

Agraria

**Revista Científica de la
Facultad de Ciencias Agrarias**



**Facultad
de Ciencias
Agrarias**



UNJu
Universidad
Nacional de Jujuy

Año 2026 | Volumen 19 (1)

Queda hecho el depósito que marca la ley.
ISSN 2362-4035 (Digital)
Año 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JUJUY

Rector

Mg. Ing. Agr. Mario César Bonillo

Vicerrectora

Dra. Lic. Liliana del Carmen Bergesio

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS - UNJu

Decana

Dra. Noemí del Valle Bejarano

Vicedecano

Mg. Ing. Agr. Raúl Armando Colque

Sec. Académica: Mg. Susana E. Álvarez

Sec. Administrativa: Ing. Agr. Rodolfo Aguado

Sec. Extensión y Difusión: Ing. Agr. Graciela Elisa Simón

Sec. Ciencia y Técnica y Posgrado: Dra. Claudia B. Gallardo

COMITÉ EDITOR

Dra. Ing. Agr. Claudia Gallardo

Dra. Lic. en Cs. Biol. Nancy Hernández

COMITÉ REVISOR

Dra. Gabriela Alejo

Dra. Alejandra Ganem

Dra. Cecilia Giulianotti

Dr. Javier Maldonado

Dra. Raquel Romeo

Dr. Matías Yañez

Dra. María Inés Zamar

M. Sc. Patricia Arias

Mg. Ing. Agr. Silvia Cravero

Esp. Lic. Verónica Baca

Ing. Agr. José Catacata

REVISIÓN Y TRADUCCIÓN

Master Esp. Trad. Liliana Beatriz Chávez

EDICIÓN Y DISEÑO

D.G. Marina Schimpf



**Facultad
de Ciencias
Agrarias**



UNJu
Universidad
Nacional de Jujuy

Alberdi N° 47, San Salvador de Jujuy | Jujuy | Argentina | C.P. 4600

Revista Científica de la FCA es producida y financiada por la Facultad de Ciencias Agrarias - UNJu

CONTENIDO/CONTENTS

TRABAJOS

7-18 pag.

LAS ARAÑAS BAJO LA LUPA DEL NIVEL SECUNDARIO: CONOCIMIENTO Y PERCEPCIÓN EN SAN SALVADOR DE JUJUY, ARGENTINA

SPIDERS UNDER THE SECONDARY SCHOOL MICROSCOPE: KNOWLEDGE AND PERCEPTION IN SAN SALVADOR DE JUJUY, ARGENTINA

19-31 pag.

CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE THORNTHWAITE PARA LAS PROVINCIAS DE JUJUY Y SALTA, ARGENTINA

THORNTHWAITE CLIMATE CLASSIFICATION FOR THE PROVINCES OF JUJUY AND SALTA, ARGENTINA

32-38 pag.

POTENCIAL ENOLÓGICO DE LAS LEVADURAS AUTÓCTONAS PARA LA ELABORACIÓN DE VINO EN LA QUEBRADA DE HUMAHUACA, JUJUY, ARGENTINA

ENOLOGICAL POTENTIAL OF INDIGENOUS YEASTS FOR WINEMAKING IN THE QUEBRADA DE HUMAHUACA, JUJUY, ARGENTINA

39-53 pag.

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

54-66 pag.

EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD INSECTICIDA BOTÁNICO DE *Clinopodium gilliesii* (Benth.) Kuntze (Lamiales: Lamiaceae) SOBRE *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae) Y SU PERFIL FITOTÓXICO Y CITOTÓXICO

EVALUATION OF THE BOTANICAL INSECTICIDAL ACTIVITY OF *Clinopodium gilliesii* (Benth.) Kuntze (Lamiales: Lamiaceae) ON *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera: Chrysomelidae) AND ITS PHYTOTOXIC AND CYTOTOXIC PROFILE

NOTA TÉCNICA

67-77 pag.

ARBOLADO URBANO: IMPORTANCIA, INCONVENIENTES Y SU MANEJO EN AVENIDA SNOPEK

URBAN TREE COVER: IMPORTANCE, CHALLENGES AND MANAGEMENT ON SNOPEK AVENUE

Agraria

Revista Científica de la
Facultad de Ciencias Agrarias

LAS ARAÑAS BAJO LA LUPA DEL NIVEL SECUNDARIO: CONOCIMIENTO Y PERCEPCIÓN EN SAN SALVADOR DE JUJUY, ARGENTINA

SPIDERS UNDER THE SECONDARY SCHOOL MICROSCOPE: KNOWLEDGE AND PERCEPTION IN SAN SALVADOR DE JUJUY, ARGENTINA

Alcalde, A. S.¹ y Alcalde, C.²

¹ Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional de Jujuy

² Instituto de Educación Superior N° 5 "José Eugenio Tello

***Autor para correspondencia:**
anasofiaalcalde@fca.unju.edu.ar

Período de Publicación:
Junio 2026

Historial:
Recibido: Junio 2025
Aceptado: Mayo 2026

RESUMEN

En general, la imagen que tiene la sociedad sobre las arañas tiende a ser negativa, ya sea por su morfología, por poseer veneno, o por influencia de la literatura y el cine. El conocimiento y la percepción que los estudiantes tienen sobre las arañas constituyen un aspecto fundamental para el diseño de estrategias pedagógicas orientadas a revalorizar a estos animales y promover una relación más saludable entre la sociedad y la naturaleza. En este contexto, el objetivo del presente trabajo fue describir el conocimiento y la percepción de los estudiantes de nivel secundario sobre las arañas mediante encuestas. La encuesta se aplicó a 317 estudiantes de primero a quinto año de cuatro establecimientos educativos de la ciudad de San Salvador de Jujuy mediante un formulario de Google. Los resultados mostraron dificultades para la clasificación taxonómica de las arañas y una adecuada identificación de su rol ecológico. Además, la percepción sobre estos animales es mayormente negativa como consecuencia del miedo y desagrado que generan. Por lo antes expuesto, resulta esencial que los equipos docentes del Nivel Medio y de gestión estén receptivos a propuestas de educación no formal, como talleres, charlas y capacitaciones brindadas por ONGs y especialistas.

Palabras clave: artrópodos, educación ambiental, encuestas

SUMMARY

Generally, society tends to hold a negative view of spiders, whether due to their morphology, their venomous nature, or the influence of literature and films. Students' knowledge and perceptions of spiders are fundamental for the development of educational strategies aimed at promoting a more positive appreciation of these animals and fostering a healthier relationship between society and nature. In this context, the objective of the present study was to describe secondary school students' knowledge and perceptions of spiders through a survey. The survey was administered

to 317 students from first to fifth year at four secondary schools in San Salvador de Jujuy city using a Google Forms questionnaire. The results showed difficulties in the taxonomic classification of spiders and an adequate identification of their ecological role. In addition, perceptions of these animals are mostly negative as a consequence of the fear and aversion they generate. Therefore, it is essential that secondary school teaching and administrative staff remain receptive to non-formal education initiatives, such as workshops, talks, and training sessions provided by NGOs and subject matter specialists.

Keywords: arthropods, environmental education, surveys

INTRODUCCIÓN

Desde 2019, la Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Biodiversidad y Servicios de los Ecosistemas (IPBES, 2019) alerta sobre una de las mayores crisis globales de pérdida de biodiversidad. Tal es así, que en los últimos 500 años se han extinguido alrededor de mil especies y se predice que más de un millón se extinguirá en cuestión de pocas décadas (Unión Internacional por la Conservación de la Naturaleza [UICN], 2022). Actualmente se reconoce que, si bien las actividades humanas realizadas sin criterios de sustentabilidad tienen severos impactos sobre los ecosistemas, también se reconoce que la falta de conocimiento sobre los componentes de la biodiversidad tiene gran influencia sobre las estrategias de conservación (IPBES, 2019; Acevedo Narváez, 2019; Santos-Ellakuria, 2019). Desafortunadamente, el sesgo de generación de conocimiento hacia determinados grupos animales también tiene consecuencias a la hora de implementar medidas efectivas para mitigar la extinción de especies (Cardoso, Erwin, Borges & New, 2011; Rozzi, 2019).

Al presente, existen aproximadamente 13 mil especies de aves y 11 mil especies de mamíferos, lo que representa apenas el 44% de las 54.000 especies de arañas descritas (Encyclopedia of Life, 2023; World Spider Catalog [WSC], 2023). No obstante, solo un 1% de especies de arañas han sido evaluadas por la UICN (2022) en contraste con el 90% y 50% de especies de aves y mamíferos respectivamente. Al respecto, algunos autores sugieren que esto se debe al dilema social que enfrentan las arañas, por la manera en que la sociedad las conoce y las percibe (Cardoso *et al.*, 2011).

En general, la imagen que tiene la sociedad sobre las arañas tiende a ser negativa, ya sea por su morfología, por poseer veneno, o por influencia de la literatura y el cine (Martín-López, Montes & Benayas, 2007; Fernández-Rubio, 2018). Particularmente, un estudio realizado por Rodríguez Gil, Scioscia, Giambelluca, Reboredo y Gonzalez (2020) indican que los mitos y creencias que transmiten saberes fuertemente sesgados por falacias o prejuiciosos tienden a arraigar miedos y actitudes negativas hacia las arañas, aun cuando se expone evidencia científica en contra. A su vez, al ser consideradas como potenciales amenazas a la salud humana, el rechazo que generan las arañas es aún mayor, y como consecuencia surge la necesidad de matarlas (Cardoso *et al.*, 2011; Fernández-Rubio, 2018). Sin embargo, la realidad es que de las más de 50 mil especies de arañas descritas (WSC, 2023) alrededor de una decena de ellas pueden ser verdaderamente peligrosas para el ser humano, y al ser depredadoras ocupan una posición estratégica dentro de las redes tróficas (Wise, 2006; Moyano, 2008; Ziesche & Roth, 2008). Por ello, planificar y ejecutar herramientas educativas con fundamento científico podría mejorar el conocimiento, percepción y actitudes de la sociedad hacia las arañas (Pizarro-Araya, López-Cortés, Jewell & Inostroza, 2014; Rodríguez Gil *et al.*, 2020).

En Argentina, desde el año 2009 el nivel secundario de todos los establecimientos educativos del país inició un proceso de re estructuración curricular, de manera que se implementó un ciclo básico de dos

(2) años y un ciclo orientado de tres (3) años (Gobierno de Jujuy, 2018). Particularmente, es el ciclo básico donde se incluye como conjunto de saberes prioritarios para el aprendizaje “La problematización sobre la clasificación de los seres vivos y la identificación de algunos criterios para agruparlos” (Ministerio Nacional de Educación, 2011). De esta manera, con los conocimientos adquiridos durante los dos primeros años de educación en el nivel secundario, el estudiantado tiene la capacidad de comprender su entorno ambiental, darle un valor positivo, respetarlo y conservarlo (Gobierno de Jujuy, 2018).

Finalmente, como otro esfuerzo en pos de formar una ciudadanía consciente y comprometida con el ambiente y la biodiversidad, en 2021 se sanciona en Argentina la Ley Nacional N° 27621. La misma establece que, dentro de los contenidos curriculares de la educación obligatoria, debe incluirse la conciencia de la importancia de la biodiversidad, su respeto, conservación y prevención de daños (Ley Nacional N° 27621). Sin embargo, para alcanzar los objetivos de la Ley, es clave desarrollar líneas de base que permitan evaluar el estado del conocimiento referido al ambiente. Por ello, el objetivo de este trabajo es describir el conocimiento y la percepción que tienen los estudiantes del nivel secundario sobre componentes de la biodiversidad socialmente estigmatizados como las arañas. Dada la presencia de saberes falsos arraigados sobre las arañas, junto con los contenidos curriculares obligatorios del ciclo básico del nivel secundario en Argentina, surge la interrogante sobre cómo varían el conocimiento y la percepción de los estudiantes sobre las arañas. Por ello, se trabajó bajo la hipótesis de que, a pesar de poseer conocimientos biológicos correctos adquiridos durante el ciclo básico del nivel secundario, los estudiantes mantendrán una percepción negativa hacia las arañas traducida en fobias y experiencias negativas ante los encuentros con estos animales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se llevó a cabo en la ciudad de San Salvador de Jujuy, provincia de Jujuy, República Argentina, durante los meses de noviembre y diciembre de 2022. Siguiendo la metodología de Schaaf, Alcalde, Politi y Rivera (2018), se planteó un diseño no experimental tomando una muestra no probabilística de 317 estudiantes de primero a quinto año de cuatro establecimientos educativos de nivel secundario de gestión privada que accedieron a formar parte de la investigación. En todos los casos se solicitó autorización al equipo directivo de la institución educativa para realizar las encuestas en formato de formulario de Google (Anexo). No se realizaron charlas y capacitaciones previas en ninguno de los establecimientos educativos donde se realizaron las encuestas para efectivamente evaluar los conocimientos previos del estudiantado (Schaaf *et al.*, 2018).

Para describir el conocimiento y percepción que tenían los estudiantes sobre las arañas se tuvieron en cuenta dos consideraciones conceptuales. En primer lugar, se consideró como conocimiento a los saberes científicos que deben ser impartidos en los establecimientos educativos conforme a los diseños curriculares aprobados por el Ministerio de Educación de la Provincia de Jujuy (Gobierno de Jujuy, 2018). En segundo lugar, se consideró como percepción a las impresiones, comprensiones, e ideas, que se construyen bioculturalmente sobre una determinada temática (Novoa Salamanca, 2021; Real Academia Española, 2022).

La encuesta se diseñó para que fuera de carácter anónimo e incluyó 12 preguntas, de las cuales tres fueron abiertas, tres cerradas, y tres de elección múltiple (Casas Anguita, Repullo Labrador & Donado Campos, 2003). Como información adicional se solicitó, edad, curso y nombre del establecimiento educativo al que pertenecía la persona entrevistada (Anexo).

Las respuestas de las preguntas abiertas fueron posteriormente analizadas para ser agrupadas en categorías según la similitud o afinidad de su contenido (Hernández Sampieri *et al.*, 2014). A las respuestas de los ítems en los que se solicitó indicar qué tipo de animal u organismo consideraban que eran las arañas, se conservó el menor nivel taxonómico de identificación alcanzado por la persona. También se aceptaron como categorías de clasificación aquellas respuestas que no constituían categorías taxonómicas reales o

que reflejaban una contradicción conceptual.

Para la pregunta de elección múltiple “¿Cuál/es de las siguientes arañas son verdaderamente peligrosas para el ser humano?” se ofrecieron como opciones seis especies de arañas. Tres de ellas correspondieron a especies verdaderamente peligrosas para la salud humana presentes en la provincia de Jujuy (Ojeda, Remondegui, & Neder de Román., 2015), y tres representaban a especies inofensivas y frecuentes de observar (Grismado, Ramírez, & Izquierdo, 2014; Gualtieri, 2015; Rodríguez Gil *et al.*, 2020). En todos los casos se acompañaron fotografías de los especímenes con los nombres comunes.

Una vez organizado y depurado el conjunto de datos, se calcularon las frecuencias y porcentajes de las respuestas para cada una de las preguntas. Para visualizar los términos más empleados por el estudiantado a la hora de justificar la importancia de las arañas se confeccionó una nube de palabras.

RESULTADOS

Se encuestaron 317 estudiantes entre primer y quinto año del nivel secundario. El 65,62% del estudiantado respondió que las arañas son animales y 34,38% que no lo son. Independientemente de esta consideración, al momento de indicar qué tipo de animal u organismo eran las arañas, las respuestas reflejaron ocho categorías de clasificación, de las cuales cinco constituyeron categorías taxonómicas reales (Tabla 1). Del total de estudiantes que respondieron que las arañas Sí, son animales, el 50,48% las identificó como arácnidos, 22,12% solo las clasificó como artrópodos, y el 18,75% como insectos (Tabla 1). Del total de estudiantes que consideró que las arañas no eran animales, el 58,72% las clasificó como insectos y el 22,02% como arácnidos (Tabla 1).

Tabla 1: Categorías de clasificación a las que las arañas fueron asignadas por parte de estudiantes del nivel secundario de cuatro establecimientos educativos de la ciudad de San Salvador de Jujuy y sus frecuencias absolutas y relativas.

Categoría de clasificación	Sí, son animales	No, no son animales
Arácnidos	105 (50,48%)	24 (22,02%)
Artrópodos	46 (22,12%)	3 (2,75%)
Bichos	3 (1,44%)	7 (6,42%)
Insectos	39 (18,75%)	64 (58,72%)
Insectos arácnidos	8 (3,85%)	6 (5,50%)
Invertebrados	4 (1,92%)	1 (0,92%)
Mamíferos	1 (0,48%)	0 (0,00%)
Octópodos	1 (0,48%)	0 (0,00%)
NC	1 (0,48%)	4 (3,67%)
Total	208 (100%)	109 (100%)

Al preguntar si “¿Todas las arañas son venenosas?” el 89,27% del estudiantado respondió que “No”, el 10,09% respondió que “Sí”, y el 0,63% no contestó. Respecto al ítem de selección de especies de arañas verdaderamente peligrosas, la especie más seleccionada por el estudiantado fue la “viuda negra” (n= 299), seguida por la “araña bananera” (n= 204), la “araña tigre” (n= 157), y en cuarto lugar la “araña violinista” (n= 121) (Figura 1).

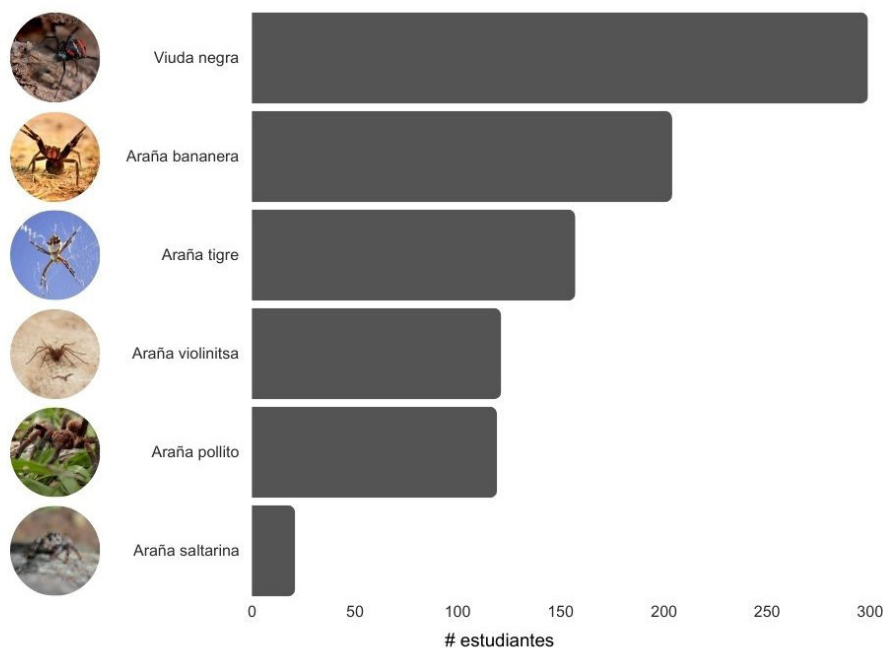


Figura 1: Especies de arañas seleccionadas como verdaderamente peligrosas para el ser humano por parte de estudiantes del nivel secundario de cuatro establecimientos educativos de la ciudad de San Salvador de Jujuy.

Con respecto al ítem “Las arañas son importantes”, el 58,99% del estudiantado consideró que las arañas son importantes, y expusieron que las principales razones son su rol como controladoras de las poblaciones de insectos y plagas (Figura 2a, c). Solo el 6,62% del estudiantado consideró que las arañas no son importantes justificando esta elección porque consideran que no poseen ningún tipo de rol o utilidad (Figura 2b, c).

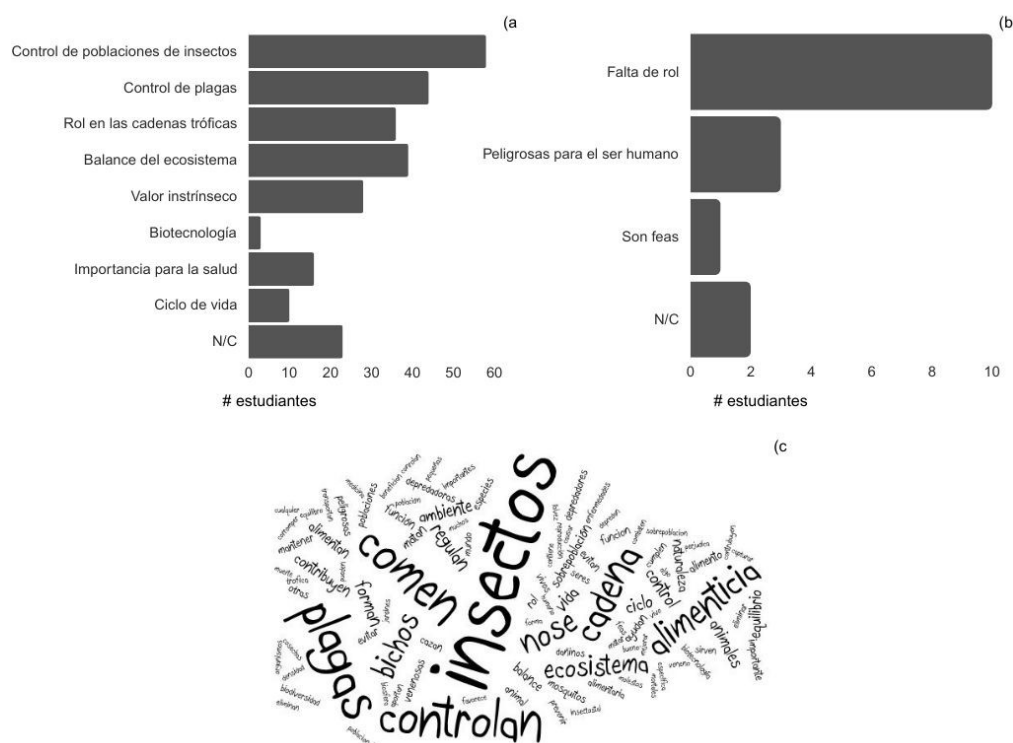


Figura 2: Razones por las cuales el estudiantado del nivel secundario de cuatro establecimientos educativos de la ciudad de San Salvador de Jujuy considera importantes (a) y no importantes (b) a las arañas; c) nube de palabras con los términos más empleados por el estudiantado a la hora de justificar la importancia de las arañas.

