaciones estables pese a la fuerte alteración ambiental, lo que indicaría que algunos géneros de hongos son más resistentes a los cambios ambientales. En nuestro estudio los géneros que han prevalecido en ambos sitios fueron *Auricularia*, *Ganoderma* e *Irpex*, *Daldinia* sp., *Schizophyllum* sp., *Hypoxyylon* sp., *Irpex* sp. y *Phelinus* sp. indicando su capacidad de supervivencia y tolerancia a un entorno cambiante. Del mismo modo, otros autores como Ochoa-Ocampo *et al.*, (2026) y Gałazka *et al.* (2025), han demostrado que los hongos del género *Trametes* producen una gran diversidad de enzimas ligninolíticas que favorecen su desarrollo en múltiples microambientes, incluso en aquellos contaminados. En este trabajo la presencia de *Trametes* sp. solo fue registrado en el sitio no antrópico, al igual que las *Coniophora* sp., *Meripilus* sp. y *Xylaria* sp. y *Lycoperdon* sp., lo que indicaría que las cepas jueñas podrían ser más sensibles a los diferentes grados de intervención antrópica. Por otra parte, se observó y se registró la presencia del género *Ganoderma* sp., *Byssomerulius* sp., *Phlebia* sp., *Pycnoporus* sp. y *Stereum* sp. por ser hongos descomponedores de la madera poseen una amplia variedad de enzimas que actúan en condiciones diversas y sobre una amplia variedad de sustrato, lo que le permite la supervivencia y tolerancia a un entorno con intervención antrópica. Castellanos De La Cruz *et al.*, (2024), han encontrado que especies del *Ganoderma* biorremedian suelos contaminados con metales pesados, mientras que Kamei *et al.*, (2022), Lee *et al.*, (2005), y Cheute *et al.*, (2024) demostraron la capacidad *in vitro* de remediación de diversos contaminantes por *Phlebia* sp. *Pycnoporus* sp. y *Stereum* sp. En consecuencia, la presencia recurrente de este género en el sitio antropizado, podría relacionarse con su tolerancia a perturbaciones y con su capacidad para participar en procesos de restauración ecológica.

Por último, Montoya *et al.*, (2010) y Caiafa *et al.*, (2017), señalan que temperaturas templadas acompañadas de precipitaciones adecuadas favorecen la fructificación y aparición de hongos independientemente de las perturbaciones ambientales. En nuestro estudio las temperaturas registradas y la humedad en ambos sitios podrían explicar la estabilidad de la diversidad y composición de la comunidad fúngica en ambos sitios.

Este trabajo trae una primera aproximación al estudio de los hongos macromicetos como bioindicadores del estado ecológico de zonas de la provincia de Jujuy, pero hacen falta más estudios para correlacionar los efectos en la biodiversidad fúngica frente a la actividad agrícola y ganadera.

CONCLUSIONES

Este trabajo investigó el uso de hongos macromicetos como bioindicadores del estado ecológico de ambientes con diferentes grados de intervención antrópica. Nuestros resultados demostraron, que la actividad antrópica en el departamento del El Carmen no afectaría a la diversidad de macromicetos ya que no se registraron diferencias en la comunidad fúngica en los sitios muestreados. Estos hallazgos ponen de manifiesto que la perturbación humana local en esta región, no ejerce un efecto determinante sobre las comunidades fúngicas. Los macromicetos permanecen estables en sitios con intervención agrícola y ganadera, presentando una resiliencia ecológica, frente a perturbaciones humanas. Si bien es un estudio preliminar en la región de Valle de la provincia de Jujuy, permitió la utilización de los hongos como bioindicadores del estado ecológico local para generar estrategias de conservación y manejo ambiental en diferentes zonas de la provincia.