En cuanto a las emociones generadas por las arañas, el desagrado/impresión, el miedo/fobia y la indiferencia fueron las principales respuestas (Figura 3a). Finalmente, al ser consultados por el tipo de acción ante un encuentro con arañas la matanza fue la más seleccionada, seguida por la captura para liberación y la inacción (Figura 3b).

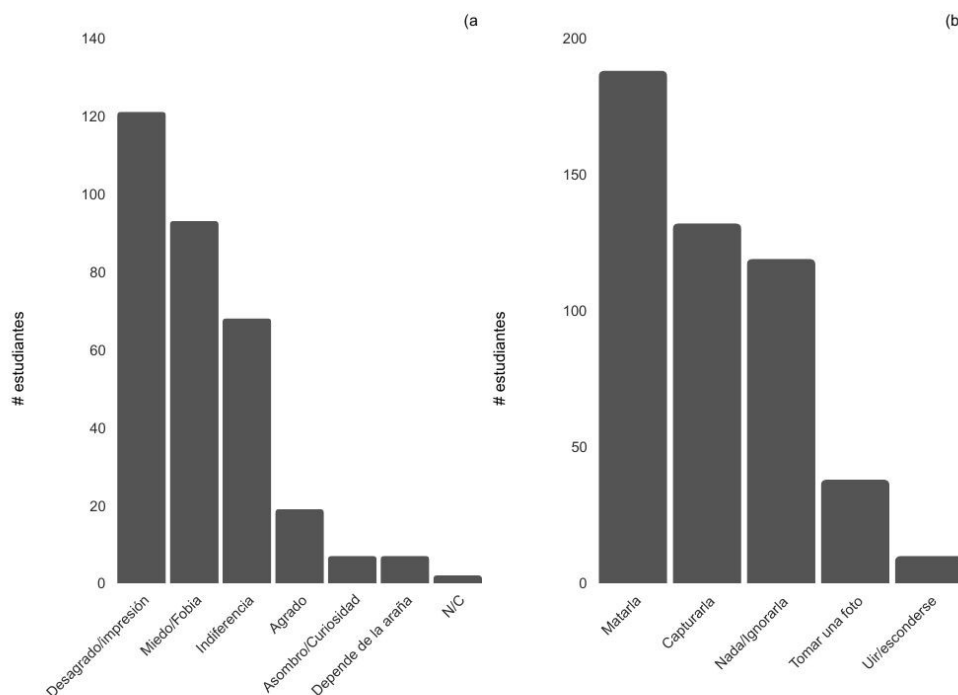


Figura 3: Frecuencia absoluta de a) Emociones percibidas y b) acciones ejecutadas por estudiantes del nivel secundario de cuatro establecimientos educativos de la ciudad de San Salvador de Jujuy frente al encuentro con arañas.

DISCUSIÓN

En un marco mundial de crisis de pérdida de biodiversidad, la opinión pública es uno de los pilares que sostienen las estrategias de conservación, ergo se vuelve necesario saber cuál es el conocimiento y percepción que tiene la sociedad sobre los diferentes componentes de la biodiversidad (Cardoso *et al.*, 2011; IPBES, 2019; Milano *et al.*, 2021; Rivera, Politi, Ruiz de los Llanos, Alcalde, & Tejerina, 2021). Si bien la muestra analizada en el presente trabajo fue no probabilística, llevando a cabo la encuesta solo en cuatro establecimientos educativos, los resultados permiten tener una aproximación sobre el conocimiento y percepción que el estudiantado del nivel secundario tiene sobre las arañas. En cuanto a la hipótesis planteada, se observó que los conocimientos biológicos sobre estos animales son parcialmente correctos y que la percepción es mayormente negativa.

Los resultados de este trabajo mostraron que un 66% del estudiantado reconoce que las arañas son animales, lo que podría explicarse sobre los contenidos mínimos incluidos en los diseños curriculares del nivel secundario de la Provincia de Jujuy (Gobierno de Jujuy, 2018). Resulta importante analizar las implicancias de este resultado en términos de conservación ya que, tal como lo plantea Rozzi (2019), existe una arista filosófica dentro de la clasificación de los organismos. En esta arista, la sinonimia entre animal y vertebrado favorece el sesgo de generación de conocimiento, el apoyo a las iniciativas de conservación y estrategias de educación ambiental hacia grupos que representan menos del 5% de la diversidad animal total, en contraposición con el 80% representado por la diversidad de invertebrados (IPBES, 2019; Rozzi, 2019). Es por ello que resultaría interesante repetir la encuesta sobre la población docente para indagar en la transferencia de dicho sesgo desde el propio docente que imparte la clase. Asimismo, sería adecuado repetir la presente encuesta incorporando la variable de orientación en la

que se encuentra el estudiante, debido a que, dependiendo de la misma, el diseño curricular recupera saberes del ciclo básico o no (Gobierno de Jujuy, 2018).

Por otro lado, es interesante destacar que, independientemente de que el estudiantado reconozca que las arañas son o no son animales, al momento de indicar a qué tipo de organismo corresponden, se obtuvieron respuestas como “arácnidos”, “artrópodos” e “insectos”, o en menor proporción como “insectos arácnidos”. Esto se condice con lo publicado por Pizarro-Araya y colaboradores (2014), quienes encontraron que el grupo de estudiantes analizado tenía dificultades para diferenciar insectos de arácnidos, no así para alcanzar el nivel de clasificación de artrópodos. Considerando la complejidad de la clasificación de los seres vivos, sería oportuno repensar las estrategias implementadas hasta el momento para que el estudiantado adquiera las habilidades para reconocer las diferentes formas de vida. En este sentido, el aprendizaje basado en proyectos, es una estrategia que ha mostrado ser efectiva para la retención de saberes aprendidos por más tiempo, a través del desarrollo del pensamiento crítico (Rodríguez-Sandoval *et al.*, 2010; Rodríguez & Vélchez, 2015). De igual manera, el aprendizaje basado en proyectos aumenta la motivación del estudiantado y del equipo docente, como así también favorece el trabajo colaborativo (Botella Nicolás & Ramos Ramos, 2019).

En cuanto al conocimiento sobre el veneno de las arañas, casi el 90% del estudiantado respondió que “No son todas venenosas”. Rodríguez Gil y colaboradores (2020) obtuvieron respuestas similares, aduciendo que esto podría estar relacionado con una sinonimia entre “tener veneno y ser peligroso”. Esto se ve reflejado en la identificación de especies verdaderamente peligrosas para la salud humana, donde la viuda negra (*Latrodectus* sp., seleccionada por 299 estudiantes), la araña bananera (*Phoneutria nigriventer*, seleccionada por 204 estudiantes), y la araña violinista (*Loxosceles laeta*, seleccionada por 121 estudiantes) fueron las más seleccionadas. En Argentina, estas son las especies que generan el mayor número de envenenamientos registrados por el Sistema Nacional de Vigilancia de la Salud de la Nación (Ministerio de Salud, 2012). A su vez, tanto organismos oficiales como grupos de especialistas a través de redes sociales han generado y distribuido material de divulgación sobre estas arañas por lo que cada vez más personas tienen acceso a información sobre animales peligrosos para la salud humana y cómo identificarlos (González, Scioscia, & González, 1999; Moyano, 2008; Ministerio de Salud, 2012; Bruni, Marega, & Ruiz, 2020; Reivindicando a las Arañas, 2023; Ministerio de Ambiente y Cambio Climático de Jujuy, 2023). Por otro lado, es llamativo que la araña tigre (*Argiope argentata*, seleccionada por 157 estudiantes) fue más seleccionada que la araña violinista (*Loxosceles laeta*) por el estudiantado como araña verdaderamente peligrosa. Esto podría deberse al efecto que genera el nombre común en la mente humana, ya que “tigre” estaría más vinculado a un comportamiento agresivo “de gran depredador” evocando más aversión que “violinista” en el inconsciente colectivo (Fernández-Rubio, 2018). A su vez, la razón por la que un gran número de estudiantes seleccionaron a la araña pollito (*Acanthoscurria* sp.) como peligrosa, podría deberse a que usualmente se considera erróneamente a las arañas grandes y peludas como agresivas (Ferretti, González, Pompozzi, Copperi, & Pérez-Miles, 2011). Estos resultados muestran que es particularmente importante vincular a especialistas de la salud y comunicadores de ciencia dentro de las planificaciones para el desarrollo de charlas y talleres (Pizarro Araya *et al.*, 2014). A través de estos espacios se puede dar a conocer la diversidad aracnológica local y regional, como así también aspectos sobre su ecología, importancia sanitaria y medidas de prevención/acción en caso de accidentes (Rodríguez Gil *et al.*, 2020). Saber identificar a las especies de arañas que son verdaderamente peligrosas para la salud humana es especialmente útil para prevenir accidentes, saber cómo actuar en caso de que estos sucedan, y reducir muertes innecesarias de aquellas especies que no revisten peligrosidad (Novoa Salamanca, 2021).

La provincia de Jujuy, y especialmente la ciudad de San Salvador de Jujuy, se encuentra en una posición bioclimática y en un contexto natural que favorece el encuentro con una gran diversidad de especies animales, entre ellos, animales venenosos que pueden resultar verdaderamente peligrosos para la salud humana. No obstante, en la encuesta realizada no se exploró el conocimiento que tenía el estudiantado con respecto a los lugares donde podrían encontrarlas, como así tampoco si alguna vez tuvieron un encuentro específico con alguna de ellas, o incluso el origen de pre conceptos que tuvieran sobre estos

animales. Por lo tanto, sería útil para futuras investigaciones incorporar este aspecto.

En cuanto a la importancia de las arañas, más de la mitad del estudiantado indicó que “Sí, son importantes”, debido principalmente a que son depredadoras y se alimentan de insectos que podrían convertirse en plagas para cultivos o en un riesgo para la salud humana. Este resultado es particularmente interesante de analizar en conjunto con el principal motivo por el cual no se las considera importantes, el cual es la falta de utilidad para el ser humano. Ambas respuestas están vinculadas a una visión antropocentrista, en la que el valor de la especie está vinculado a intereses del ser humano, por lo que existen severas consecuencias en términos de conservación (Zuluaga Cárdenas, 2021). Los resultados de una investigación llevada a cabo con estudiantes colombianos, en la que se indagó sobre tres aspectos de la importancia de las abejas, mostraron que se identifica con facilidad la importancia de estos insectos vinculada a la utilidad como productores de miel, mientras que su valor intrínseco, como componentes del ecosistema, es ignorado (Reyes, Rubiano Cardona, Berjan, González Gómez & Amórtegui, 2021). Aunque eventualmente reconocer la importancia de las especies desde una visión antropocentrista (“la naturaleza el servicio de la humanidad” Cruzatti Ojanama, 2021) es útil para su conservación, en el largo plazo es insostenible, sobre todo para animales poco carismáticos como las arañas, donde la utilidad puede reemplazarse con métodos antropogénicos (de Mantilla, 2018).

Los resultados también muestran que, a pesar de que más de la mitad del estudiantado encuestado reconoce la importancia de las arañas, sobre todo en aspectos que benefician al ser humano, las emociones y acciones que tienen frente a estos animales son negativas. Esta contradicción entre el conocimiento y la percepción ratificaría que el miedo, fobia, e incluso el desagrado e indiferencia por animales que mayoritariamente son inofensivos, tienen un origen cultural y social (Fernández-Rubio, 2018; Rodríguez Gil *et al.*, 2020). Investigaciones que tuvieron como objetivo analizar la percepción de las personas sobre otros grupos animales poco carismáticos como los murciélagos y serpientes, encontraron que existe una valoración negativa debido a la falta de atributos físicos que resulten de agrado para las personas encuestadas, y aseveran que el grado de aceptación que tienen las especies en la sociedad estará fuertemente vinculado a la efectividad de los esfuerzos de conservación que se propongan (Castilla & Viñas, 2014; Leyte Manrique, Gutiérrez & Navarro, 2016; Flores Monte, Trujillo, Wilchis, & Navarajo, 2017). Esto es muy valioso en el marco de la Ley de Educación Ambiental Integral y el desarrollo e implementación de estrategias de aprendizaje, ya sea tomando como modelo a las arañas o cualquier otro ser vivo. Por ejemplo, representa una clara oportunidad para llevar a cabo proyectos interdisciplinarios entre las áreas de Lengua y Literatura, Ciencias Biológicas, y Epistemología, en los cuales se adquieran saberes sobre: mitos y leyendas en torno a estos animales, aspectos biológicos, ecológicos y sanitarios, y se planteen rupturas epistemológicas en la forma de percibir a determinados organismos.

A su vez, existe coherencia entre la emoción de miedo/fobia con la principal acción ante el encuentro con una araña indicado por el estudiantado la cual fue la de “matar”. En la cultura occidental, tal como lo indica Fernández-Rubio (2018), el miedo viene acompañado de la necesidad de matar al organismo independientemente de su potencial peligrosidad. Considerando que la manera en que las personas interactúan con el entorno está fuertemente influenciada por la experiencia y la observación, es crucial que los establecimientos educativos generen espacios que desafíen los preconceptos y falsos conocimientos del estudiantado a través de la acción más que de clases magistrales (Shepardson, 2002). Es por ello, que la alfabetización científica a través de la educación ambiental integral cobra mayor importancia, ya que permite al estudiantado realizarse preguntas, analizar sus emociones y experiencias, elaborar explicaciones, y mejorar la manera en la que se vinculan con el entorno natural (Gobierno de Jujuy, 2018).

Si bien no se indagó la razón por la cual las arañas generan emociones principalmente negativas y el accionar de matanza, se puede obtener una aproximación a través de las respuestas obtenidas en “Justifique por qué considera que las arañas son importantes (o no)”. En dicho ítem se obtuvieron numerosas respuestas referidas a la peligrosidad que reviste el hecho de que estos animales poseen veneno como así también su “fealdad”. En investigaciones en las que se indaga la percepción sobre los

artrópodos que tienen niños y niñas se muestra que estos poseen una visión más antropocentrista, en la que el bienestar humano predomina sobre la importancia que potencialmente pueden tener otros seres vivos (Pizarro-Araya *et al.*, 2014). Este no es un aspecto menor en un contexto global de pérdida de biodiversidad, donde los artrópodos se encuentran sub-representados en las estrategias de conservación biológica donde se observa un claro sesgo hacia grupos carismáticos como aves y mamíferos (Cardoso *et al.*, 2011; Ducarme, Luque, & Courchamp, 2013; Pizarro-Araya *et al.*, 2014; Troudet, Grandcolas, Blin, Vignes-Lebbe & Legendre, 2017; UICN, 2022).

CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos son particularmente importantes para ser tenidos en cuenta por parte del equipo docente y los equipos de gestión de los establecimientos educativos. En este sentido, resaltan tres aspectos: los prejuicios de una generación, el escaso tiempo de exposición al conocimiento, y la necesidad de incorporar la ayuda de profesionales externos. En primer lugar, es el equipo docente el responsable de formar a ciudadanos y ciudadanas conscientes, respetuosos y comprometidos con la conservación de la biodiversidad, para lo que deben despojarse de prejuicios y transmitir información científicamente validada. En segundo lugar, debido a que los diseños curriculares generan en la mayoría de los casos una especie de islas de saberes, fomentar la organización de la enseñanza basada en proyectos sería una estrategia que acerque más y mejor a contenidos de alta complejidad como la clasificación de los seres vivos. En línea con este último aspecto, dado que el tiempo es un recurso escaso, es esencial que los equipos docentes y de gestión estén receptivos a propuestas de educación no formal externas, como talleres, charlas y capacitaciones brindadas por ONGs y especialistas. Particularmente, la provincia de Jujuy cuenta con una comunidad científica muy diversa en cuanto a áreas del conocimiento, por lo que generar vínculos y alianzas estratégicas es clave para poder alcanzar los objetivos de la Ley de Educación Ambiental. Finalmente, establecer un cambio de paradigma en el proceso de alfabetización científica, implementando una visión biocentrista generaría un mayor impacto permitiendo al estudiantado entenderse como parte del ecosistema y asumir una verdadera responsabilidad en la conservación de la biodiversidad.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen a los docentes, equipo directivo y de gestión de los colegios Nueva Siembra, José Hernández, Che Il, y Nuestra Señora del Huerto. A la Licenciada en Ciencias Biológicas Noelia González Baffa Trasci y a los revisores anónimos por los aportes realizados a la redacción del manuscrito.

BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo Narváez, J. (2019). Influencia de los programas de la educación ambiental en el proceso de resocialización de estudiantes privados de la libertad en el establecimiento penitenciario y carcelario de Montería, Córdoba, Colombia. Tesis de especialización. Los Libertadores Fundación Universitaria. Pp. 37. <https://tinyurl.com/222r73ay>
- Botella Nicolás, A. M., y P. Ramos Ramos. (2019). Investigación-acción y aprendizaje basado en proyectos: Una revisión bibliográfica. *Perfiles Educativos*, 40(163), 109–122. <https://tinyurl.com/5csu3r57>
- Bruni, M., N. Marega, y C. Ruiz. (2020). Guía para el reconocimiento y prevención de accidentes por animales ponzoñosos en la región norte de la provincia de La Pampa. Universidad Nacional de la Pampa, 138 p. <https://tinyurl.com/eks5nmb3>
- Cardoso, P., T. L. Erwin, P. A. Borges, y T. R. New. (2011). The seven impediments in invertebrate conservation and how to overcome them. *Biological Conservation*, 144(11), 2647–2655. <https://tinyurl.com/547xr8hv>

- Casas Anguita, J., J. Repullo Labrador, y J. Donado Campos. (2003). La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos (I). Atención primaria, 31(8), 527-538. <https://tinyurl.com/3ahmdusw>
- Castilla, M. C. y M. Viñas. (2012). Percepción sobre murciélagos urbanos y su manejo en San Fernando del Valle de Catamarca, Argentina. Comunidad de Manejo de Fauna Silvestre (COMFAUNA). Memorias del X Congreso Internacional de Fauna Silvestre de América Latina, Salta, Argentina. <https://tinyurl.com/37xdsc8v>
- Cruzatti Ojanama, W. (2021). Ecocentrismo y derechos de la naturaleza. Artículo de experiencia profesional. Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología de Costa Rica. Repositorio ULACIT. <https://tinyurl.com/5ybywxsn>
- de Mantilla, E. (2018). Del antropocentrismo al biocentrismo: un recorrido hacia la educación para el desarrollo sostenible. Revista Agrollania de Ciencia y Tecnología, 16, 82-93. <https://tinyurl.com/y4ueft23>
- Ducarme, F., G. Luque, y F. Courchamp. (2013). What are “charismatic species” for conservation biologists?. BioSciences Master Reviews, 10, 1-8. <https://tinyurl.com/3vr7m4s5>
- Encyclopedia of Life. <https://tinyurl.com/bdhubdh4> [14 de Abril de 2026]
- Fernández-Rubio, F. (2018). El impacto de los arácnidos sobre la mente humana. Argutorio, 20(40), 85-95. <https://tinyurl.com/2rf4s57k>
- Ferretti, N., A. González, G. Pompozzi, S. Copperi, y F. Pérez-Miles. (2011). Arañas migalomorfas: ¿simpáticas mascotas o aterradores peligros?. Ciencia hoy, 21(122), 36-43. <https://tinyurl.com/avyjjpev>
- Flores Monte, Y. M., T. Trujillo, R. Wilchis, y L. Navarrio. (2017). Aproximación a la percepción sobre los murciélagos en la población de la Mixteca Poblano-Oaxaqueña, México. Etnobiología, 15(2), 16-31. <https://tinyurl.com/bddjy6ux>
- Gobierno de Jujuy, Ministerio de educación. (2018). Diseño curricular para la educación secundaria. Tomo I: Marco general y Ciclo básico 2018. <https://tinyurl.com/mr3hsczc> [14 de Abril de 2026]
- González, A., C. Scioscia, y S. González. (1999). Arañas Ponzoñosas. Revista Museo, 2(13), 49-54. <https://tinyurl.com/3w2j9s4m>
- Grismado, C., M. Ramírez, y M. Izquierdo. (2014). Araneae: taxonomía, diversidad y clave de identificación de familias de la Argentina. En: Roig-Juñent, S.; L.E. Claps and J.J. Morrone, Biodiversidad de Artrópodos Argentinos volumen 3, pp. 55-94, Editorial INSUE - UNT, San Miguel de Tucumán, Argentina. <https://tinyurl.com/mrx3myjc>
- Gualtieri, A. F. (2015). Arañas argentinas: una introducción. CABA. 160 p <https://tinyurl.com/9rzvnrnm>
- IPBES. (2019). Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. E. S. Brondizio, J. Settele, S. Díaz, and H. T. Ngo (Eds). IPBES secretariat, Bonn, Germany. 1148 p. <https://tinyurl.com/3v25t4jp>
- Ley Nacional N° 27621. (2021). Ley de Educación Ambiental. <https://tinyurl.com/2h2ywm37>

- Leyte Manrique, A., N. Gutiérrez, y E. Navarro. (2016). Percepción cultural de la herpetofauna en tres comunidades rurales del municipio de Irapuato, Guanajuato, México. *Etnobiología*, 14(1), 73-84. <https://tinyurl.com/4dmxw6ct>
- Martín-López, B., C. Montes, y J. Benayas. (2007). The non-economic motives behind the willingness to pay for biodiversity conservation. *Biological Conservation*, 139(1-2), 67-82. <https://tinyurl.com/2u4mnmup>
- Milano, F., T. Blick, P. Cardoso, M. Chatzaki, C. S. Fukushima, et al. 2021. Spider conservation in Europe: a review. *Biological Conservation*, 256, 109020. <https://tinyurl.com/pk2a5589>
- Ministerio de Ambiente y Cambio Climático de Jujuy. (2023). [14 de Abril de 2026] <https://tinyurl.com/4ewxpj>
- Ministerio de Salud. (2012). Guía de prevención, diagnóstico, tratamiento y vigilancia epidemiológica de los envenenamientos por arañas. Programa Nacional de Prevención y Control de Intoxicaciones. 110 p. <https://tinyurl.com/2w76fuh3>
- Ministerio Nacional de Educación, Consejo Federal de Educación. (2011). Núcleos de Aprendizajes Prioritarios, Ciencias Naturales, Ciclo Básico Educación Secundaria 1º y 2º, 2º y 3º. <https://tinyurl.com/2w76fuh3>
- Moyano, R. (2008). Aracnoidismo: arañas y escorpiones de importancia médica en argentina. LOLA. 14 p.
- Novoa Salamanca, N. M. (2021). Conocimiento y percepción sobre los reptiles, por parte de personas que habitan el Bosque Seco Tropical en el área rural del Municipio de Girardot (Departamento de Cundinamarca, Colombia). Tesis de maestría. Pontificia Universidad Javeriana. Pp. 51. <https://tinyurl.com/4x3akaff>
- Ojeda, M., Remondegui, C., y L. E. Neder de Román. (2015). Latrodectismo en la provincia de Jujuy: Aspectos epidemiológicos y clínicos. *Acta toxicológica argentina*, 23 (3), 118-124. <https://tinyurl.com/26m2amwm>
- Pizarro-Araya, J., F. López-Cortés, S. M. Jewell, y M. C. Inostroza. (2014). Preferencias de niños y niñas en relación con los artrópodos epigeos (Metazoa: Arthropoda) del desierto florido de Chile. *Idesia*, 32(3), 13-23. <https://tinyurl.com/2wv3asx2>
- Real Academia Española. (2022). <https://tinyurl.com/3kxd84pz> [14 de Abril de 2026].
- Reivindicando a las Arañas. (2023). <https://tinyurl.com/yc73h3cf> [14 de Abril de 2026]
- Reyes, L. T., I. T. Rubiano Cardona, P. A. Berjan, J. C. González Gómez, y E. F. Amórtegui. (2021). ¿Conocen los estudiantes sobre la importancia ecológica de los artrópodos en los ecosistemas? Un estudio en el sur de Colombia. *Revista Interdisciplinaria Sulear*, 9, 82-93. <https://tinyurl.com/4ezmbbd9>
- Rivera L., N. Politi, E. Ruiz de los Llanos, A. S. Alcalde, y S. Y. Tejerina. (2021). Soluciones basadas en la naturaleza en las Yungas Australes. Integrando la conservación de la biodiversidad, el uso sustentable del bosque por las comunidades locales y la mitigación del cambio climático. Fundación CEBio, Jujuy, Argentina. 32 p. <https://tinyurl.com/4t2ku9eb>
- Rodríguez Gil, S., C. Scioscia, L. Giambelluca, G. Reboredo, y A. Gonzalez. (2020). Evaluación del conocimiento de mitos y verdades sobre arácnidos en Argentina y su posible incidencia en salud. *Physis: Revista de Saúde Coletiva*, 30, e300116. <https://tinyurl.com/yc86ft9y>

- Rodríguez, I., y J. Vílchez. (2015). El aprendizaje basado en proyectos: un constante desafío. *Innovación educativa*, (25), 219-234. <https://tinyurl.com/bwuktkke>
- Rodríguez-Sandoval, E., y M. Cortés-Rodríguez. (2010). Evaluación de la estrategia pedagógica “aprendizaje basado en proyectos”: percepción de los estudiantes. *Educación y Educadores*, 15(1), 143-158. <https://tinyurl.com/mrxxbyps>
- Rozzi, R. (2019). Taxonomic Chauvinism, No More! Antidotes from Hume, Darwin, and Biocultural Ethics. *Environmental ethics*, 41(3), 249-282. <https://tinyurl.com/mwvxc4s7>
- Santos-Ellakuria, I. (2019). Fundamentos para el aprendizaje significativo de la biodiversidad basados en el constructivismo y las metodologías activas. *Revista de innovación y buenas prácticas docentes*, 8(2), 90-101. <https://tinyurl.com/3pe4j96v>
- Schaaf, A. A., Alcalde, A. S., Politi, N., y Rivera, L. O. (2018). Conocimiento de estudiantes primarios sobre el bosque y la biodiversidad de las Yungas Australes en la ciudad de San Salvador de Jujuy, Argentina. *Ecologia Austral* 28, 565-571 <https://tinyurl.com/2c29n7bx>
- Shepardson, D. P. (2002). Bugs, butterflies, and spiders: Children’s understandings about insects. *International Journal of Science Education*, 24(6), 627-643. <https://tinyurl.com/586yc3f9>
- Troutet, J., P. Grandcolas, A. Blin, R. Vignes-Lebbe, y F. Frédéric Legendre. (2017). Taxonomic bias in biodiversity data and societal preferences. *Scientific Reports*, 7, 9132. <https://tinyurl.com/yxy7n5bj>
- UICN. (2022). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2022-2. <https://tinyurl.com/bp5n5txd> [14 de Abril de 2026]
- Wise, D.H. (2006). *Spiders in ecological Webs*. Cambridge Studies in Ecology. Cambridge, Cambridge University Press. 328 p. <https://tinyurl.com/5dzd7nd3>
- World Spider Catalog. (2023). World Spider Catalog. Version 23.5. Natural History Museum Bern, online at <https://tinyurl.com/25mkumfw>
- Ziesche, T.M., y M. Roth. (2008). Influence of environmental parameters on small-scale distribution of soil-dwelling spiders in forests: What makes the difference, tree species or microhabitat? *Forest Ecology and Management*, 255(3-4):738-752. <https://tinyurl.com/36k6wht7>
- Zuluaga Cárdenas, L. (2021). Estudio sobre la diversidad de arañas para el reconocimiento de su importancia ecosistémica. IX Congreso Internacional Sobre Formación de Profesores de Ciencias. Presentación oral. <https://tinyurl.com/5exe2wzp>

Anexo

<https://tinyurl.com/bdexyy77>

CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE THORNTHWAITE PARA LAS PROVINCIAS DE JUJUY Y SALTA, ARGENTINA

THORNTHWAITE CLIMATE CLASSIFICATION FOR THE PROVINCES OF JUJUY AND SALTA, ARGENTINA

Alabar, F. D.^{1*}, Tejerina, Y. S.², Valdiviezo Corte, M. B.¹, Lamas, M. J.³, Woletz, E.³, Chaile, V.⁴, Mercado, C.⁴, Llanos Tarifa, Marianela³, Rodríguez, F.³, Hurtado, R.¹

¹ Cátedra de Agroclimatología, Facultad de Ciencias Agrarias, UNJu

² Instituto de Ecorregiones Andinas, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

³ Estudiante de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Facultad de Ciencias Agrarias, UNJu

⁴ Centro de Estudios Bioestadísticas, Bioinformáticas y Agromática Facultad de Ciencias Agrarias, UNJu

***Autor para correspondencia:**
davidalabar@fca.unju.edu.ar

Período de Publicación:
Junio 2026

Historial:
Recibido: Septiembre 2025
Aceptado: Mayo 2026

RESUMEN

Una clasificación climática establece zonas donde los diferentes elementos del clima son similares. Esto permite la caracterización de la región o localidad, y su conocimiento es necesario para estudios de impacto ambiental, escenarios de cambio climático, e investigaciones agronómicas aplicadas. Este trabajo tiene como objetivo determinar la clasificación climática de Thornthwaite para las provincias de Jujuy y Salta de Argentina. Se utilizaron raster(s) de precipitación y evapotranspiración mensual media del periodo 1960-2021, y la capacidad de campo obtenida por ecuaciones de pedotransferencia. Mediante el método del Balance hidrológico climático y los tres elementos anteriormente descritos, se obtuvieron los componentes necesarios para la clasificación climática. Cuatro de las nueve regiones hídricas (Subhúmedo-Húmedo "C2", Subhúmedo-Seco "C1", Semiárido "D", Árido "E") se encuentran en las provincias de Jujuy y Salta. La región hídrica Semiárido "D" está presente en mayor extensión territorial en ambas provincias (38%), mientras que Subhúmedo-Húmedo "C2" en menor medida (3%). Para los climas secos la variación estacional de la eficiencia hídrica resulta en "Poco o ningún excedente de agua" (d), y en el clima húmedo "Poco o ninguna deficiencia de agua" (r). La concentración estival de la eficiencia térmica en ambas provincias es (a'), lo que indica que menos del 42% de la evapotranspiración anual, se concentra durante el verano. El régimen térmico abarca seis de nueve tipos climáticos, con mayor porcentaje en el Megatermal o cálida (29%), en el sector este de la provincia de Salta, mientras que el menor es Mesotérmica templada cálida (9%). La clasificación climática de Thornthwaite permitió resaltar los diferentes tipos de climas en ambas provincias. Esta información resulta necesaria para evaluar el impacto de las cambiantes condiciones climáticas en un contexto de cambio climático.

Palabras clave: balance hidrológico climático, regiones climáticas, zonificación

SUMMARY

A climate classification establishes zones where different climate elements are similar. This allows for the characterization of the region or locality, and its knowledge is necessary for environmental impact studies, climate change scenarios, as well as applied agronomic research. This work aims to determine the Thornthwaite climate classification for the provinces of Jujuy and Salta, Argentina. Rasters of mean monthly precipitation and evapotranspiration for the period 1960–2021 were used, along with field capacity obtained from pedotransfer equations. Using the Climate Hydrological Balance method and the three elements described above, the necessary components for the climate classification were obtained. Four of the nine hydrological regions (Subhumid-Humid "C2", Subhumid-Dry "C1", Semi-Arid "D", Arid "E") are located in the provinces of Jujuy and Salta. The Semi-arid "D" hydrological region is present over a larger area in both provinces (38%), while the Sub-humid-Humid "C2" region is present to a lesser extent (3%). For dry climates, seasonal variation in water efficiency results in "Little or no water surplus" (d), and for humid climates, "Little or no water deficiency" (r). The summer concentration of thermal efficiency in both provinces is (a'), indicating that less than 42% of annual evapotranspiration is concentrated during the summer. The thermal regime encompasses six of the nine climate types, with the highest percentage in Megathermal or warm (29%) in the eastern sector of Salta province, while the lowest is Warm Temperate Mesothermal (9%). The Thornthwaite climate classification made it possible to highlight the different climate types in both provinces. This information is necessary to assess the impact evolving climatic conditions in a context of climate change.

Keywords: climatic regions, hydrological climate balance, zoning.

INTRODUCCIÓN

El clima desempeña un papel crucial en el desarrollo de las plantas y los animales, influyendo directamente en su rendimiento y adaptación. Comprender sus características y variaciones no solo permite optimizar los procesos productivos, sino que también es esencial para numerosas disciplinas científicas y profesionales. Esta comprensión facilita la planificación, el manejo sustentable de los recursos y la adecuada organización territorial en función de las condiciones climáticas de cada región. El clima es el resultado de las interacciones entre los cinco componentes del sistema climático (atmósfera, hidrósfera, criósfera, litósfera y biósfera), las cuales mantienen un equilibrio en el intercambio de energía, masa y movimiento, generando dinámicas que afectan las condiciones climáticas (Murphy & Hurtado, 2011; Hernández Cerda, Ordoñez Díaz & Giménez de Azcárate, 2018). El comportamiento, distribución y evolución del clima se analizan con diferentes elementos meteorológicos (temperatura, precipitación, viento, presión atmosférica, humedad, evapotranspiración, etcétera) que pueden ser considerados de forma aislada o combinada (Pérez-Briceño, Amador Astúa & Alfaro, 2017). Estas combinaciones conducen a parámetros e índices más o menos complejos, cuyos valores son utilizados para establecer tipos climáticos. Los tipos climáticos son el resultado de una clasificación climática, cuyo objetivo es establecer zonas en las que los diferentes elementos del clima varían dentro de ciertos márgenes, lo que implica que estos elementos presentan características similares (Méndez, Vergara, Casagrande & Bongianino, 2021). El método de clasificación debe elaborarse en función del objetivo perseguido, aunque no siempre los parámetros y los datos de los que se dispone son adecuados o suficientes, ni están en consonancia

con los fines de las distintas disciplinas (geografía, botánica, agronomía) (Hernández Cerda *et al.*, 2018).

Existen gran variedad de métodos de clasificación climática entre los que se pueden mencionar al de Köppen (1918), Holdridge (1947), Thornthwaite (1948) y Troll (1958), entre otros, y la mayoría de las clasificaciones consideran la precipitación (cantidad y tiempo de ocurrencia) y las temperaturas, utilizando normalmente valores promedio mensuales de precipitación y temperatura (Méndez *et al.*, 2021). El estándar mundial para clasificar el clima es la clasificación climática de Köppen, la cual se basa en la teoría en la que la distribución espacial de los elementos climáticos tiene un impacto directo en la vida de las plantas nativas (Lohman *et al.*, 1993). Sin embargo, la clasificación climática de Köppen presenta limitaciones desde una perspectiva agrícola, ya que no tiene en cuenta factores como el tipo de suelo y el flujo de agua en el mismo. En 1948, Thornthwaite propuso una clasificación climática que utilizaba la evapotranspiración potencial como parámetro clave para definir los distintos tipos climáticos. Considera la evapotranspiración como el principal proceso de intercambio de energía y humedad entre la superficie terrestre y la atmósfera, y su medición como una variable fundamental para esta clasificación (Bernabé, 2006). La clasificación climática de Thornthwaite requiere calcular un balance hídrico en el suelo utilizando datos climáticos de precipitación, evapotranspiración y la cantidad de agua retenida en el suelo a capacidad de campo (Murphy & Hurtado, 2011; Pérez-Briceño *et al.*, 2017). La clasificación propuesta resultaba difícil de aplicar en su momento debido al elevado número de cálculos requeridos. Además, Thornthwaite se limitó a aplicar su clasificación en Norteamérica y nunca la cartografió a escala mundial (Bernabé, 2006).

La expresión de los elementos climáticos (como la lluvia, la temperatura, la heliofanía, entre otros) se ve modificada por diversos factores que influyen en su comportamiento. Estos factores pueden clasificarse según su naturaleza en: astronómicos (que se encuentran fuera de la atmósfera y el planeta), geográficos (que pertenecen al planeta, pero no a la atmósfera, topográficos entre otros) y meteorológicos (que son propios de la atmósfera). Las características climáticas en Jujuy y Salta, varían considerablemente, provocando en ellas grandes contrastes climáticos. La causa de estos se atribuye, fundamentalmente, a la variada y cambiante topografía (Buitrago, 2004); así, en una transecta que va desde el extremo noreste de Jujuy (El Talar, a 327 msnm) hasta el límite con Chile (a 4325 msnm), a una latitud de 23° 23' S, se observa un gradiente altitudinal de aproximadamente 4000 metros en tan solo 280 km (Hurtado *et al.*, 2014). Si bien la topografía es un factor clave en la determinación de la precipitación en la región occidental de ambas provincias (Murphy & Hurtado, 2011), en los valles, los sistemas frontales —zonas de transición en la atmósfera donde se encuentran dos masas de aire con diferentes características, como temperatura, humedad y densidad— contribuyen al mayor número de días con precipitación. En el este de la provincia de Jujuy, estos sistemas aportan hasta 40% de la precipitación (Hurtado *et al.*, 2014), mientras que en Tucumán llegan a representar hasta 70% (Bianchi, Yáñez & Acuña, 2005).

La variada topografía de Jujuy y Salta no solo influye en las precipitaciones, sino también en las temperaturas. Al ascender el aire a través de una barrera orográfica, la presión atmosférica disminuye, provocando una mayor expansión del aire ya que las moléculas de gas se separan entre sí, chocan con menor frecuencia y genera una disminución de la temperatura. Este proceso, conocido como enfriamiento adiabático (sin intercambio de calor con el ambiente circundante), es responsable de la reducción de la temperatura (Bianchi *et al.*, 2005). La disminución de la temperatura con la altitud se ve favorecida por el albedo y la presencia de vientos fríos en las capas altas de la atmósfera. En la región occidental de ambas provincias la topografía es determinante de las menores temperaturas (Buitrago, 2004).

Las variaciones en los elementos del clima influyen directamente en el comportamiento y la adaptación de las especies vegetales. Para el Noroeste Argentino, Bianchi *et al.*, (2005) describen tres regiones: de los Andes, las Sierras y el Chaco Occidental. En las provincias de Jujuy y Salta, la región de los Andes se extiende hacia el oeste. El sector norte de esta región, conocido como la Puna, se distingue por su clima árido. Es una altiplanicie que presenta algunas variaciones, debido a que está atravesada por cadenas montañosas dispuestas de norte a sur, que dividen amplios valles relativamente planos (Buitrago, 2004). Esta región está conformada por cuencas hidrográficas endorreicas, cuyas aguas no tienen salida al mar y

desembocan en lagunas o salares. La región de las Sierras se encuentra al este de la región de los Andes y está formada por una serie de valles, bolsones y sierras que configuran un territorio heterogéneo. Este paisaje cambiante da lugar a una configuración ambiental compleja, especialmente en lo relacionado con la distribución de los parámetros climáticos y edáficos, y factores claves para la actividad productiva (Buitrago, 2004). A continuación de la región de las Sierras, hacia el este se encuentra la Región del Chaco Occidental, caracterizada por ser una llanura semiárida con un relieve libre de alteraciones por sistemas montañosos. Hacia el oeste de esta región, las precipitaciones disminuyen gradualmente, dando lugar a una transición desde el paisaje de las selvas en galería hacia una fitogeografía de parque chaqueño, donde las masas arbóreas, inicialmente densas, se vuelven progresivamente más xerofíticas a medida que se avanza hacia el este (Bianchi *et al.*, 2005).

El objetivo de este trabajo es determinar la clasificación climática de Thornthwaite para las provincias de Jujuy y Salta, Argentina de manera tal que la información generada contribuya al conocimiento detallado del clima en las mismas. Este análisis, basado en la aplicación de la clasificación climática de Thornthwaite, proporciona una base sólida para futuros estudios que consideren las implicancias de las variaciones climáticas en estas provincias, particularmente en términos de disponibilidad de recursos hídricos, agricultura y adaptación a condiciones ambientales cambiantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las provincias de Jujuy y Salta se ubican en el Noroeste de la República Argentina entre las latitudes 21°48' y 26°23' S. Jujuy limita al Norte con Bolivia, al Oeste con Chile, al Sur y Este con la provincia de Salta; mientras que Salta limita al Norte con Jujuy y Bolivia, al Este con Formosa y Chaco, al Sur con Santiago del Estero, Tucumán y Catamarca y al Oeste con Chile. Dieciséis son los departamentos que conforman la provincia de Jujuy (1. El Carmen, 2. Yavi, 3. Santa Catalina, 4. San Pedro, 5. Valle Grande, 6. Susques, 7. Tilcara, 8. Palpalá, 9. Santa Bárbara, 10. Dr. Manuel Belgrano, 11. San Antonio, 12. Rinconada, 13. Ledesma, 14. Humahuaca, 15. Cochinoca y 16. Tumbaya), y 23 son los departamentos de Salta (17. Anta, 18. Cachi, 19. Cafayate, 20. Capital, 21. Cerrillos, 22. Chicoana, 23. General Güemes, 24. General José de San Martín, 25. Guachipas, 26. Iruya, 27. La Caldera, 28. La Candelaria, 29. La Poma, 30. La Viña, 31. Los Andes, 32. Metán, 33. Molinos, 34. Orán, 35. Rivadavia, 36. Rosario de la Frontera, 37. Rosario de Lerma, 38. San Carlos y 39. Santa Victoria) (Figura 1). La provincia de Jujuy tiene una superficie de 53.244 km² y una población de 811.611 habitantes, y la provincia de Salta abarca 155.488 km² y registra una población de 1.441.351 habitantes (Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas, Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina, INDEC, 2022).

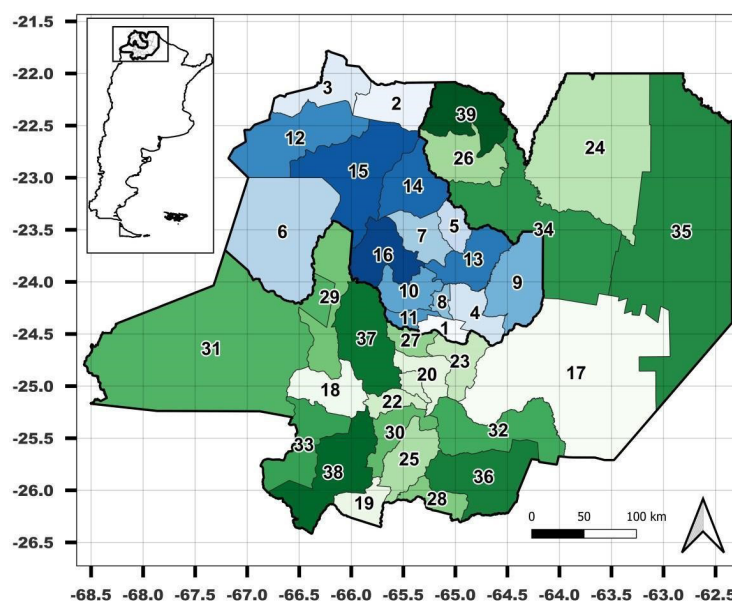


Figura 1: Departamentos de las provincias de Jujuy (1-16 escala azul) y Salta (17-39 escala verde).

Clasificación climática de Thornthwaite

Para elaborar la clasificación climática en ambas provincias se utilizó el método del Balance Hidrológico Climático de Thornthwaite (BHC) descrito en Spescha y Hurtado (2011). El BHC considera la precipitación y evapotranspiración media mensual, y la capacidad de campo. La precipitación se obtuvo del trabajo de Llanos Tarifa *et al.*, (2024) (Figura 2) y la Evapotranspiración potencial (ETP) de Rodríguez *et al.*, (2024) (Figura 4.c), ambas variables climáticas para un periodo de 62 años (1960-2021). La capacidad de campo (Figura 3) se obtuvo de Turek *et al.*, (2023) y corresponde a la obtenida por ecuaciones de pedotransferencia referenciadas a una profundidad de un metro. Se utilizaron archivos ráster(s) para los tres elementos de entrada con una resolución de 1 km².

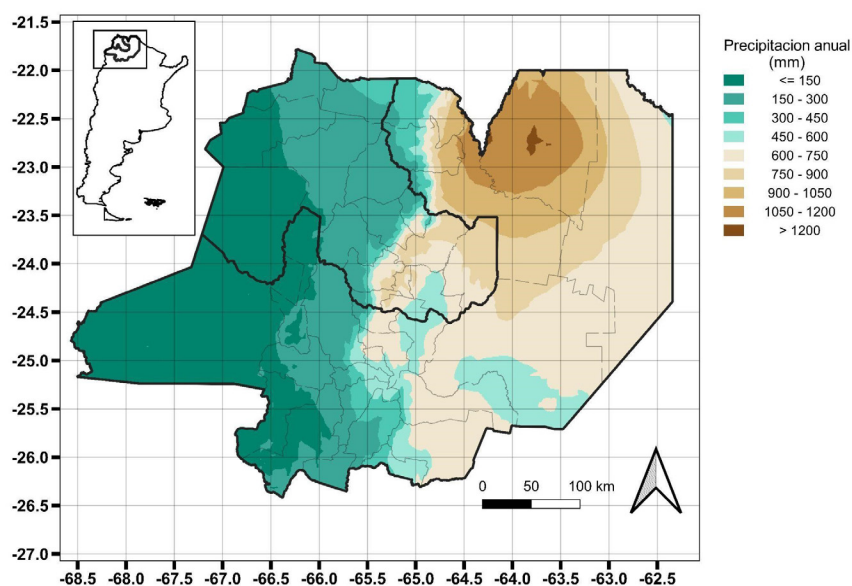


Figura 2: Precipitación anual media (mm) (1960-2021) para las provincias de Jujuy y Salta, Argentina.