BIBLIOGRAFÍA

- Bai, Y., Wang, Q., Liao, K., Jian, Z., Zhao, C. & Qu, J. (2018) Fungal community as a bioindicator to reflect anthropogenic activities in a river ecosystem. *Frontiers in Microbiology*, 9, 3152. Recuperado de <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.03152>
- Branco, S., Schauster, A., Liao, H. L., & Ruytinx, J. (2022). Mechanisms of stress tolerance and their effects on the ecology and evolution of mycorrhizal fungi. *The New phytologist*, 235(6), 2158–2175. Recuperado de <https://doi.org/10.1111/nph.18308>
- Caiafa, M. V., Gómez-Hernández, M., Williams-Linera, G., & Ramírez-Cruz, V. (2017). Functional diversity of macromycete communities along an environmental gradient in a Mexican seasonally dry tropical forest. *Fungal Ecology*, 28, 66–75. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1754504817300594>
- Caro, E. A., Peña, J. F. R., Rengifo, J. F. E., Agapito, N. S. C., Murcia, B. S. M., Rodríguez, D. K.,...Ochoa, M. L. O. M. (2022). Comparación de la diversidad entre el Humedal El Coroncoro y zonas con diferente grado de antropización en la granja de la Universidad de Los Llanos. Recuperado de <https://shre.ink/ocWQ>
- Carrillo, L. (2003). *Macromicetos de Jujuy*. Argentina: EDIUNJu.
- Castellanos De La Cruz, A., Rincón-Molina, C. I., Manzano-Gómez, L. A., RuizValdiviezo, V. M., Gen-Jiménez, A., Villalobos-Maldonado, J. J.,...Rincón-Rosales, R. (2024). Assessment of native wild macromycete strains for mycoremediation of copper-contaminated soils in coffee plantations. *Horticulturae*, 10(12), 1376. Recuperado de <https://www.mdpi.com/2311-7524/10/12/1376>
- Castro Marcote, J. M., Costa Lago, J. M., Pose Carracedo, M. & Traba Velay, J. M. (2023). Nueva guía de setas de Galicia. Recuperado de: https://libraria.xunta.gal/sites/default/files/downloads/publicacion/es_libro_setas_ngsg_2023_rrss.pdf
- Cheute, V. M. S., Uber, T. M., dos Santos, L. F. O., Backes, E., Dantas, M. P., Contato, A. G.,...Peralta, R. M. (2024). Biotransformation of Pollutants by *Pycnoporus* spp. in Submerged and Solid-State Fermentation: Mechanisms, Achievements, and Perspectives. *Biomass*, 4(2), 313-328. Recuperado de <https://doi.org/10.3390/biomass4020015>
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., González, L., Tablada, M. & Robledo, C.W. (2015). *InfoStat versión 2015*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Recuperado de <http://www.infostat.com.ar>

- Espósito, M. C., Corsi, I., Russo, G. L., Punta, C., Tosti, E., & Gallo, A. (2021). The era of nanomaterials: A safe solution or a risk for marine environmental pollution? *Biomolecules*, 11(3), 441. Recuperado de <https://doi.org/10.3390/biom11030441>
- Gałązka, A., Jankiewicz, U., & Orzechowski, S. (2025). El papel de las enzimas ligninolíticas en la agricultura sostenible: aplicaciones y desafíos. *Agronomía*, 15(2), 451. Recuperado de <https://doi.org/10.3390/agronomy15020451>
- González, B., Giorgi, A., Kravetz, S., Ranieri, C., Pérez, B., Jatón, J.,... Vilches, C. (2018). *Hongos de la Reserva Forestal Los Robles (Partido de Moreno, Buenos Aires): Guía Visual*. Luján: EdUNLu.
- Hammer, O., Harper, D. A. T., & Ryan P. D. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Paleontología Electrónica* 4(1):9.
- Hawkins, H. J., Cargill, R. I., Van Nuland, M. E., Hagen, S. C., Field, K. J., Sheldrake, M.,...Kiers, E. T. (2023). Mycorrhizal mycelium as a global carbon pool. *Current Biology*, 33(11), R560–R573. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.cub.2023.02.027>
- He, M. Q., Zhao, R. L., Liu, D. M., Denchev, T. T., Begerow, D., Yurkov, A.,...Hyde, K. D. (2022). Species diversity of Basidiomycota. *Fungal Diversity* 114, 281–325. Recuperado de <https://doi.org/10.1007/s13225021-00497-3>
- Hsin, K.T., Lee H., Huang Y.-C., Lin G.-J., Lin P.-Y., Lin Y.-C.J., ...Chen P.-Y. (2025) Lignocellulose degradation in bacteria and fungi: cellulosomes and industrial relevance. *Front. Microbiol.* 16:1583746. Recuperado de <https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1583746>
- Kamei, I., Tomitaka, N., Motoda, T., & Yamasaki, Y. (2022) Selective Homologous Expression of Recombinant Manganese Peroxidase Isozyme of Salt-Tolerant White-Rot Fungus *Phlebia* sp. MG-60, and Its Salt-Tolerance and Thermostability. *J Microbiol Biotechnol.* 32(2):248-255. Recuperado de <https://doi.org/10.4014/jmb.2108.08042>
- Lee, S.-M., Koo, B.-W., Choi, J.-W., Choi, D.-H., An, B.-S., Jeung, E.-B.,... Choi, I.-G. (2005). Degradation of Bisphenol A by White Rot Fungi, *Stereum hirsutum* and *Heterobasidium insulare*, and Reduction of Its Estrogenic Activity. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 28(2), 201–207. Recuperado de <https://doi.org/10.1248/bpb.28.201>
- Li, N., & Dong, K. (2025). Fungal Communities in Various Environments. *Journal of Fungi*, 11(8), 560. Recuperado de <https://doi.org/10.3390/jof11080560>
- Maurya, G. K., & Pachauri, S. (2022). Fungi: the indicators of pollution. In *Freshwater mycology* (pp. 277-296). Elsevier.
- Montoya, S., Gallego, J. H., Sucerquia, Á., Peláez, B. J., Betancourt, Ó., & Arias, D. F. (2010). Macromicetos observados en bosques del Departamento de Caldas: su influencia en el equilibrio y la conservación de la biodiversidad. *Boletín científico. Centro de museos. Museo de Historia Natural*, 14(2), 57-73.
- Moreno, C. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. Centro de investigaciones biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México. p.81.