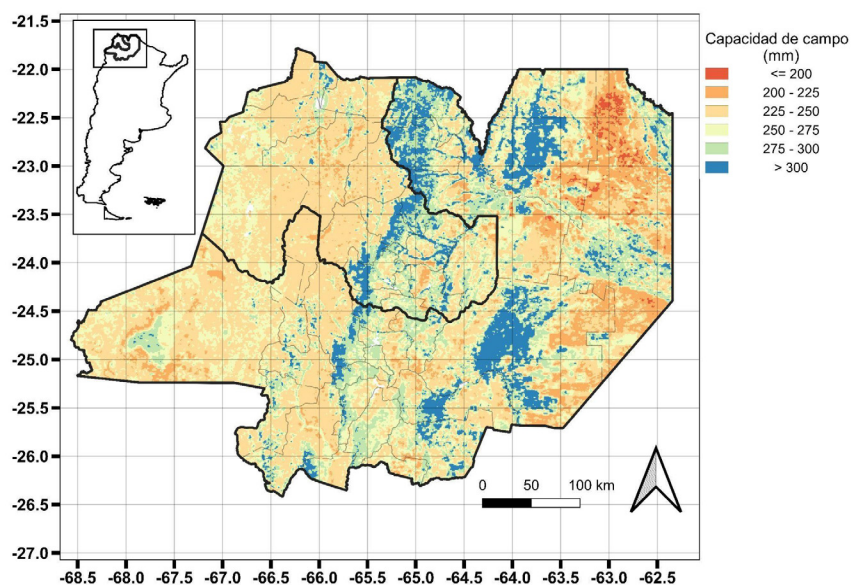


Figura 3: Capacidad de campo (mm) para las provincias de Jujuy y Salta, Argentina.

La clasificación climática de Thornthwaite utiliza un conjunto de índices que se calculan a partir de los resultados del BHC. Para la determinación de los diferentes tipos de climas considera cuatro aspectos: “Regiones hídricas”, “Variación estacional de la eficiencia hídrica”, “Regiones térmicas” y “Concentración estival de la eficiencia térmica” (Spescha & Hurtado, 2011).

Regiones hídricas

Las regiones hídricas se identifican mediante el índice hídrico (IH) que expresa el grado de humedad de un lugar a través de los déficits y excesos anuales en relación a la evapotranspiración anual (Ecuación 1 “Ec.”). Según la magnitud del IH, se determinan los tipos de clima (Cuadro 1).

$$IH = \frac{100 \text{ Excesos anuales} - 60 \text{ Deficiencias anuales}}{\text{Evapotranspiración potencial anual}} \quad (\text{Ec.1})$$

Cuadro 1: Índice hídrico.

Símbolo	Tipo de clima	Índice hídrico
A	Perhúmedo	>100
B4	Húmedo	100 a 80
B3	Húmedo	80 a 60
B2	Húmedo	60 a 40
B1	Húmedo	40 a 20
C2	Subhúmedo - Húmedo	20 a 0
C1	Subhúmedo - Seco	0 a -20
D	Semiárido	-20 a - 40
E	Árido	-40 a - 60

Variación estacional de la eficiencia hídrica

La variación estacional de la eficiencia hídrica de humedad se determina con el índice de Aridez (Ecuación 2) si el IH es húmedo (A, B o C2) para caracterizar la magnitud y distribución de los períodos secos. Para los IH secos (C1, D o E) se utiliza el índice de Humedad (Ecuación 3) que describe la magnitud y distribución de los períodos húmedos (Cuadro 2).

$$\text{Índice de aridez} = \frac{\text{Deficiencias anuales} \times 100}{\text{Necesidad de agua (ETP anual)}} \quad (\text{Ec.2})$$

$$\text{Índice de humedad} = \frac{\text{Excesos anuales} \times 100}{\text{Necesidad de agua (ETP anual)}} \quad (\text{Ec.3})$$

Cuadro 2: Variación estacional de la eficiencia hídrica.

Símbolo	Climas húmedos (A, B y C2)	Índice de aridez
r	Poca o ninguna deficiencia de agua	0 a 16,7
s	Moderada deficiencia de agua en verano	16,7 a 33,3
w	Moderada deficiencia de agua en invierno	16,7 a 33,3
s2	Deficiencia grande de agua en verano	más de 33,3
w2	Deficiencia grande de agua en invierno	más de 33,3
Símbolo	Climas secos (C1, D y E)	Índice de humedad
d	Poco o ningún excedente de agua	0 a 10
s	Moderado excedente de agua en invierno	10 a 20
w	Excedente moderado de agua en verano	10 a 20
s2	Excedente grande de agua en invierno	más de 20
w2	Excedente grande de agua en verano	más de 20

Régimen térmico

El régimen térmico se expresa mediante el índice de eficiencia térmica representado por la ETP anual (mm) y es un indicador de la disponibilidad calórica del clima. Las distintas categorías de los Tipos Climáticos se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3: Índice de eficiencia térmica.

ETP anual	Símbolo	Tipo climático
>1140	A'	Megatermal o cálido
1140 a 997	B'4	Mesotérmico semicálido
997 a 855	B'3	Mesotérmico templado cálido
855 a 712	B'2	Mesotérmico templado frío
712 a 570	B'1	Mesotérmico semifrío
570 a 427	C'2	Microtérmico frío moderado
427 a 285	C'1	Microtérmico frío acentuado
285 a 142	D'	Tundra
<142	E'	Helado o Glacial

Concentración estival de la eficiencia térmica

La concentración estival de la eficiencia térmica (Cet) indica cómo es el régimen térmico durante el verano con respecto al resto del año (Ecuación 4). Se calcula como la relación porcentual entre la ETP acumulada de los meses de verano (diciembre, enero y febrero) y ETP anual. El Cuadro 4 muestra una tipificación de los índices Cet.

$$Cet = \frac{ETP \text{ meses de verano}}{ETP \text{ anual}} \times 100 \quad (\text{Ec.4})$$

Cuadro 4: Índice de concentración estival de la eficiencia térmica.

Porcentaje de concentración estival	Tipo
<48,0	a'
48,0 a 51,9	b'4
51,9 a 56,3	b'3
56,3 a 61,6	b'2
61,6 a 68	b'1
68 a 76,3	c'2
76,3 a 88	c'1
> 88	d

Los tipos de clima están definidos por una fórmula climática de cuatro dígitos que en su conjunto expresan las características del lugar. Por ejemplo, para la fórmula climática D-d-A'-a'. Las letras mayúsculas se refieren al "índice hídrico" y a la "Eficiencia térmica", respectivamente. Las letras minúsculas, corresponden a la "Variación estacional de la eficiencia hídrica" y a la "Concentración estival de la eficiencia térmica", respectivamente. El primer y segundo dígito se refieren al régimen de humedad (IH e "índices de aridez o humedad) y los dos restantes al régimen térmico (eficiencia térmica y concentración estival de la eficiencia térmica) (Specha & Hurtado, 2011; Pérez-Briceño *et al.*, 2017; Méndez *et al.*, 2021).

Obtención del BHC

Las salidas del BHC necesarias para la clasificación climática se generaron utilizando el lenguaje de programación Visual Basic for Applications (VBA). Previamente, se obtuvieron las coordenadas geográficas correspondientes a los tres raster(s) requeridos: precipitación media, evapotranspiración media y capacidad de campo. Para cada ubicación geográfica, se aplicó el método del BHC, y los resultados fueron almacenados en archivos de Excel, que posteriormente se transformaron a matrices. La clasificación climática y su visualización se llevaron a cabo mediante los softwares QGIS v3.3 (QGIS Development Team, 2023) y R v4.2.2 (R Core Team, 2023)

RESULTADOS

En ambas provincias se observan 4 de las 9 regiones hídricas clasificadas por Thornthwaite (Subhúmedo-Húmedo "C2", Subhúmedo-Seco "C1", Semiárido "D" y Árido "E") (Figura 4.a). La región hídrica D está presente en mayor extensión territorial (38%), seguida de E (35%), mientras que C2 en menor proporción (3%). Si bien la región hídrica C2 se encuentra en ambas provincias, en Salta se observa la mayor superficie (5.940 km²) (Figura 4.a). Para los climas secos la variación estacional de la eficiencia hídrica resulta en "Poco o ningún excedente de agua" (d) con índices de humedad entre 0 a 9,91, y para el clima húmedo "Poco o ninguna deficiencia de agua" (r) con índices de aridez entre 4,2 a 11,17 en ambas provincias (Figura 4.b). La concentración estival de la eficiencia térmica en Jujuy y Salta es "a'", lo que indica que del total de la evapotranspiración anual menos del 48%, se concentra durante el verano. El régimen térmico abarca 6 de 9 tipos climáticos, con mayor porcentaje en el Megatermal o cálido A' (29%) para el sector este de la provincia de Salta, mientras que los menores: con un 9% son Mesotérmico templado cálido B'3 y Mesotérmico templado frío B'2 (Figura 4.c).

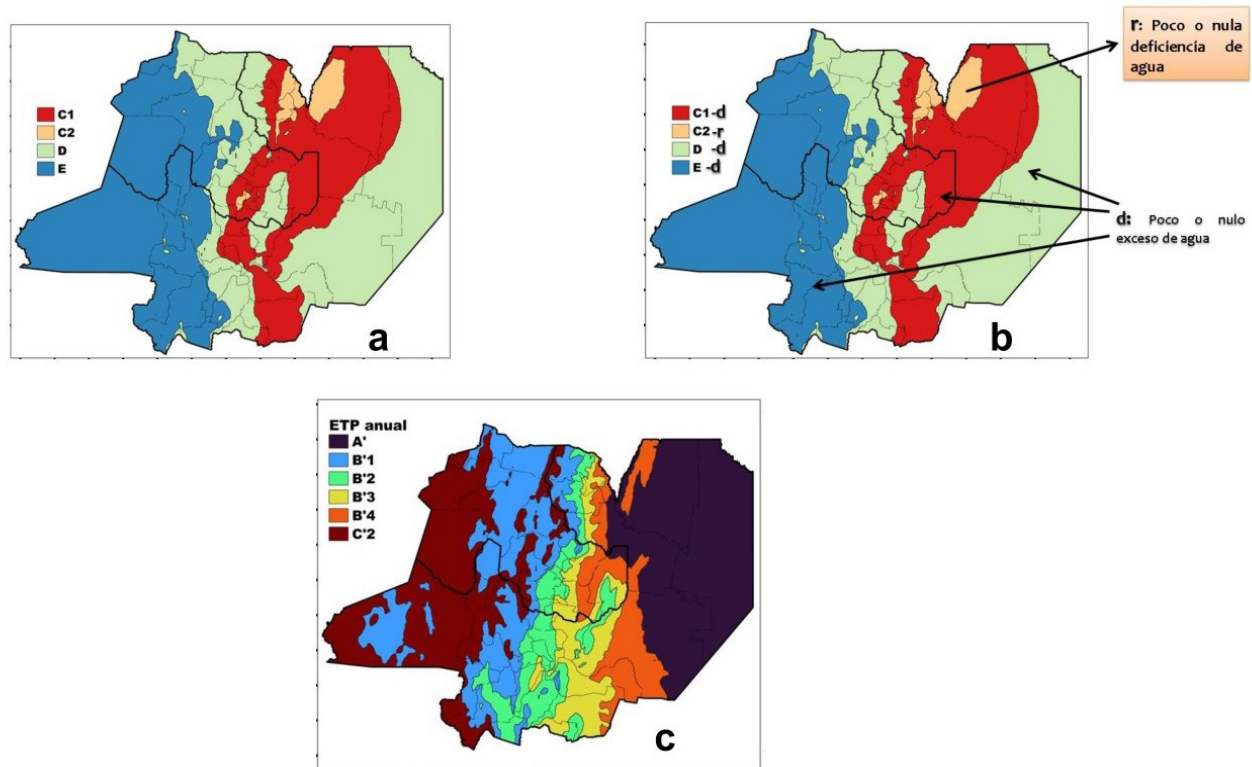


Figura 4: Distribución espacial de los índices utilizados para la Clasificación climática de Thornthwaite. a) Índice Hídrico, b) Variación estacional de la eficiencia hídrica y c) Régimen térmico (Evapotranspiración anual media “ETP”).

Ambas provincias presentan diversidad climática 32 tipos climáticos según la clasificación climática de Thornthwaite. En Salta se observan 18 tipos climáticos, mientras que en Jujuy 14 (Figura 5). El tipo climático D-d-A'-a' (Semiárido-Poco o ningún excedente de agua-Megatermal- <48% de la concentración estival de la eficiencia térmica) se ubica al este de la provincia de Salta y presenta la mayor extensión (35.474 km²), mientras que C2-r-B'2-a' (Subhúmedo - Húmedo-Poca o ninguna deficiencia de agua-Mesotérmico templado frío- <48% de la concentración estival de la eficiencia térmica) en menor extensión (14 km²) y solamente en el departamento Orán (Figuras 2 y 5; Cuadro 5). En Jujuy, E-d-C'2-a' (Árido-Poco o ningún excedente de agua-Microtérmico frío moderado- <48% de la concentración estival de la eficiencia térmica) presenta la mayor extensión territorial (17.220 km²) ubicado al oeste de la provincia, y C2-r-B'3-a' (Subhúmedo - Húmedo-Poca o ninguna deficiencia de agua-Mesotérmico templado cálido- <48% de la concentración estival de la eficiencia térmica) la menor (0,07 km²) ubicado en el extremo norte del departamento Ledesma (Figura 5; Cuadro 5).

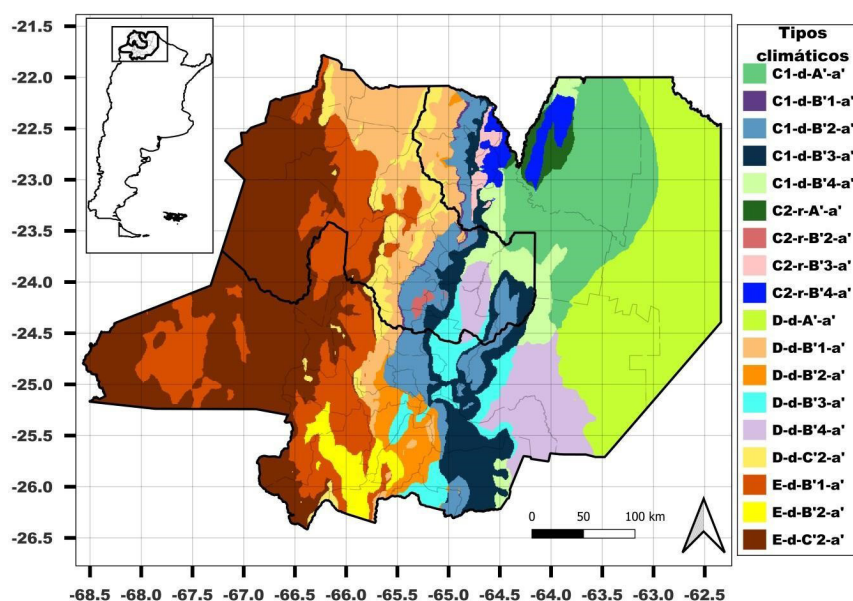


Figura 5: Clasificación climática de Thornthwaite para las provincias de Jujuy y Salta.

Cuadro 5: Superficies (km²) de los Tipos climáticos según Thornthwaite por provincia.

Tipos climáticos	Salta	Jujuy
C1-d-A'-a'	21.659	522
C1-d-B'1-a'	250	202
C1-d-B'2-a'	6.866	4.055
C1-d-B'3-a'	8.424	2.936
C1-d-B'4-a'	4.280	2.107
C2-r-B'2-a'	14	359
C2-r-B'3-a'	983	0,07
D-d-B'1-a'	4.895	10.219
D-d-B'2-a'	4.403	24
D-d-B'3-a'	4.927	927
D-d-B'4-a'	8.982	2.012
D-d-C'2-a'	2.153	4.512
E-d-B'1-a'	16.880	8.102
E-d-C'2-a'	26.022	17.220
E-d-B'2-a'	3.963	-
C2-r-A'-a'	1.752	-
C2-r-B'4-a'	3.191	-
D-d-A'-a'	35.474	-

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

La extensión territorial de ambas provincias (208.732 km²) sumada a sus estratégicas conexiones con

otras provincias argentinas y regiones de Sudamérica, favorecen la existencia de una notable diversidad climática. En Salta se identificaron 18 tipos climáticos y en Jujuy 14, lo que evidencia un alto grado de heterogeneidad en comparación con otras regiones del país. A modo de ejemplo se cita que en las provincias del Litoral Argentino, se registran comúnmente entre 4 y 5 tipos climáticos bajo el mismo sistema de clasificación (Vich, Antelo & Hurtado, 2010). La diversidad hallada en estas provincias encuentra correlatos en estudios internacionales y nacionales. Bernabé (2006) identifica 162 tipos climáticos de Thornthwaite en la Península Ibérica y Baleares, y 22 en las Islas Canarias, reflejando también una gran variabilidad condicionada por la geografía y las particularidades locales. A nivel nacional, Méndez *et al.*, (2021) encontraron diferentes tipos climáticos en tres localidades de la provincia de La Pampa, lo cual reafirma la importancia del análisis a escala local y regional para comprender la dinámica climática. Una de las principales contribuciones del presente estudio es el énfasis en la interacción entre el clima y las propiedades del suelo. La inclusión de la capacidad de campo (Figura 3), determinada mediante ecuaciones de pedotransferencia (Turek *et al.*, 2023). Thornthwaite utiliza esta variable en la clasificación y demuestra que la misma no es solo un producto de variables atmosféricas, sino el resultado de interacciones complejas entre los componentes del sistema atmosfera-litósfera.

Los diferentes climas encontrados podrían ser explicados por la variabilidad espacial de los elementos climáticos. En la región occidental de ambas provincias, predominan las regiones hidrológicas «Árida-E» y «Semiárida-D» (Figura 4.a), lo que podría estar relacionado con la cantidad de precipitación, ya que en esa zona esta variable se ve influenciada por la altitud del sitio (Figura 2) (Buitrago, 2004; Murphy & Hurtado, 2011). En el norte de la provincia de Salta, se identifica exclusivamente la región hidrológica C2, lo que también podría atribuirse a los niveles promedio de precipitación registrados en esa zona (Figura 2). La distribución de las regiones hídricas presentada en este trabajo coincide con la observada por Fabrezi *et al.*, (2022), quienes utilizaron el índice de aridez para su categorización, similar al empleado en este estudio. Estos autores muestran que, en general, las regiones hídricas E y D se ubican en las zonas occidental y oriental de ambas provincias, mientras que las regiones subhúmedas predominan en el norte. En cuanto a la distribución de las regiones térmicas, ésta podría explicarse por el patrón de temperatura en ambas provincias, dado que la evapotranspiración de Thornthwaite, depende en parte de la temperatura (Murphy & Hurtado, 2011; Pérez-Briceño *et al.*, 2017). La presencia de la región Megatérmica o Cálida en el norte de la región oriental de Salta podría explicarse por las altas temperaturas promedio. Al estar a menor altitud, la presión atmosférica es mayor, lo que provoca la compresión del aire. Como resultado, las moléculas atmosféricas se agrupan con mayor fuerza y colisionan con mayor frecuencia, generando un aumento de la temperatura (Bianchi *et al.*, 2005).

La distribución de los tipos climáticos en ambas provincias configura el comportamiento y la adaptación de las especies vegetales. En la región de los Andes ubicada al oeste de las provincias de Jujuy y Salta (Bianchi *et al.*, 2005), los ecosistemas montañosos se caracterizan por pronunciados gradientes ambientales. Los cambios de altitud generan variaciones climáticas significativas en distancias cortas, exponiendo a las especies montañosas a condiciones ambientales contrastantes (Marcora *et al.*, 2021). En las regiones hídricas Áridas (E) y Semiaridas (D), los caracteres estructurales de la vegetación natural serían rasgos adaptativos frente a los factores ecológicos del ecosistema (Rojo, 2016). El crecimiento de la vegetación en la Puna al estar condicionado principalmente por la disponibilidad de agua y las bajas temperaturas, presenta adaptaciones como raíces profundas, almacenamiento hídrico, reducción foliar, pérdida de hojas, fotosíntesis cortical, menor altura y mayor densidad del follaje (Rojo, 2016; Marcora *et al.*, 2021).

La clasificación climática de Thornthwaite, basada en el índice hídrico, podría utilizarse para caracterizar la distribución de la vegetación, ya que establece zonas en las que los diferentes elementos del clima varían dentro de ciertos márgenes (Méndez *et al.*, 2021). Si bien este no es el objetivo de este estudio, se destaca el potencial de contar con una clasificación climática a nivel provincial. Por ejemplo, si se necesita conocer el clima en el cual se desarrolla una especie nativa (o un cultivo agrícola) sería necesario conocer la distribución potencial de las especies (por ejemplo: *Polylepis australis*), sitios donde potencialmente se encuentran, o bien la distribución observada de las especies (por ejemplo:

Saccharum officinarum), y superponer estas distribuciones con la clasificación climática de Thornthwaite para conocer los tipos climáticos donde se desarrollan. Comprender la distribución potencial y observada de las especies y relacionarlas con la clasificación climática de Thornthwaite nos permite entender mejor su ecología, identificando los tipos de climas que favorecen su desarrollo. Esta información es esencial para predecir posibles cambios en su distribución ante la variabilidad o el cambio climático. Asimismo, permite optimizar el uso agrícola o forestal al ubicar las especies en zonas con condiciones climáticas compatibles con sus necesidades.

BIBLIOGRAFÍA

- Bernabé, A. C. (2006). Clasificación climática de Thornthwaite para España obtenida mediante técnicas SIG. En: Echarte, J., Balcina Angulo, Y., Cardoza Gonzáles, F., Ormazabal Jordana, J., Rodríguez Camino, E. & Carvalho, R. (Ed). Acta de las Jornadas Científicas de la Asociación Meteorológica Española, (29). Pamplona, España. Editorial no venal. 4 pp. Recuperado de: <https://pub.ame-web.org/index.php/JRD/article/view/2229>
- Bianchi, A. Yañes, C. E. & Acuña, L. R. (2005). Base de datos mensuales de precipitaciones del Noroeste Argentino. Recuperado de: <https://bibliotecavirtualaserena.wordpress.com/wp-content/uploads/2017/05/precipitaciones-del-noa-bianchi.pdf>
- Buitrago, G. (2004). El clima de la Provincia de Jujuy. Recuperado de: <https://dipec.jujuy.gob.ar/aspectos-generales/datos-climaticos/>
- Fabrezi, M., Camardelli, C., Hongn, F., Aramayo, A., Cruz, J. C., Montero López, C., Córdoba, G. & Guevara, A. (2022). Provincias geológicas, provincias fitogeográficas y ecorregiones del NOA. Geología, fitogeografía y ecorregiones, Vol 12(2), 4-19.
- Hernández Cerda, M. E., Ordoñez Díaz, M. J. & Giménez de Azcárate, J. (2018). Análisis comparativo de dos sistemas de clasificación bioclimática aplicados en México. Investigaciones Geográficas. Vol (95), 14 pp. Recuperado de: <https://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n95/2448-7279-igeo-95-00004.pdf>
- Hurtado, R., Portal, M. R., Valdiviezo Corte, M., Riquelme Guzmán, A., Moreno, C., Alabar, F. & Mayo, H. (2014). Caracterización Agroclimática de los Valles Templados de Jujuy. Informe. 34 pp.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina (INDEC). 2022. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas. Estadística-Población. Recuperado de: <https://www.indec.gob.ar/>
- Llanos Tarifa M., Rodríguez F. A., Lamas M. J., Alabar F. D., Valdiviezo Corte M. & Hurtado R. (2024). Comparación de la precipitación para las provincias de Jujuy y Salta, Argentina. Gallardo, C & Giulianotti, C (Eds). Libro de Resúmenes de XIV Jornadas Científico- Técnicas de la Facultad de Ciencias Agrarias – UNJu. San Salvador de Jujuy, Jujuy, Argentina. pp 64. Recuperado de: <https://www.fca.unju.edu.ar/static/files/investigacion/XIV%20Jornadas%20Cientifico%20Tecnica%20Facultad%20de%20Ciencias%20Agrarias%20-%20Universidad%20Nacional%20de%20Jujuy.pdf>
- Lohmann, U., Sausen, R., Bengtsson, L., Cubasch, U., Perwitz, J. & Roeckner, E. (1993). The Koppen climate classification as a diagnostic tool for general circulation models. Climate Research, 3, (3), 17 pp. Recuperado de: <https://www.int-res.com/articles/cr/3/c003p177.pdf>
- Marcora, P. I., Tecco, P. A., Ferrero, M. C., Ferreras, A. E., Zeballos, S. R., Funes, G., Gurvich, D. E., Arias, G., Cáseres, Y. & Hensen, I. (2021). Are populations of *Polylepis australis* locally adapted along their elevation gradient?. Neotropical Biodiversity, 7(1), 246-256.

- Méndez, M., Vergara, G., Casagrande, G. & Bongianino, S. (2021). Clasificación climática de la región agrícola de la provincia de la Pampa, Argentina. SEMIÁRIDA Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam Vol 31(2), 12 pp. Recuperado de: [http://dx.doi.org/10.19137/semiarida.2021\(02\).09-20](http://dx.doi.org/10.19137/semiarida.2021(02).09-20)
- Murphy, G. & Hurtado, R. (2011). Agrometeorología. Buenos Aires, Argentina. Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.
- Pérez-Briceño, P. M, Amador Astúa, J. A. & Alfaro, E. (2017). Dos propuestas de clasificación climática para la vertiente Caribe costarricense según el sistema de Thornthwaite. Revista de Climatología. Vol (17), 16 pp. Recuperado de: <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/items/0ae53ea8-c47b-4a9e-9d2d-60bc8cecd0fe>
- QGIS Development Team. (2023). QGIS Geographic Information System (versión 3.3) [Software]. Open Source Geospatial Foundation. <https://qgis.org/>
- R Core Team. (2023). R: A language and environment for statistical computing (versión 4.2.2) [Software]. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>
- Rodríguez, F. A., Llanos Tarifa, M., Lamas, M. J., Alabar, F. D., Valdiviezo Corte, M. & Hurtado, R. (2024). Evaluación de la evapotranspiración en la provincia de Jujuy y Salta a través de un mapa detallado. Gallardo, C & Giulianotti, C (Eds). Libro de Resúmenes de XIV Jornadas Científico- Técnicas de la Facultad de Ciencias Agrarias – UNJu. San Salvador de Jujuy, Jujuy, Argentina. pp 64. Recuperado de: <https://www.fca.unju.edu.ar/static/files/investigacion/XIV%20Jornadas%20Cientifico%20Tecnicas%20Facultad%20de%20Ciencias%20Agrarias%20-%20Universidad%20Nacional%20de%20Jujuy.pdf>
- Rojo, V. (2016). Análisis de la dinámica de la vegetación de la Puna jujeña en relación con los ungulados domésticos y silvestres y su impacto sobre la desertificación. (Tesis doctoral). Universidad Nacional de La Plata. Argentina.
- Specha, L & Hurtado, R. (2011). El Ciclo del agua-El balance de agua del suelo. Murphy, G & Hurtado, R (Eds.). Agrometeorología, Tomo 1 (1er edición). pp 105-130. Buenos Aires, Argentina. Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.
- Turek, M. E., Poggio, L., Batjes, N. H., Armindo, R. A., van Lier, Q. D. J., de Sousa, L., & Heuvelink, G. B. (2023). Global mapping of volumetric water retention at 100, 330 and 15 000 cm suction using the WoSIS database. International Soil and Water Conservation Research, Vol 11(2), 225-239. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2022.08.001>
- Vich, H., Antelo, M, Hurtado, R. (2010). XIII Reunión Argentina y VI Latinoamericana de Agrometeorología. Clasificación climática de Thornthwaite para la Región Oriental de la República Argentina. Recuperado de: http://www.siaj.fca.unju.edu.ar/media/publicaciones/2010-AADA-CLASIFICACION_TH.pdf

TRABAJO

POTENCIAL ENOLÓGICO DE LAS LEVADURAS AUTÓCTONAS PARA LA ELABORACIÓN DE VINO EN LA QUEBRADA DE HUMAHUACA, JUJUY, ARGENTINA

ENOLOGICAL POTENTIAL OF INDIGENOUS YEASTS FOR WINEMAKING IN THE QUEBRADA DE HUMAHUACA, JUJUY, ARGENTINA

Cruz, F.¹, Ortega A.^{1*}, Burgos, C.¹, Peynado, M.¹, Causarano, M.¹, Avalos, L.¹, Cruz, E.¹, Balderrama, G.¹, Trejo, R.¹ y Estrada, E.¹

¹ Facultad Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Jujuy. Alberdi 47 San Salvador de Jujuy, Jujuy, Argentina. C.P. 4600

***Autor para correspondencia:**

ortegamariadelosangeles@fca.unju.edu.ar

Período de Publicación:

Junio 2026

Historial:

Recibido: Octubre 2025

Aceptado: Abril 2026

RESUMEN

A medida que aumenta el interés por la producción de bebidas locales y sostenibles, la elaboración de vino con levaduras autóctonas podría representar un enfoque equilibrado, entre lo innovador y lo auténtico, para la vitivinicultura de nuestra región. El presente trabajo tuvo como objetivos elaborar vinos con levaduras autóctonas en condiciones de bodega, evaluar su calidad fisicoquímica y diagnosticar las Buenas Prácticas Enológicas. Se elaboraron vinos con uvas de la variedad Malbec recolectadas en la vendimia 2023, fermentados con una levadura autóctona del género *Saccharomyces* (MP27), en dos Bodegas ubicadas en la localidad de Tilcara y Tumbaya pertenecientes a la Quebrada de Humahuaca, Jujuy. Se realizaron análisis físico químicos mediante métodos convencionales oficiales de los vinos elaborados para determinar su aptitud, y análisis sensorial para establecer su aceptación mediante una cata a ciegas. Además, para las inspecciones higiénico sanitarias se empleó una lista de chequeo adaptada de la resolución 17/10 del INV y la "Guía para la Aplicación de Buenas Prácticas de manufacturas en Bodegas". Los vinos elaborados presentaron aptitud fisicoquímica, con un pH 3,70, acidez total 5,85 g/L, grado alcohólico 12% v/v, azúcares reductores 4,45 g/L, dióxido de azufre libre 18,25 mg/L y acidez volátil 0,48 g/L. El 60% de los consumidores prefirió los vinos elaborados con la levadura autóctona. Se observaron deficiencias higiénico sanitarias principalmente en la variable manipulador de alimentos. Estas levaduras podrían generar un carácter regional único que permitirá a los viticultores adaptar los vinos locales a un mercado tan exigente como el actual.

Palabras claves: levaduras autóctonas, prácticas enológicas, Jujuy, vinos de altura.

SUMMARY

As interest in local and sustainable beverage production grows, winemaking with indigenous yeasts may represent a balanced approach combining

innovation with authenticity for the viticulture of our region. This study aimed to produce wines using indigenous yeasts under winery conditions, evaluate their physicochemical quality and consumer acceptability, and assess Good Winemaking Practices. Wines were produced using Malbec grapes harvested during the 2023 vintage and fermented with an indigenous yeast strain from the *Saccharomyces* genus (MP27) in two wineries located in the towns of Tilcara and Tumbaya, in the Quebrada de Humahuaca, Jujuy. Physicochemical analyses were conducted using official standard methods to determine wine suitability, and sensory evaluations were carried out through blind tastings to assess consumer preferences. Hygienic-sanitary inspections were conducted using a checklist adapted from INV Resolution 17/10 and the "Guide for the Implementation of Good Manufacturing Practices in Wineries." The wines obtained showed appropriate physicochemical parameters, with a pH of 3.70, total acidity of 5.85 g/L, alcohol content of 12% v/v, reducing sugars at 4.45 g/L, free sulfur dioxide at 18.25 mg/L, and volatile acidity of 0.48 g/L. Sixty percent of tasters preferred the wines fermented with the indigenous yeast. Hygienic deficiencies were primarily observed in the food handler practices. These indigenous yeasts may contribute to the development of a unique regional character, allowing local winemakers to craft wines that can stand out in today's highly demanding market.

Keywords: high-altitude wines, indigenous yeasts, Jujuy, oenological practices.

INTRODUCCIÓN

La vitivinicultura argentina ha evolucionado significativamente, incorporando tecnología y extendiéndose a nuevas regiones. Allí, el cultivo de vid y la elaboración de vinos de altura son actividades emergentes (Alfaro, 2022).

La Quebrada de Humahuaca con Indicación Geográfica (IG). Res. 39/ 2015 I.N.V., produjo en septiembre del 2022, 18 ha, de las cuales 15 ha son partes de distintas bodegas, en un intervalo de 50 km a lo largo de la Ruta Nacional 9, a una distancia máxima de 5 km del camino asfaltado principal. En ella, predominan la variedad Malbec, que aporta el 50% de la producción, complementada por, las variedades, Cabernet Franc, Cabernet Sauvignon, Merlot, y Syrah (I.N.V, 2022). La variedad Malbec (*Vitis vinifera* L.) es considerada la uva tinta emblemática de la Argentina y se caracteriza por ser un cultivar exigente, respecto a las condiciones agroecológicas de las zonas de producción y al manejo del viñedo (Rodríguez, 2011).

Las vinificaciones de la Quebrada se realizan con levaduras comerciales, que favorecen un inicio rápido de la fermentación y garantizan el máximo consumo de azúcares fermentables, minimizando los problemas de fermentación facilitando la obtención de un producto final uniforme (Torija, 2002).

Estas prácticas tienen efectos negativos sobre la biodiversidad de las levaduras autóctonas presentes en las bodegas y viñedos. Las levaduras comerciales pueden competir y eliminar las cepas autóctonas (Santamaria *et al.*, 2013), afectando la tipicidad regional del producto.

En este contexto, las levaduras autóctonas, adaptadas al microambiente local, ofrecen una alternativa viable para realzar las características sensoriales únicas de los vinos (Di Maro, Ercolini y Coppola, 2007).

En la provincia de Jujuy las bodegas artesanales demandan las medidas sanitarias necesarias para garantizar la ausencia de alteraciones que afecten organolépticamente al vino, mediante Resolución N° C. 14/2019 del Instituto Nacional de Vitivinicultura (INV, 2019), estableciendo condiciones específicas para producciones menores a 25.000 litros anuales. Sin embargo, los responsables de muchos emprendimientos rurales no tienen un conocimiento sólido de las prácticas sanitarias que se pueden aplicar para garantizar la inocuidad alimentaria (Arispe y Tapia, 2007)

Este estudio busca evaluar el potencial enológico de levaduras autóctonas en condiciones reales de bodega, comparando los resultados fisicoquímicos y sensoriales de los vinos obtenidos, y realizar un diagnóstico sobre las prácticas enológicas empleadas en las bodegas artesanales de la región.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron uvas de la especie *Vitis vinífera*, de la variedad Malbec de los viñedos pertenecientes a un productor de Tilcara y otro en Tumbaya de la Quebrada de Humahuaca, Jujuy.

Para realizar las fermentaciones se utilizó la levadura autóctona *Saccharomyces cerevisiae* (MP27), seleccionada por el Laboratorio de Microbiología Enológica (FCA-UNJu).

Para las vinificaciones en las bodegas, en principio se elaboraron pie de cuba con mosto pasteurizado, la levadura se inoculó en una concentración de 1×10^6 UFC/mL, se incubó a 25 °C por 5 días. Luego este pie de cuba fue transportado hacia las bodegas para realizar vinos en el lugar. Debido a la limitada disponibilidad de materia prima, característica de la producción artesanal de los productores de la Quebrada de Humahuaca, no fue posible disponer de una cantidad suficiente de uvas para realizar fermentaciones por triplicado.

Se realizó un monitoreo de los parámetros químicos del mosto durante el proceso de vinificación, evaluando el pH por potenciometría y acidez total mediante una titulación ácido-base, según lo dispuesto por el Instituto Nacional de Vitivinicultura, y se tomaron como referencias sus valores (Nazralla, Paladino, Vila y Lucero, 2009). Una vez terminada la elaboración de vinos, estos fueron conservados en condiciones de refrigeración por un mes, para luego efectuar los análisis físico químicos de pH por potenciometría, acidez total mediante titulación ácido-base, grado alcohólico por destilación, azúcares reductores por el método Fehling Causse-Bonnans, dióxido de azufre (SO_2) libre y acidez volátil por titulación tomando como referencia los valores dispuestos por la Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV).

Para determinar la aceptabilidad de los vinos elaborados se realizó una prueba de preferencia entre 50 jueces evaluadores, no entrenados, con una escala hedónica de 9 puntos (Ennis, 1993).

Para la inspección sanitaria se empleó como instrumento de evaluación una lista de chequeo, adaptada de la resolución 17/10 del Instituto Nacional de Vitivinicultura y la “Guía para la aplicación de Buenas Prácticas de manufacturas en Bodegas”, ajustando los ejes de observación a la envergadura de los establecimientos. Cada ítem fue clasificado según un criterio binario de cumplimiento (cumple/no cumple).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cinética de crecimiento de las levaduras autóctonas en el pie de cuba

Los niveles poblacionales de levaduras autóctonas en el pie de cuba, desde el día 0 al día 4, fueron desde 1×10^6 a 2×10^8 UFC/mL (6,00 – 8,30 Log₁₀ UFC/mL). Se observó un crecimiento exponencial, sin una etapa visible de latencia, estos resultados concuerdan con el trabajo realizado por (Canónico, Agarbatí, Comitini & Ciani, 2022), en bodegas de Italia, donde se evidenciaron que las fermentaciones

inoculadas con *S. cerevisiae*, produjeron una biomasa de 1×10^7 UFC/mL, manteniendo esos valores hasta el final de la fermentación (Grafico 1).

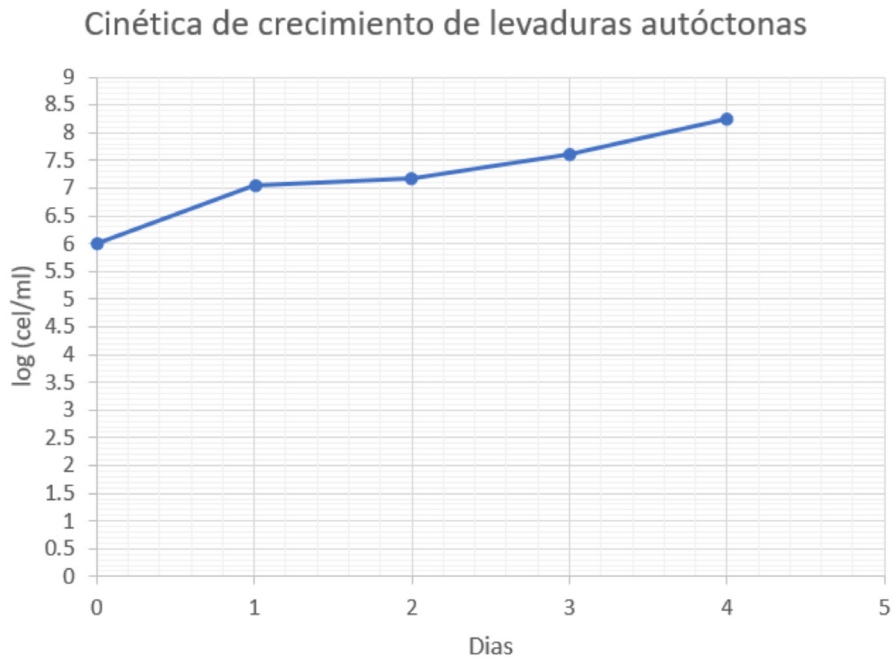


Gráfico 1: Cinética de crecimiento de levaduras autóctonas en pie de cuba.

Parámetros químicos de los vinos terminados

Los vinos obtenidos presentaron valores que se encuentran dentro los parámetros establecidos por la Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV) (Tabla 1). En cuanto a las diferencias observadas en los valores de acidez entre las fermentaciones, la menor acidez total registrada en el vino elaborado en Tilcara podría atribuirse a la ocurrencia de una fermentación maloláctica, proceso que habría promovido la conversión del ácido málico en ácido láctico. Asimismo, una mayor precipitación del ácido tartárico, favorecida por la liberación de potasio por parte de las levaduras durante la fermentación, también podría haber contribuido a la disminución de la acidez (Tufariello, Maiorano, Rampino y Capozzi, 2019). El uso de levaduras autóctonas demostró potencial para la elaboración de vinos, en consonancia con lo observado en este estudio, investigaciones previas llevadas a cabo en regiones vitivinícolas consolidadas, como el trabajo de Tufariello, *et al.*, (2019) en Apulia, Italia, reportaron el aislamiento y caracterización de cepas autóctonas de *Saccharomyces cerevisiae* con aptitudes tecnológicas relevantes para la fermentación alcohólica.

Tabla 1: Parámetros químicos de los vinos.

Parámetros Bodega	"Tumbaya"	"Tilcara"
pH	3,6	3,8
Acidez total g/L	6,9	4,5
Grado Alcohólico % V/V	12	12

Azúcares Reductores g/L	4,05	2,85
Dióxido de Azufre libre mg/L	17,3	19,2
Acidez Volátil g/L	0,52	0,44

Parámetros establecidos para vino según la OIV: pH: 3,3-3,5, acidez total 4,5-7 g/L, acidez volátil 0,2-0,6 g/L; grado alcohólico $\geq 8,5$ % v/v; SO₂ ≤ 20 mg/L y azúcares reductores: ≤ 4 .

Prueba de aceptabilidad

Los resultados hallados en la prueba de aceptabilidad, se detallan en el Gráfico 2. Del 100% de los evaluadores un 60% sostuvieron que el vino elaborado con levaduras autóctonas presenta atributos sensoriales, agradables, bastante agradable y muy agradable.

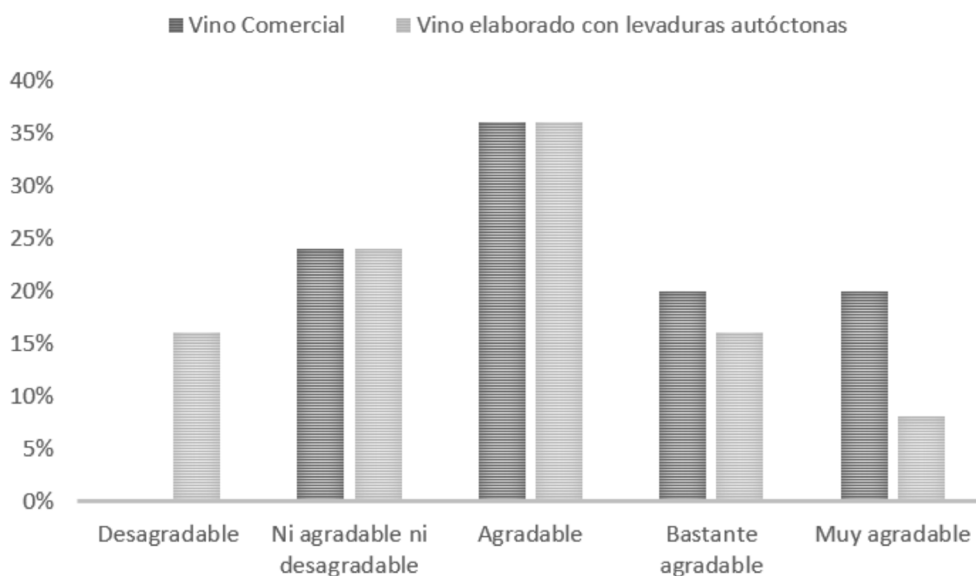


Gráfico 2: Porcentaje de aceptabilidad de ambos vinos.

Diagnóstico de Buenas Prácticas Enológicas de Saneamiento

Los aspectos relevantes del diagnóstico sanitario realizado en bodegas de la Quebrada de Humahuaca muestran que, en las áreas externas, las actividades vitícolas y enológicas no están separadas por medio físicos. (I.N.V. Res. N° C. 14/2018). También se registra presencia de plagas animales: Aves (*Phrygilus atriceps*, *Phytotoma rutila*) que se alimentan de las bayas (Camperi, Darrieu, Grilli y Burgos, 2012) y actúan de vectores contaminantes del mosto (Pardo, 2022).