- Ochoa-Ocampo, M. A., Macas-Granizo, M. B., Espinosa de los Monteros-Silva, N., Garzón, T., Balcazar-Sinailin, A. J., Niño-Ruiz, Z.,...DiéguezSantana, K. (2026). *Trametes polyzona* as a Source for Bioremediation and Industrial Applications: A Systematic Review. *Journal of Fungi*, 12 (1), 19. Recuperado de <https://doi.org/10.3390/jof12010019>
- Pérez-Silva, E. (2018). Hongos de zonas urbanas: Ciudad de México y Estado de México. *Scientia Fungorum*, 47, 57–66.
- Romano, G., Vignale, M. V., & Niveiro, N. (2023). Guía de identificación de hongos con laminillas. Fundación Hongos de Argentina para la Sustentabilidad.
- Shukla, S., Didwania, N., & Choudhary, R. (2025). Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF): a pathway to sustainable soil health, carbon sequestration, and greenhouse gas mitigation. *J. Saudi Soc. Agric. Sci.* 24, 22. Recuperado de <https://doi.org/10.1007/s44447-025-00023-w>
- Soares, D. M., Procópio, D. P., Zamuner, C. K., Nóbrega, B. B., Bettim, M. R., de Rezende, G.,...Stevani, C. V. (2022). Fungal bioassays for environmental monitoring. *Frontiers in bioengineering and biotechnology*, 10, 954579.
- Tejerina, M. R., Cabana, M. J., Cruz, N. M., Enríquez, P. A., Benitez-Ahrendts, M. R., & Fonseca, M. I. (2023). Fungal microbiota isolated from native stingless bee species inhibited pathogens of *Apis mellifera*. *Fungal Biology*, 127(9), 1267-1275. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2023.07.003>
- Torres-Farradá, G., Thijs, S., Rineau, F., Guerra, G., & Vangronsveld, J. (2024). White rot fungi as tools for the bioremediation of xenobiotics: a review. *Journal of Fungi*, 10(3), 167. Recuperado de <https://doi.org/10.3390/jof10030167>
- Warnasuriya, S. D., Udayanga, D., Manamgoda, D. S., & Biles, C. (2023). Fungi as environmental bioindicators. *Science of the Total Environment*, 892, 164583. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164583>
- Wright, J. E., & Albertó, E. (2006). Guía de los hongos de la región Pampeana. Tomo II. Hongos sin laminillas. Argentina: L.O.L.A.
- Wright, J. E., & Albertó, E. (2002). Guía de los hongos de la región Pampeana. Tomo I. Hongos con laminillas. Argentina: L.O.L.A.
- Xiaoting, W., Chenghang D., Yixuan L., Shichao L., Xiangfeng Z., Yongbin L.,...Yongfeng J. (2025) Metal pollution-induced alterations in soil fungal community structure and functional adaptations across regional scales. *Journal of Hazardous Materials*. Vol. 494, pp. 138553. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2025.138553>