En las áreas internas tampoco hay distribución física de espacios, se disponen todos los elementos en un espacio común, aumentando los riesgos de contaminación cruzada, por la carga microbiana natural de la pruina (Hidalgo, 2003). Las instalaciones rusticas promueven los riesgos de contaminaciones físicas (Mortimore y Wallace, 2018).

Los equipos de bodega prescinden de protocolos de limpieza (Res. N° 233/98 del SENASA), realizando

solo el enjuague con agua potable luego de su uso. En las labores agropecuarias, el empleo de agua “superficial” promueve la presencia de metales pesados como el arsénico, que se presenta como un contaminante natural de la zona y llega a la misma por filtración de suelos y rocas, (Steinmetz y Diaz, 2018) actuando como vector contaminante en el viñedo, el mosto, el vino, y los consumidores (Meliker, Wahl, Cameron y Nriagu 2007).

El personal encargado de la elaboración cuenta con capacitación sobre buenos hábitos y manipulación higiénica, sin embargo, se prescinde de ropa protectora, calzado adecuado y cubreboca.

Esta información resalta la necesidad de implementar planes de mejora focalizados, que garanticen la inocuidad del vino elaborado y permitan cumplir con las normativas sanitarias vigentes, sin comprometer la calidad ni la identidad regional de los productos.

CONCLUSIÓN

El presente estudio demuestra que la utilización de levaduras autóctonas en la elaboración de vinos por pequeños productores de la Quebrada de Humahuaca es eficaz, tanto desde el punto de vista enológico como sensorial. Los vinos obtenidos no solo cumplieron con los parámetros fisicoquímicos establecidos, sino que también mostraron una aceptación del 60 % entre los consumidores.

El relevamiento de prácticas enológicas evidenció aspectos críticos a mejorar, como la higiene en la manipulación, la estandarización de procesos y el control microbiológico. Esta información resulta clave para orientar intervenciones que garanticen la calidad sanitaria y organoléptica de los vinos de la región.

La producción con levaduras autóctonas se presenta como una alternativa sustentable y de identidad regional para la vitivinicultura local. Si bien los resultados a escala de bodega son prometedores, se requieren estudios a escala industrial que permitan confirmar el potencial enológico de estas levaduras a mayor escala.

BIBLIOGRAFÍA

- Alfaro, L. (2022). Crece la vitivinicultura y apuestan a una ruta turística. Diario El Tribuno de Jujuy, San Salvador. <https://eltribunodejujuy.com/nota/2022-6-16-1-0-0-0-crece-la-vitivinicultura-y-apuestan-a-una-ruta-turistica>
- Arispe, I. y Tapia, M. (2007). Inocuidad y calidad: requisitos indispensables para la protección de la salud de los consumidores. Agroalim v.12 n.24. Merida 2007.
- Camperi, A., Darrieu, C., Grilli, P. y Burgos, F. (2012). “Avifauna de la provincia de Jujuy, Argentina. Acta Zoológica Lilloana, 56 (1-2), 82-120.
- Canonico L., Agarbati, A., Comitini F., y Ciani, M. (2022). Assessment of Spontaneous Fermentation and Non-Saccharomyces Sequential Fermentation in Verdicchio Wine at Winery Scale. Dipartimento Scienze della Vita e dell'Ambiente, Università Politecnica delle Marche, 60131 Ancona, Italy.
- Di Maro, E., Ercolini, D., y Coppola, S. (2007). Yeast dynamics during spontaneous wine fermentation of the Catalanesca grape. International Journal of Food Microbiology, 117(2), 201- 210.
- Ennis, D. (1993). The power of sensory discrimination methods. Journal of sensory studies, 8(4), 353-370.

- Hidalgo J. (2003). Tratado de Enología Tomo I y II. Ediciones Mundi prensa 1418 pp.
- I.N.V (2019). Resolución 14/2019. (RESOL-2019-14-APN-#MAGYP). Boletín oficial de la República Argentina. <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resolucion-14-2019-33784/texto>
- Meliker, J., Wahl R., Cameron L. y Nriagu J. (2007). Arsenic in drinking water and cerebrovascular disease, diabetes mellitus, and kidney disease in Michigan: a standardized mortality ratio analysis. Environ Health 2007; 6:1-11.
- Mortimore, S. y Wallace, C. (2018) HACCP Enfoque práctico. Zaragoza, España, Acribia S.A. 3º Edición.
- Nazrala, J., Paladino, S., Vila, H. y Lucero, C. (2009). Manual de técnicas analíticas para mostos y vinos. Editorial Ediciones INTA. ISBN 978-987-1623-41-9.
- Pardo R. (2022). "La otra vida que habita en un viñedo". Condé Nast Traveler España. <https://www.traveler.es/articulos/animales-la-otra-vida-que-habita-en-un-viñedo-curiosidades>
- Resolución 233 / 1998 SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD Y CALIDAD AGROALIMENTARIO <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-233-1998-49663/texto>.
- Rodríguez, V. (2011). Los procesos de cambio técnico en la viticultura de Mendoza, Argentina: de la imitación extranjera a la adaptación local, 1890-1920. Naveg@mérica. Revista electrónica de la Asociación Española de Americanistas.
- Santamaria, Pilar, Garijo, P.; Tenorio, C.; López, R. y Gutiérrez, A. (2013) Presencia de levaduras autóctonas en bodegas que practican la inoculación reiterada con levaduras secas activas.
- Steinmetz, L. y Diaz, S. (2018). Estimación de riesgo carcinógeno por exposición crónica al arsénico a través del agua de consumo en la Puna, Jujuy. Revista Argentina De Salud Pública, 9(37), 15-21.
- Torija M.J. (2002). Ecología de levaduras: selección y adaptación a fermentaciones vínicas. Tesis Doctoral. Tarragona, España, Departamento de Bioquímica y Biotecnología, Facultat D'enologia, Universitat Rovira I Virgili 206 pp.
- Tufariello, M., Maiorano, G., Rampino, P., Spano, G., Grieco, F., Perrotta, C., Capozzi, V. (2019). Selection of an autochthonous yeast starter culture for industrial production of Primitivo "Gioia del Colle" PDO/DOC in Apulia (Southern Italy). LWT - Food Science and Technology 99, pp. 188- 196.

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., *Irpelex* 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°24'58.0"S 65°17'36.5"O y 24°26'12.9"S 65°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

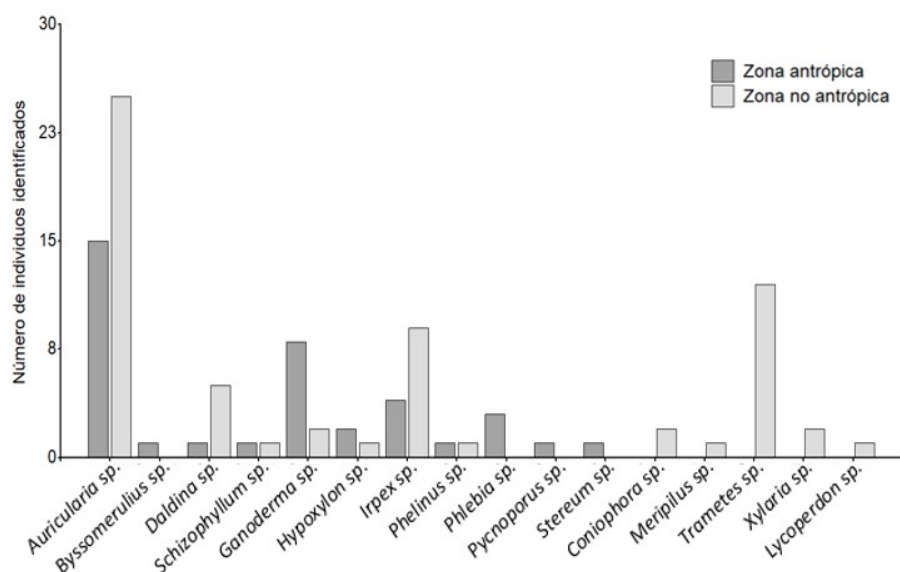


Figura 2: Géneros y número de individuos registrados de macromicetos en sitios con y sin intervención antrópica.

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).

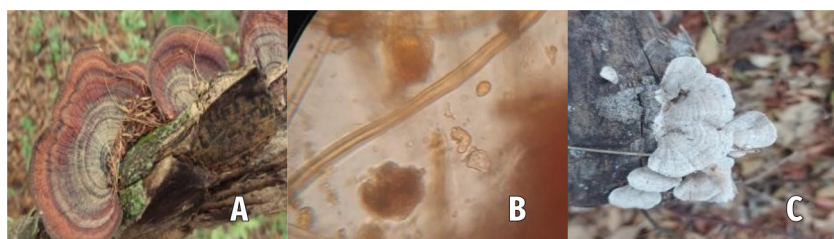


Figura 4: Observación macroscópica y microscópica del Género *Trametes* sp. se observa a) basidiocarpo con zonas concéntricas de diversos colores, b) esporas no amiloides (40x), c) basidiocarpo blanco con zonas concéntricas.

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 ostiolos 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).

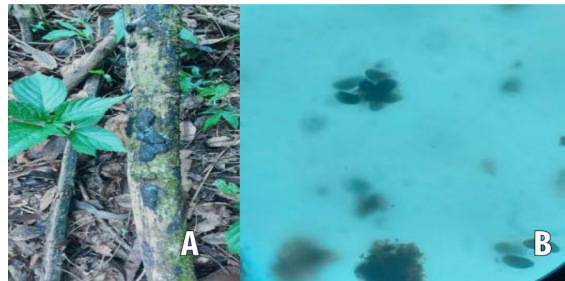


Figura 5: Observación macroscópica y microscópica del Género *Daldinia* sp. se observa a) Ascomas globoso b) esporas oscuras (40x).

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).

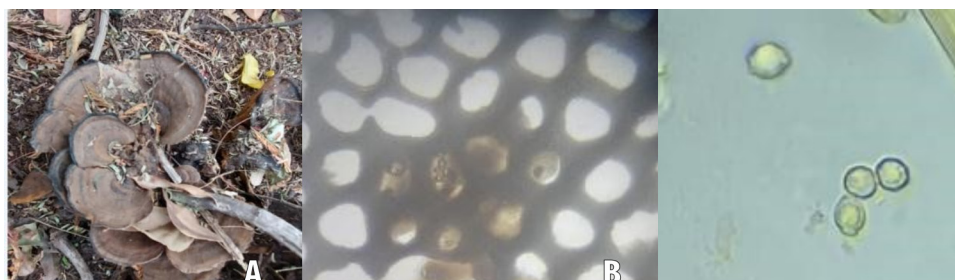


Figura 10: Observación macroscópica y microscópica del Género *Meripilus* sp. se observa a) basidiocarpo semicircular, en abanico b) Poros redondeados (40X), c) Espora lisas y esfericas (40x).

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).

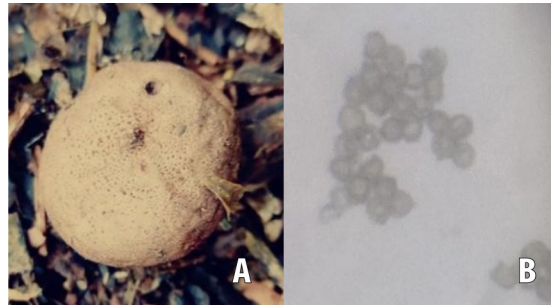


Figura 11: Observación macroscópica y microscópica del Género *Lycoperdon* sp. se observa a) basidiocarpio globoso b) Basidiosporas esféricas, de color pardo (100x).

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).

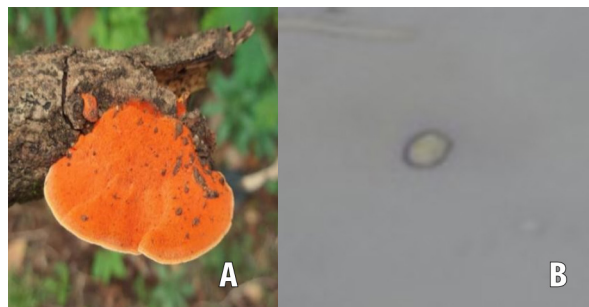


Figura 12: Observación macroscópica y microscópica del Género *Pyrenopeziza* sp. se observa a) basidiocarpio flaveliforme b) Basidiosporas oblongas, hialinas (100x).

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).

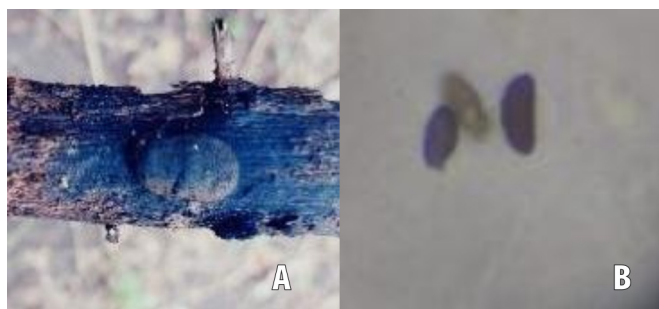


Figura 13: Observación macroscópica y microscópica del Género *Hypoxylon* sp. se observa a) Ascoma globoso b) Ascosporas castaño oscuras, elipsoidales (40x).

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 crémica 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>

TRABAJO

EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD INSECTICIDA BOTÁNICO DE *Clinopodium gilliesii* (Benth.) Kuntze (Lamiales: Lamiaceae) SOBRE *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae) Y SU PERFIL FITOTÓXICO Y CITOTÓXICO

EVALUATION OF THE BOTANICAL INSECTICIDAL ACTIVITY OF *Clinopodium gilliesii* (Benth.) Kuntze (Lamiales: Lamiaceae) ON *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera: Chrysomelidae) AND ITS PHYTOTOXIC AND CYTOTOXIC PROFILE

Rivera Funes, M. del C.¹, Cari, A. Y¹ y Leaño, M. C.²

¹ Laboratorio de Análisis Genético (LAG). Cátedra de Genética. Facultad de Ciencias Agrarias. UNJu

² Cátedra de Bioestadística y Diseño Experimental. Facultad de Ciencias Agrarias. UNJu

*Autor para correspondencia:
maria_rviera@funes@fca.unju.edu.ar

Período de Publicación:
Junio 2026

Historial:
Recibido: Marzo 2026
Aceptado: Junio 2026

RESUMEN

En este estudio se evaluó el potencial insecticida de infusiones de *Clinopodium gilliesii* (Benth.) Kuntze ("muña muña") sobre *Acanthoscelides obtectus* (Say), así como su seguridad y concentración toxicológica mediante bioensayos en *Lactuca sativa* L. y *Allium cepa* L. Se prepararon infusiones acuosas de *C. gilliesii* (Benth.) Kuntze a diferentes concentraciones (5, 15, 30, 40, 80 g L⁻¹), junto a controles negativo (agua destilada) y positivo (EDTA). Se determinó el porcentaje de inhibición de la germinación en *L. sativa* L., el índice mitótico en *A. cepa* L. Posteriormente, se seleccionaron concentraciones de 80, 100 y 120 g L⁻¹ de *C. gilliesii* (Benth.) Kuntze para evaluar su actividad insecticida sobre adultos de *A. obtectus* (Say) tras un periodo de exposición de 24 horas. Los datos fueron analizados con Kruskal-Wallis y comparaciones múltiples ($p < 0,05$). Los resultados mostraron un efecto dosis-dependiente en todos los ensayos: en *L. sativa* L., la inhibición de germinación aumentó desde 3% (5 g L⁻¹) hasta 96% (80 g L⁻¹); en *A. cepa* L., el índice mitótico se redujo desde 15,6% (5 g L⁻¹) hasta 1,04% (80 g L⁻¹). La concentración de 5 g L⁻¹ no presentó diferencias significativas con el control negativo en los bioensayos vegetales, identificándose como umbral de seguridad. En el ensayo insecticida, la mortalidad de *A. obtectus* (Say) alcanzó 58% a 100 g L⁻¹ y 85% a 120 g L⁻¹, con diferencias significativas respecto al control negativo. Se concluye que *C. gilliesii* (Benth.) Kuntze posee actividad insecticida promisorio sobre *A. obtectus* (Say) y que la concentración de 100 g L⁻¹ es la que ofrece mejor balance entre eficacia y seguridad toxicológica.

Palabras claves: *Allium cepa*, índice mitótico, *Lactuca sativa*, umbral de seguridad

SUMMARY

This study evaluated the insecticidal potential of *Clinopodium gilliesii* (Benth.) Kuntze ("muña muña") infusions against *Acanthoscelides obtectus* (Say), as well as their safety and toxicological concentration, using bioassays on *Lactuca sativa* L. and *Allium cepa* L. Aqueous infusions of *C. gilliesii* (Benth.) Kuntze were prepared at different concentrations (5, 15, 30, 40, 80 g L⁻¹), along with negative (distilled water) and positive (EDTA) controls. The percentage of germination inhibition in *L. sativa* L. and the mitotic index in *A. cepa* L. were determined. Subsequently, concentrations of 80, 100, and 120 g L⁻¹ of *C. gilliesii* (Benth.) Kuntze were selected to evaluate their insecticidal activity against adult *A. obtectus* (Say) after a 24-hour exposure period. Data were analyzed using the Kruskal-Wallis test and multiple comparisons ($p < 0.05$). Results showed a dose-dependent effect in all assays: in *L. sativa* L., germination inhibition increased from 3% (5 g L⁻¹) to 96% (80 g L⁻¹); in *A. cepa* L., the mitotic index decreased from 15.6% (5 g L⁻¹) to 1.04% (80 g L⁻¹). The concentration of 5 g L⁻¹ showed no significant differences compared to the negative control in the plant bioassays, and was identified as the safety threshold. In the insecticide assay, mortality of *A. obtectus* (Say) reached 58% at 100 g L⁻¹ and 85% at 120 g L⁻¹, with significant differences compared to the negative control. It is concluded that *C. gilliesii* (Benth.) Kuntze has promising insecticidal activity against *A. obtectus* (Say), with the concentration of 100 g L⁻¹ offering the best balance between efficacy and toxicological safety.

Keywords: *Allium cepa*, mitotic index, *Lactuca sativa*, safety threshold

INTRODUCCIÓN

La agricultura constituye el principal motor de crecimiento económico para los países en desarrollo. En América Latina, este sector ha experimentado una notable expansión en las últimas décadas, impulsado por una creciente demanda mundial de alimentos y bioproductos (García, Pérez & Salcedo, 2020). En este contexto, Argentina desempeña un papel estratégico, donde el sector agrícola no solo es vital para la economía nacional, sino también para la sustentabilidad de las economías regionales.

Un cultivo de gran relevancia en este escenario es el poroto común *Phaseolus vulgaris* L., cuya producción se destaca en el Noroeste Argentino por sus altos rendimientos (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca [MAGyP], 2023). Sin embargo, la sustentabilidad de esta producción se ve amenazada tras la cosecha, durante el almacenamiento. Los granos quedan expuestos al ataque de plagas que pueden deteriorar su calidad y reducir significativamente los volúmenes disponibles, una problemática que a nivel mundial representa pérdidas de 5% y el 10% de la producción total de granos (Permuy Abeleira, Chaveco Pérez, González Ferrer, García Sánchez y Hidalgo Figueroa, 2008)

Para el poroto almacenado, la amenaza más destructiva es el brúquido del poroto, *Acanthoscelides obtectus* (Say), plaga capaz de provocar pérdidas que superan el 20% de la producción. Su éxito biológico se sustenta en una bioecología altamente eficiente: bajo condiciones óptimas de temperatura y humedad, su ciclo vital se completa en aproximadamente 30 días, lo que permite el desarrollo de seis o más generaciones anuales que transcurren de manera continua tanto en el cultivo en campo como en el grano almacenado. Esta elevada capacidad reproductiva, sumada a su aptitud para entrar en diapausa y

su resistencia a condiciones adversas, posiciona a este insecto como un desafío fitosanitario complejo para la sustentabilidad de la producción leguminosa (Armenta López, 2024).

Acanthoscelides obtectus presenta una notable adaptabilidad estacional y reproductiva que lo consolida como un desafío fitosanitario complejo debido a su capacidad de entrar en diapausa y su alta tasa de multiplicación. Su comportamiento biológico incluye una fase de inactividad invernal dentro de la semilla y una dispersión bifásica en primavera hacia cultivos y almacenes (Gallardo *et al.*, 2022).

La estrategia de oviposición de esta plaga se adapta al entorno: en el campo, las hembras perforan las vainas, mientras que en el almacenamiento depositan hasta 200 huevos directamente sobre el grano. El daño al endospermo es irreversible provocado por la especialización morfológica de la larva (oligopoda en el 1er estadio), la cual penetra la testa en su fase móvil para luego transformarse en una larva ápoda de hábito alimenticio interno. El ciclo de vida, caracterizado por su alta eficiencia, culmina tras una fase de pupa con la emergencia del adulto o imago, el cual reinicia el ciclo infectivo que puede generar más de seis generaciones anuales (Gallardo *et al.*, 2022).

La gestión de *A. obtectus* constituye un desafío fitosanitario complejo, debido principalmente por su capacidad destructiva en el poroto almacenado y su resistencia a condiciones adversas. Dado que el control químico convencional presenta severas limitaciones derivadas de su impacto ambiental y los riesgos críticos para la salud humana (Medina, 2021), resulta imperativo el desarrollo de alternativas sostenibles. En este escenario, los insecticidas botánicos emergen como una solución estratégica y biodegradable, alineada con los principios del manejo integrado de plagas y la seguridad alimentaria. Particularmente, las infusiones de *Clinopodium gilliesii* (Benth.) Kuntze, conocida como “muña muña” se posicionan como una alternativa promisoría por su biodegradabilidad y baja toxicidad reportada para mamíferos (Lizana & Riva, 2021; Allen & Thomas, 2021). No obstante, para que esta opción sea viable, su validación científica debe integrar evaluaciones sistemáticas de seguridad fitotóxica y citotóxica mediante bioensayos estandarizados, garantizando así que las dosis efectivas para el control de la plaga no representen un riesgo para el entorno ambiental.

En este sentido, la determinación de la citotoxicidad utilizando indicadores biológicos sensibles como *Allium cepa* L. (cebolla) y *Lactuca sativa* L. (lechuga) resulta fundamental para validar la seguridad de nuevos insecticidas botánicos. La selección de estos modelos se justifica científicamente por su estandarización internacional, bajo costo y alta sensibilidad, permitiendo una visión integral de la toxicidad. Estos bioensayos proporcionan evidencia directa sobre los efectos potenciales de las concentraciones efectivas, permitiendo detectar desde la inhibición de la germinación hasta daños a nivel celular y alteraciones en el índice mitótico. Evaluar la inocuidad de las infusiones de *C. gilliesii* mediante metodologías estandarizadas, como el test de germinación y el test de *Allium*, asegura que las dosis aplicadas resulten seguras para el entorno agrícola, respaldando su implementación dentro de un marco de manejo integrado de plagas sostenible (Hernández Martínez *et al.*, 2016).

El objetivo general de este trabajo fue evaluar el potencial insecticida de las infusiones de *Clinopodium gilliesii* (Benth.) Kuntze sobre *Acanthoscelides obtectus* (Say) y determinar su seguridad fitotóxica y citotóxica mediante indicadores vegetales. Como objetivos específicos se plantearon: i) evaluar concentraciones citotóxicas en extractos de *C. gilliesii* mediante los indicadores *L. sativa* y *A. cepa*; ii) Determinar la eficacia biológica del extracto mediante el análisis del porcentaje de mortalidad de adultos de *A. obtectus* en condiciones de almacenamiento; y iii) evaluar el comportamiento del insecto adulto en respuesta a la concentración efectiva de *Clinopodium gilliesii* (Benth.) Kuntze .

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar y enfoque de la investigación La presente investigación se ejecutó en el Laboratorio de Análisis Genético de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Jujuy. El estudio se enmarca

dentro del enfoque cuantitativo con alcance exploratorio-descriptivo y comparativo, orientado a evaluar el potencial bioplaguicida de *C. gilliesii* sobre el brúquido del poroto (*A. obtectus*), así como su seguridad toxicológica inicial. El diseño de investigación corresponde al transversal-comparativo, evaluando los efectos de diferentes concentraciones sobre las variables de respuesta biológica: porcentaje de inhibición de germinación en *L. sativa*, índice mitótico (IM) en *A. cepa* y mortalidad de adultos de *A. obtectus*.

Material Vegetal Los ejemplares de la especie vegetal *C. gilliesii* fueron adquiridos en el comercio de plantas medicinales. La denominación y nomenclatura de la especie fue verificada y validada utilizando las bases de datos en línea de la Flora Argentina (Instituto de Botánica Darwinion [IBODA], s.f.a) y el Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur (IBODA, s.f.b).

Para la obtención de las infusiones, se utilizaron erlenmeyers previamente esterilizados en autoclave. Se pesaron las partes aéreas (hojas y flores) de la planta de acuerdo con las concentraciones requeridas para los bioensayos: 5, 15, 30, 40, 80 g L⁻¹ (para el ensayo *L. sativa* y *A. cepa*) 80, 100 y 120 g L⁻¹ (para el ensayo *A. obtectus*). Posteriormente, se añadió agua destilada a temperatura de ebullición sobre el material vegetal pesado y se dejó reposar durante 10 minutos para permitir la extracción de los compuestos activos. Una vez que las soluciones alcanzaron la temperatura ambiente, se procedió a su filtrado para ser utilizadas de manera inmediata en los ensayos de fitotoxicidad, citotoxicidad y actividad insecticida.

A- Evaluación de citotoxicidad con indicadores de *L. sativa* y *A. cepa*.

Tratamientos y Controles: Para el estudio se evaluaron los siguientes tratamientos: Control negativo (agua destilada); Control positivo (EDTA); y cinco concentraciones de infusión acuosa de *C. gilliesii*: 5, 15, 30, 40, 80 g L⁻¹.

Bioensayo en *L. sativa*: Se colocaron veinte semillas en cada caja Petri sobre un disco de papel de filtro saturado con 3 mL de los tratamientos, con cinco repeticiones por tratamiento. Las cajas se incubaron a una temperatura de 22 ± 2 °C durante 120 horas (cinco días). Finalizado el período, se evaluó el porcentaje inhibitorio de germinación

Bioensayo en *A. cepa*: Se utilizaron cinco (5) bulbos de cebolla orgánica por tratamiento, los mismos fueron colocados en recipientes de modo que el disco caulinar quedara inmerso en cada tratamiento. Transcurrido el tiempo de exposición, las raíces se fijaron y se realizó una tinción con orceína clorhídrica aplicando la técnica de aplastado (squash). La evaluación se realizó mediante observación microscópica calculando el índice mitótico (IM), definido como el número de células en división por cada 1.500 células totales observadas en cada repetición

B- Evaluación de la Mortalidad de *A. obtectus*

Material Entomológico Se emplearon brúquidos de la especie *A. obtectus*, criados en laboratorio sobre granos de *P. vulgaris*. La colonia se mantuvo bajo condiciones controladas para asegurar la disponibilidad de individuos para los bioensayos

Unidad Experimental y Diseño Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado. La unidad experimental consistió en cajas de Petri con orificios de ventilación, conteniendo diez brúquidos adultos cada una. El ensayo comprendió un total de veinte unidades experimentales, distribuidas en cuatro tratamientos con cinco repeticiones cada uno. Los tratamientos consistieron en: Control negativo (agua destilada) e infusiones de *C. gilliesii* a concentraciones de 80, 100 y 120 g L⁻¹. Estas concentraciones fueron seleccionadas con el criterio de utilizar la máxima concentración del ensayo de *L. sativa* y *A. cepa* para arriba, el mismo justifica que se realizaron pruebas preliminares con las concentraciones menores a 80 g L⁻¹, las que evidenciaron mortandades inferiores a la CL50.

Procedimiento de Aplicación, Observación Conductual y Evaluación de la Mortalidad Para la aplicación empleó la técnica de contacto sobre superficie tratada. En cada caja de Petri (unidad experimental), se colocó un disco de papel de filtro de dimensiones acordes a la base, el cual fue impregnado uniformemente con 3 mL de la infusión de *C. gilliesii* en sus respectivas concentraciones (80, 100 y 120 g L⁻¹). Una vez que el papel alcanzó una humedad estable, se introdujeron diez adultos de *A. obtectus* por cada una de las cinco repeticiones.

Para cada réplica, se registró el porcentaje de individuos muertos en comparación con el total de brúquidos expuestos a las 24 horas posteriores a la aplicación. De manera complementaria, se llevó a cabo un registro sistemático de las alteraciones etológicas y morfofisiológicas mediante observación directa de los ejemplares en cada unidad experimental.

Las observaciones se realizaron con una frecuencia periódica a las 1, 6, 12 y 24 horas tras el inicio del tratamiento, utilizando una lupa estereoscópica para el detalle morfológico. Se evaluaron cualitativamente las siguientes variables y criterios:

Locomoción: Se registró la presencia de coordinación motriz, movimientos erráticos y niveles de actividad general.

Afectación neuromuscular: Se detectó la presencia de temblores musculares o espasmos.

Cambios físicos macroscópicos: Se evaluó la turgencia del tegumento (signos de desecación) y la opacidad en el brillo de los ojos compuestos.

Criterio de mortalidad: Se consideraron como individuos muertos a aquellos ejemplares que presentaron inmovilidad total y ausencia de respuesta ante estímulos mecánicos externos realizados con un pincel de cerdas finas.

Todas estas observaciones se realizaron en comparación constante con los individuos del grupo control negativo para validar que las alteraciones detectadas fueran inducidas exclusivamente por el extracto de *C. gilliesii* y no por factores ambientales del ensayo.

Análisis estadístico de los datos Los datos fueron analizados con el software Infostat versión 2020 (Di Rienzo et al., 2020). Se evaluaron los supuestos de normalidad (Shapiro-Wilks) y homocedasticidad (Levene). Dado que los datos no cumplieron con los supuestos paramétricos, se empleó la prueba de Kruskal-Wallis y un análisis de comparaciones múltiples, considerando un nivel de significancia de $p < 0,05$.

RESULTADOS

A- Bioensayo en *L. sativa* y *A. cepa* en *C. gilliesii*: Efecto de los Tratamientos en el porcentaje de inhibición en la germinación y el índice mitótico

El análisis estadístico mediante la prueba de Kruskal-Wallis reveló diferencias altamente significativas entre los tratamientos para ambos bioindicadores vegetales (Tabla 1). En el ensayo de *L. sativa* L., se evidenció un efecto diferencial sobre la inhibición de la germinación ($H = 31,59$; $p < 0,0001$), lo que indica que al menos una de las concentraciones evaluadas difiere estadísticamente de las demás. De manera similar, en el bioensayo de *A. cepa* L., la prueba confirmó que la concentración del extracto de *C. gilliesii* afecta significativamente la actividad mitótica en las células meristemáticas ($H = 32,16$; $p < 0,0001$), demostrando un impacto directo del extracto sobre la proliferación celular en este modelo.

En cuanto a los resultados de fitotoxicidad en *L. sativa* L., no se observaron diferencias significativas entre el control negativo (C-) y las concentraciones de 5 g L⁻¹ y 15 g L⁻¹ (Grupo A), lo que demuestra que, a bajas concentraciones, el efecto inhibitorio del tratamiento no es superior al del control negativo (C-), manteniendo niveles mínimos de inhibición de la germinación. Por su parte, para la variable Índice Mitótico (IM) en *A. cepa* L., el control negativo (C-) presentó un IM del 16,00%, valor representativo de la tasa de proliferación celular en condiciones normales. De manera consistente con el ensayo de germinación, la concentración más baja evaluada (5 g L⁻¹) mostró un IM de 15,6% sin diferencias significativas respecto al control.

En el bioensayo de fitotoxicidad con *L. sativa* L., la dosis de 30 g L⁻¹ exhibió un comportamiento de inhibición intermedia, situándose en un grupo de significancia solapado (Grupo AB). Esta posición estadística indica que su efecto fue superior al registrado en las concentraciones basales (5 y 15 g L⁻¹), aunque resultó significativamente menor al de los tratamientos C+. 40 y 80 g L⁻¹. De manera concordante, los resultados de citotoxicidad en *A. cepa* L. revelaron que a concentraciones de 15 g L⁻¹ y 30 g L⁻¹ se produjeron índices mitóticos (IM) de 10,40% y 3,80%, respectivamente. Ambos valores se agruparon en una misma categoría estadística (Grupo B) y resultaron significativamente inferiores al control negativo (IM = 16,00%).

En cuanto a las concentraciones de 40 g L⁻¹ y 80 g L⁻¹ en el ensayo de *L. sativa* L., estas no presentaron diferencias significativas entre sí y resultaron estadísticamente tan efectivas como el control positivo (C+) para inhibir la germinación. Estos niveles de respuesta evidencian una elevada fitotoxicidad sobre el bioindicador a dichas dosis. De manera análoga, en el modelo de *A. cepa* L., estas mismas concentraciones indujeron una marcada reducción del índice mitótico (IM), registrando valores de 1,98% y 1,04%, respectivamente. Dichos tratamientos se integraron al Grupo A junto con el control positivo (C+, IM = 1,94%), conformando el conjunto con la menor actividad mitótica y diferenciándose significativamente tanto del control negativo como de las dosis inferiores. Este comportamiento confirma la inducción de un efecto citotóxico severo en el meristemo radicular a partir de los 40 g L⁻¹.

Tabla 1: Medidas descriptivas del “porcentaje de inhibición en la germinación” en *L. sativa* e “índice mitótico” en *A. cepa* a diferentes concentraciones de “*C. gilliesii*”. El análisis estadístico muestra la diferencia de los tratamientos, con un p-value < 0,0001.

Tratamiento	N	Ensayo de <i>L. sativa</i> porcentaje de inhibición en la germinación				Ensayo de <i>A. cepa</i> índice mitótico			
		Medias	D.E	Medianas	H	Medias	D.E	Medianas	H
15	5	11,80	5,59	10,00	31,59	10,40	1,82	11,00	32,16
30	5	72,20	2,28	72,00		3,80	0,49	3,90	
40	5	87,60	2,61	88,00		1,98	0,20	1,90	
5	5	3,00	4,47	0,0		15,60	1,14	16,00	
80	5	96,00	1,22	96,00		1,04	0,05	1,00	
C-	5	2,00	4,47	0,0		16,00	1,58	16,00	
C+	5	87,20	1,79	86,00		1,94	0,11	1,90	

L. sativa, porcentaje de inhibición en la germinación

Trat.	Medias	Ranks			
C-	2,00	5,50	A		
5	3,00	6,40	A		
15	11,80	12,10	A		
30	72,20	18,00	A	B	
C+	87,20	25,20		B	C
40	87,60	25,80		B	C
80	96,00	33,00			C

A. cepa, índice mitótico

Trat.	Medias	Ranks				
80	1,04	3,00	A			
C+	1,94	10,40	A	B		
40	1,98	10,60	A	B		
30	3,80	18,00		B	C	
15	10,40	23,00		B	C	D
5	15,60	30,10			C	D
C-	16,00	30,90				D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

En concordancia con el análisis estadístico, los resultados representados en el Gráfico N° 1 evidencian una marcada relación dosis-respuesta en el bioensayo con *L. sativa* L. El porcentaje de inhibición de la germinación se incrementó de manera consistente con la concentración del tratamiento, ascendiendo desde un 3,00% en la dosis de 5 g L⁻¹ hasta alcanzar un 96,00% a 80 g L⁻¹. Esta tendencia monotónica creciente fue validada por el análisis de agrupamiento, que permitió ordenar secuencialmente los tratamientos según su grado de fitotoxicidad sobre el indicador.

De manera análoga, la evaluación del índice mitótico (IM) en *A. cepa* L. expuesto a las infusiones de *C. gilliesii* reveló un claro efecto dosis-dependiente (Gráfico N° 2), donde el incremento en la concentración se asoció con una disminución progresiva de la actividad mitótica. El control negativo (C-) registró un IM de 16,00%, valor que representa la tasa basal de proliferación celular en condiciones normales para el meristemo radicular. La concentración de 5 g L⁻¹ mostró un IM de 15,60%, sin diferencias significativas respecto al control, lo que sugiere que a esta dosis el extracto no ejerce efectos citotóxicos aparente. Sin embargo, a medida que la concentración aumentó, se observó una reducción significativa del IM. Esta tendencia se acentuó drásticamente a 30 g L⁻¹, donde el IM se redujo a 3,80%, evidenciando un impacto citotóxico considerable. Finalmente, las concentraciones de 40 y 80 g L⁻¹ indujeron los valores más bajos de actividad mitótica, con 1,98% y 1,04% respectivamente. Estos registros resultaron incluso inferiores a los del control positivo (C+, 1,94%), lo que demuestra un efecto citotóxico severo a dosis elevadas.

En conjunto, los resultados confirman que el extracto de *C. gilliesii* posee una actividad citotóxica sobre el sistema meristemático de *A. cepa* de carácter dosis-dependiente, con un umbral de acción situado entre los 5 y 15 g L⁻¹, y una eficacia máxima a partir de los 40 g L⁻¹.

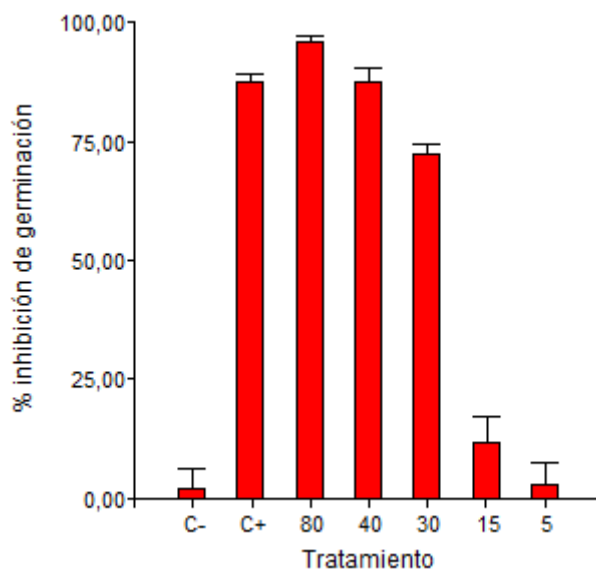


Gráfico 1: Citotoxicidad *C. gilliesii* a diferentes concentraciones sobre *L. sativa*

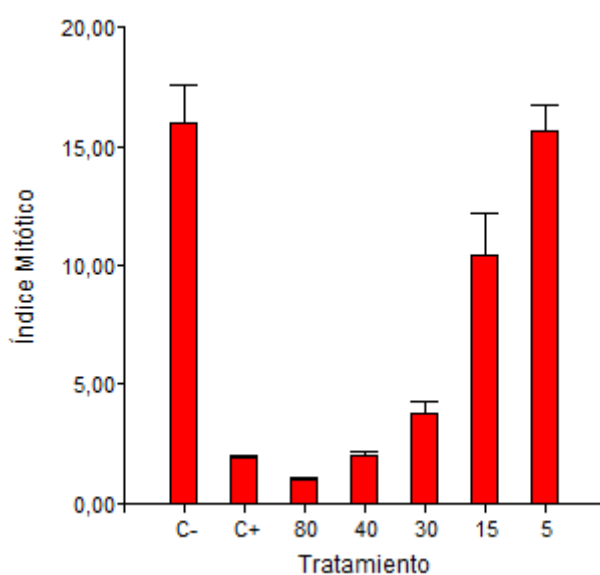


Gráfico 2: Porcentaje de citotoxicidad o índice mitótico en *A. cepa* sometido a diferentes concentraciones de *C. gilliesii*

B-Evaluación de la Mortalidad de *A. obtectus*

La infusión de *C. gilliesii* demostró una actividad insecticida significativa y dosis-dependiente sobre *A. obtectus* ($H = 19,95$; $p = 0,0005$). Los resultados revelan una correlación directa entre el incremento de la concentración y el porcentaje de mortalidad a las 24 horas de exposición (Gráfico N°3), partiendo de una mortalidad basal nula en el control negativo (C-) 0,40% hasta alcanzar niveles máximos en los tratamientos superiores (Tabla N° 2).

La concentración de 80 g L⁻¹ mostró una efectividad limitada 16,00% sin diferencias estadísticas respecto al control, las concentraciones de 100 g L⁻¹ y 120 g L⁻¹ indujeron una respuesta biológicamente relevante, eliminando al 58,00% y 84,00% de la población, respectivamente.

Estadísticamente, la concentración de 120 g L⁻¹ conformó el grupo de máxima eficacia (Grupo C), diferenciándose significativamente de la base experimental y de la dosis de 80 g L⁻¹. Estos hallazgos posicionan a las concentraciones más elevadas como herramientas eficaces para la interrupción del ciclo biológico del imago antes de la colonización irreversible del grano

Tabla 2: Porcentaje de mortalidad de *A. obtectus* expuesto a diferentes concentraciones de la infusión de *C. gilliesii* a las 24 horas, incluyendo estadísticos descriptivos y grupos de significancia (prueba de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$).

Tratamiento	N	Medias	D.E	Medianas	H	P
100	5	58,00	10,95	60,00	19,95	<0,0005
120	5	84,00	25,10	90,00		
80	5	16,00	5,48	20,00		
C-	5	0,40	0,55	0,00		

Trat.	Medias	Ranks		
C-	0.40	3,00	A	
80	16,00	8,00	A	B
100	58,00	17,00		B
120	84,00	21,20		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

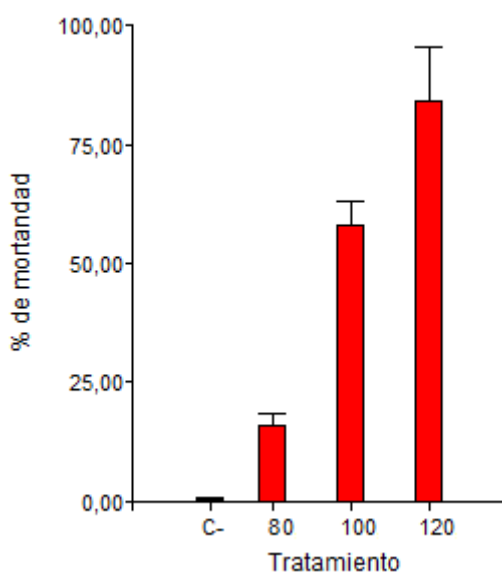


Gráfico 3: Porcentaje de mortandad de *A. obtectus* expuesto a diferentes concentraciones de la infusión *C. gilliesii* a las 24 horas de exposición.

Evaluación del comportamiento de *A. obtectus* en respuesta a la concentración efectiva de *C. gilliesii*

Los ejemplares de *A. obtectus* expuestos al extracto de *C. gilliesii* en condiciones de laboratorio mostraron una sintomatología claramente distinguible. Inmediatamente después de la aplicación del tratamiento, se observaron alteraciones comportamentales caracterizadas por pérdida de coordinación motriz, locomotividad errática y disminución progresiva de la actividad, hasta alcanzar un estado de inmovilidad total. Simultáneamente, se presentaron temblores musculares generalizados y espasmos progresivos, horas posteriores a la exposición experimentaron un acelerado proceso de desecación, evidenciado por la pérdida total de turgencia y una notable palidez del tegumento. Adicionalmente, se registró una marcada alteración morfológica a nivel ocular: el característico brillo del ojo compuesto presente en individuos no tratados se tornó completamente opaco en los organismos expuestos (Figura N° 1). En contraste, los individuos del grupo control negativo (no expuestos al extracto) permanecieron sin alteraciones morfológicas, fisiológicas ni comportamentales durante todo el período de observación, manteniendo su locomoción normal, turgencia, coloración y brillo ocular característicos.

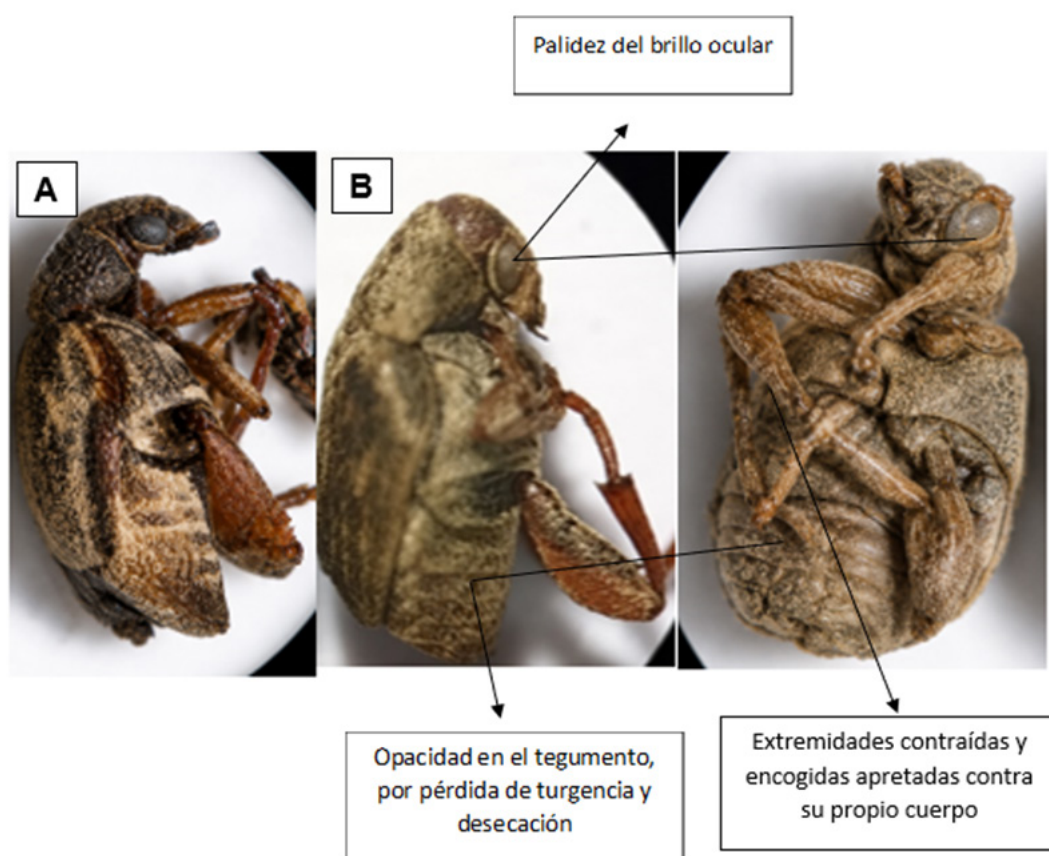


Figura 1: Fotografías de adultos de *A. obtectus* (escala 1mm): A) normal (tratamiento control), B) Efecto del extracto de *C. gilliesii* en condiciones de laboratorio, mostrando desecación completa, palidez del tegumento, opacidad ocular y extremidades contraídas.

DISCUSIÓN

La convergencia de resultados entre ambos bioensayos vegetales resulta particularmente relevante tanto en *L. sativa* como en *A. cepa*, la concentración de 5 g L⁻¹ se identificó como un umbral de seguridad biológica, sin efectos significativos sobre la germinación ni la proliferación celular. Esta consistencia entre una especie dicotiledónea (*Lactuca*) y una monocotiledónea (*Allium*) fortalece la validez de los hallazgos y sugiere que los mecanismos de toxicidad del extracto operan a nivel celular de manera transversal en

el reino vegetal (Fiskesjö, 1985).

En el bioensayo de fitotoxicidad sobre *L. sativa*, la infusión de *C. gilliesii* en dosis bajas del extracto no compromete la viabilidad de las semillas. Este comportamiento es consistente con lo reportado por Bogatek et al. (2006), quienes documentaron que extractos vegetales ricos en metabolitos secundarios pueden exhibir efectos alelopáticos dosis-dependientes, donde concentraciones subletales no afectan la germinación mientras que dosis elevadas interfieren con procesos fisiológicos como la actividad enzimática y la permeabilidad de las membranas seminales.

Paralelamente, el ensayo de citotoxicidad en *A. cepa* reveló que el extracto de *C. gilliesii* afecta significativamente la actividad mitótica en células meristemáticas con una reducción progresiva del índice mitótico (IM) al aumentar la concentración de *C. gilliesii*. Esta fuerte inhibición de la división celular podría estar vinculada a mecanismos como la interferencia en la síntesis de ADN, alteraciones en el huso mitótico o la inducción de procesos de muerte celular programada. Esta respuesta es comparable con los hallazgos de Fiskesjö (1985) y Andrioli & Mudry (2011), quienes establecieron que la reducción del IM en *A. cepa* constituye un biomarcador sensible de toxicidad, asociado a mecanismos como la interferencia en la síntesis de ADN, la inhibición de la polimerización de microtúbulos o la inducción de estrés oxidativo.

Respecto a la actividad insecticida sobre *A. obtectus*, la infusión de *C. gilliesii* exhibió un efecto letal dosis-dependiente ($H = 19,95$; $p = 0,0005$). Las concentraciones de 100 y 120 g L⁻¹ indujeron los niveles de mortalidad más elevados, con valores de 58,00% y 84,00% respectivamente. La dosis de 120 g L⁻¹ se consolidó como la de máxima eficacia (Grupo C), superando significativamente al resto de los tratamientos. La sintomatología detectada caracterizada por; pérdida de coordinación motriz, temblores y espasmos proporciona evidencia de un efecto neurotóxico, complementado por un proceso posterior de desecación y pérdida de turgencia. Estas alteraciones morfofisiológicas sugieren que el extracto de *C. gilliesii* induce la muerte del insecto mediante una disfunción neuronal y cambios críticos en la permeabilidad cuticular.

El análisis integrado de los tres ensayos permite identificar la ventana de concentraciones con potencial aplicación biotecnológica. Si bien las evaluaciones de seguridad en *L. sativa* y *A. cepa* se realizaron hasta un máximo de 80 g L⁻¹, la marcada tendencia dosis-dependiente observada permite inferir que las concentraciones de 100 y 120 g L⁻¹ mantienen un perfil de alta fitotoxicidad y citotoxicidad, considerando que a 80 g L⁻¹ ya se registró una inhibición de la germinación del 96,00% y una reducción severa del índice mitótico al 1,04%.

Bajo este escenario, la concentración de 100 g L⁻¹ emerge como el candidato óptimo para el manejo de la plaga, no por una baja toxicidad vegetal, sino por ser el umbral de eficacia biológica: es la dosis mínima evaluada que logra una mortalidad superior al 50% (58,00%) en *A. obtectus*, superando significativamente la efectividad limitada (16,00%) observada a 80 g L⁻¹. Por su parte, la concentración de 120 g L⁻¹ ofrece la máxima capacidad disruptiva con un 84,00% de mortalidad.

Este patrón de bioactividad del género *Clinopodium* se sustenta en la presencia de metabolitos secundarios como timol, carvacrol, p-cimeno y γ -terpineno, cuya actividad insecticida sobre coleópteros mediante mecanismos neurotóxicos y alteración de la cutícula ha sido ampliamente documentada (Ebadollahi, Ziaee & Palla, 2020). La presencia de estos compuestos en *C. gilliesii* ha sido reportada previamente por Viturro et al. (2007) y Massuh et al. (2017), lo que refuerza la hipótesis de que los efectos letales y las alteraciones conductuales observadas (pérdida de coordinación y desecación) son atribuibles a la fracción volátil y a los terpenos del extracto.

Futuras líneas de investigación deberán trascender el tamizaje inicial para enfocarse en la estandarización y escalabilidad del biopesticida. Resulta prioritario caracterizar el perfil fitoquímico de los extractos para correlacionar la abundancia de metabolitos secundarios con la eficacia observada, garantizando así la estabilidad biológica del producto. Asimismo, para su transferencia al manejo

integrado de plagas, es imperativo determinar la persistencia de la infusión en condiciones reales de acopio y su inocuidad sobre la fauna benéfica; estas validaciones a mayor escala permitirán consolidar a *C. gilliesii* como una alternativa competitiva y sustentable frente a los insecticidas sintéticos tradicionales

CONCLUSIONES

El presente estudio demuestra que la infusión de *Clinopodium gilliesii* (Benth.) Kuntze posee una actividad insecticida eficaz contra *Acanthoscelides obtectus* (Say), actuando mediante un efecto dosis-dependiente que induce alteraciones neurotóxicas y un proceso de desecación en los ejemplares tratados. Se propone su implementación como una herramienta estratégica para la etapa de poscosecha, específicamente orientada a la protección de granos de poroto (*Phaseolus vulgaris* L.) durante el almacenamiento, fase en la cual esta plaga representa la mayor amenaza económica.

La evaluación integral con indicadores vegetales permitió determinar que, si bien existe un umbral de seguridad biológica a concentraciones bajas, la dosis de 100 g L⁻¹ constituye el balance óptimo para el manejo del insecto en almacén, logrando una mortalidad del 58,00% con un perfil de seguridad toxicológica aceptable. Estas evidencias validan la viabilidad de la "muña muña" como un bioplaguicida botánico para el tratamiento de granos almacenados, alineado con los principios del manejo integrado de plagas y el desarrollo agrícola sostenible, aportando una alternativa científica frente a las limitaciones del control químico convencional en la cadena de poscosecha.

AGRADECIMIENTO

A la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Jujuy (UNJu) por brindar el espacio físico y el equipamiento del Laboratorio de Análisis Genético (LAG) para el desarrollo de los ensayos de esta investigación. Asimismo, se agradece a las cátedras de Genética y de Bioestadística y Diseño Experimental por el apoyo institucional y técnico brindado durante la ejecución del trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen, D., & Thomas, L. (2021). Bioplaguicidas de origen vegetal: una alternativa sostenible a los insecticidas sintéticos. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 23(2), 115-130.
- Andrioli, N. B. & Mudry, M. D. (2011). "Efectos citológicos y citogenéticos inducidos por tiabendazol en los meristemas de la raíz de *Allium cepa*" BAG - *Journal of Basic and Applied Genetics*. 22(2),17-23
- Armenta López, C. (2024). Estrategias sostenibles para el manejo de plagas agrícolas en América Latina. *Revista Latinoamericana de Agroecología*, 12(1), 55-70.
- Bogatek, R., Gniazdowska, A., Zakrzewska, W., Oracz, K., & Gawroński, S. W. (2006). Efectos alelopáticos de extractos de girasol sobre la germinación de semillas y el crecimiento de plántulas de mostaza. *Biologia Plantarum*, 50(1), 156-158.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2020). InfoStat versión 2020. Córdoba, Argentina: Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Recuperado de: <http://www.infostat.com.ar>.
- Ebadollahi, A., Ziaee, M. & Palla, F. (2020). Aceites esenciales extraídos de diferentes especies de plantas de la familia Lamiaceae como posibles bioagentes contra diversas plagas perjudiciales. Biblioteca

- Nacional de medicina. <https://doi.org/10.3390/molecules25071556>
- Fiskesjö, G. (1985). The *Allium* test as a standard in environmental monitoring. *Hereditas*, 102(1), 99-112. <https://doi.org/10.1111/j.1601-5223.1985.tb00471.x>
- Gallardo, C., Tapia, S., Agostini S., Medina O. D. (2022). Zoología agrícola. Los insectos: una mirada desde las Ciencias Agrarias. Primera parte.
- García, M. L., Pérez, C. D., & Salcedo, M. A. (2020). Dinámicas productivas agrícolas en América Latina: desafíos y oportunidades. *Revista de Economía Agraria y Recursos Naturales*, 20(2), 45-62.
- Hernández Martínez, E. M., Carrazana García, D. I., Martínez Suarez, B., Madrigal Gutierrez, W. & Aguila Jiménez, E. (2016). Ecotoxicidad aguda en semilla de *Lactuca sativa*. *Revista Toxicol.* Disponible en <https://rev.aetox.es/wp/wpcontent/uploads/2016/07/33.1.10.pdf>
- Instituto de Botánica Darwinion. (s.f.a). Flora Argentina: Plantas Vasculares de la República Argentina. Recuperado de: <http://www.floraargentina.edu.ar>
- Instituto de Botánica Darwinion. (s.f.b). Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur. Recuperado de: <http://www.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina/Generos.asp>
- Lizana, P., & Riva, A. (2021). Potencial insecticida de aceites esenciales de plantas medicinales: avances y perspectivas. *Revista Iberoamericana de Fitoprotección*, 9(2), 65-84.
- Massuh, Y., Torres, L. E., Ocaño, S. F., Bruentti, P., Chaves, A. G., Zygadlo, J. A. ... Ojeda, M. S. (2017). Generación y caracterización de una población de *Tagetes minuta* de base genética amplia: Obtención de individuos seleccionados. *Phyton. International Journal of Experimental Botany*, 86, 214-223.
- Medina, J. P. (2021). Impacto del uso de agroquímicos en la salud y el ambiente rural. *Revista de Toxicología Ambiental y Salud Pública*, 15(2), 33-47.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. (2023). Informe anual de producción de legumbres 2021/22. Gobierno de Argentina. Disponible en <https://www.magyp.gob.ar>
- Permuy Abeleira, Nénsida, Chaveco Pérez, Orlando, González Ferrer, Jorge, García Sánchez, Evelio, & Hidalgo Figueroa, Noel. (2008). Pérdidas de grano de frijol común en un sistema de almacenamiento tradicional. *Agricultura técnica en México*, 34(1), 91-100. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172008000100011&lng=es&tlng=es.
- Vituro, C. I., Molina, A. C., & Heit, C. (2007). Evaluación de la composición de los aceites esenciales de *Satureja boliviana*, *S. odora* y *S. parvifolia*, obtenidos de colectas en Tucumán, Argentina. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 6(5), 254-255.

ARBOLADO URBANO: IMPORTANCIA, INCONVENIENTES Y SU MANEJO EN AVENIDA SNOPEK

URBAN TREE COVER: IMPORTANCE, CHALLENGES AND MANAGEMENT ON SNOPEK AVENUE

Céspedes, S.¹, Caihuara, H.² y Gaspar, S.³

¹ Cátedra de Aprovechamiento Forestal. Sede San Pedro. Facultad de Ciencias Agrarias, UNJu

² Centro Científico Tecnológico. Conicet. Salta-Jujuy

³ Cátedra de Botánica sistemática y fitografía. Facultad de Ciencias Agrarias, UNJu

***Autor para correspondencia:**
silviacespedes@fca.unju.edu.ar

RESUMEN

Período de Publicación:
Junio 2026

Historial:
Recibido: Septiembre 2025
Aceptado: Marzo 2026

Los árboles han constituido históricamente un componente esencial de las ciudades, ya que aportan beneficios ambientales, sociales y paisajísticos que inciden directamente en la calidad de vida de la población. Sin embargo, en numerosos espacios urbanos se observan prácticas inadecuadas en la plantación, el manejo y el mantenimiento del arbolado, lo que genera diversas problemáticas, como riesgos para la seguridad pública y conflictos con la infraestructura urbana, especialmente con el tendido eléctrico. En este contexto, una gestión deficiente del arbolado urbano puede transformar a los árboles en obstáculos, en lugar de consolidarlos como elementos funcionales y beneficiosos del espacio urbano. La presente investigación tiene como objetivo evaluar el manejo del arbolado urbano en la Avenida Snopek (Avenida Forestal y Avenida Valle Grande), ubicada en el barrio Alto Comedero de la ciudad de San Salvador de Jujuy, con el fin de identificar las principales problemáticas vinculadas a su mantenimiento. La metodología adoptada es de enfoque cualitativo, basada en la técnica de observación directa. A través de esta técnica se relevaron el estado general del arbolado urbano, las prácticas de poda y mantenimiento, los conflictos con la infraestructura urbana, las condiciones del sitio de plantación, la presencia de riesgos para la seguridad pública, así como la diversidad y distribución de las especies presentes. En una primera etapa se realizó la recopilación y análisis de material bibliográfico y normativo correspondiente a la legislación nacional, provincial y a las ordenanzas municipales relacionadas con el arbolado urbano. En una segunda etapa se llevó a cabo el trabajo de campo en el área de estudio, complementado con el registro fotográfico de los ejemplares y un recorrido por el vivero municipal, con el objetivo de conocer aspectos vinculados a su gestión. Los resultados obtenidos evidencian que la gestión realizada por la delegación municipal del barrio no responde de manera adecuada a las necesidades de crecimiento y desarrollo del arbolado urbano, lo que se manifiesta en prácticas de manejo y mantenimiento inadecuadas. Asimismo, la ausencia de una normativa más específica y rigurosa dificulta la consolidación de un hábitat urbano saludable, que compromete los servicios ecosistémicos

que brinda el arbolado y generando impactos negativos en el ambiente urbano. En este sentido, el trabajo aporta elementos relevantes para la sensibilización social y destaca la necesidad de promover instancias de capacitación que fortalezcan una gestión responsable, eficiente y sustentable del arbolado urbano.

Palabras clave: arbolado urbano, gestión municipal, mantenimiento urbano.

SUMMARY

Trees have historically been an essential component of cities, since they provide environmental, social and landscape benefits that directly affect the quality of life of the population. However, in numerous urban spaces, inadequate practices are observed in the planting, management and maintenance of trees, which generates various problems, such as risks to public safety and conflicts with urban infrastructure, especially with power lines. In this context, poor management of urban tree cover can transform trees into obstacles, instead of consolidating them as functional and beneficial elements of urban space. The objective of this research is to evaluate the management of urban trees on Snopek avenue (Forestal avenue and Valle Grande avenue), located in Alto Comedero neighborhood of San Salvador de Jujuy city, to identify the main problems linked to its maintenance. The methodology adopted is a qualitative approach, based on the direct observation technique. Through this technique, the general state of urban trees, pruning and maintenance practices, conflicts with urban infrastructure, conditions of the planting site, the presence of risks to public safety, as well as the diversity and distribution of the species present were surveyed. In a first stage, the compilation and analysis of bibliographic and regulatory material corresponding to national and provincial legislation and municipal ordinances related to urban tree cover was carried out. In a second stage, field work was carried out in the study area, complemented with the photographic record of the specimens and a tour of the municipal nursery, with the aim of better understanding its management practices. The findings indicate that the management practices implemented by the neighbourhood municipal delegation do not adequately meet the growth and development needs of urban trees, as evidenced by inadequate management and maintenance practices. Furthermore, the lack of more specific and rigorous regulations hinders the development of a healthy urban habitat, thereby compromising the ecosystem services provided by urban trees thus generating negative impacts on the urban environment. In this regard, the work provides valuable insights to public awareness and highlights the need to promote training and capacity-building initiatives that support the responsible, efficient, and sustainable management of urban trees.

Keywords: municipal management, urban maintenance, urban tree cover.

INTRODUCCIÓN

El árbol urbano constituye un elemento esencial del paisaje de las ciudades, ya que brinda múltiples beneficios ambientales, estéticos, paisajísticos, recreativos, sociales y económicos, los cuales son aprovechados de diversas maneras por la población. Su presencia contribuye al bienestar general de los habitantes y lo convierte en un componente integral del espacio urbano. En este sentido, su preservación y manejo adecuado resultan fundamentales para garantizar un desarrollo social y económico sostenible (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MAYDS], 2008).

En los centros urbanos, la vegetación aporta una amplia variedad de bienes y servicios ecosistémicos. Las áreas verdes contribuyen a disminuir la temperatura urbana, actuando como pulmones de la ciudad, y funcionan como filtros naturales al absorber ruidos y contaminantes. Asimismo, mejoran el microclima y protegen la calidad del suelo, el agua, la vegetación y la fauna. A estos beneficios se suma su aporte a la ornamentación y a la estética urbana, fortaleciendo la identidad paisajística de la ciudad (Gareca & Villapardo, 2021).

Por su parte, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (2020) destaca que el arbolado urbano cumple un rol clave en la adaptación y mitigación del cambio climático, especialmente a través de la reducción del efecto de isla de calor. En este marco, Jiménez (2013) define al arbolado urbano como “cualquier vegetal leñoso, plantado o no, que crece en asentamientos humanos” (p. 4), resaltando su presencia tanto en espacios planificados como espontáneos dentro de la ciudad.

Los árboles también desempeñan una función fundamental en la absorción de gases de efecto invernadero, ya que producen oxígeno, capturan dióxido de carbono (CO₂) y albergan una parte significativa de la biodiversidad urbana. Además, proporcionan beneficios psicológicos y contribuyen al confort térmico, especialmente durante los meses de verano, al proteger a la población de la radiación solar y del calor extremo mediante la sombra y el proceso de transpiración (National Geographic, 2023).

A pesar de los múltiples beneficios que ofrecen, los árboles urbanos se desarrollan en espacios altamente intervenidos por la actividad humana, lo que los expone a condiciones adversas. En el entorno urbano deben coexistir con infraestructuras, tendidos eléctricos y de telecomunicaciones, tránsito vehicular y peatonal, y sistemas de drenaje, entre otros factores. En áreas densamente pobladas, estas presiones pueden limitar su crecimiento e incluso provocar su deterioro o muerte. La falta de espacio derivada de la pavimentación, la expansión de la infraestructura y una gestión inadecuada por parte de las autoridades competentes constituyen algunas de las principales problemáticas. Al respecto, Tovar Corzo (2007) sostiene que el arbolado urbano suele quedar relegado a espacios residuales, marginados del desarrollo de la infraestructura, y continúa compitiendo frente al avance constante de las construcciones propias del proceso de urbanización (p. 153).

Finalmente, Kuo y Faber Taylor (como se citó en Gareca & Villapardo, 2021) señalan que la naturaleza suele ser concebida únicamente como un recurso a explotar o como un espacio recreativo, lo que favorece la transformación y degradación del entorno natural. Esta visión genera una progresiva desconexión entre las personas y la naturaleza, dando lugar a espacios urbanos cada vez más hostiles y menos saludables.

La presente investigación se desarrolló en la Avenida Snopek, en el tramo comprendido entre la avenida Forestal y la avenida Valle Grande, ubicada en el barrio Alto Comedero de la ciudad de San Salvador de Jujuy, capital de la provincia de Jujuy (Figura 1). El estudio se centró en analizar la gestión que realiza el municipio capitalino sobre el arbolado urbano presente en dicha zona.

Durante el recorrido por el área de estudio se constató que, en numerosos sectores, las copas de los árboles se desarrollan por encima del tendido eléctrico, situación que genera diversas problemáticas, especialmente durante los períodos de lluvias intensas. Esta condición incrementa el riesgo de

interrupciones en el servicio eléctrico, caídas de cables y posibles daños a transeúntes, además de provocar interferencias del follaje con la circulación peatonal. Asimismo, se identificaron ejemplares que presentan alteraciones en el crecimiento natural del tallo (Figura 5-7), lo cual podría estar asociado a la acción del viento, a prácticas de manejo inadecuadas o a la falta de mantenimiento, entre otros factores.

En este contexto, resulta pertinente abordar esta problemática, ya que un manejo inadecuado y un mantenimiento deficiente del arbolado urbano por parte de las autoridades competentes representan un riesgo potencial tanto para la población como para los animales que transitan por la zona, además de afectar negativamente el hábitat y el desarrollo saludable de los propios árboles.

Objetivo General

Analizar el estado y la gestión del arbolado urbano en la Avenida Snopek del barrio Alto Comedero, en la ciudad de San Salvador de Jujuy, a partir de la observación directa.

Objetivos específicos

- Describir el estado general del arbolado urbano presente en la zona de estudio.
- Identificar los principales problemas y riesgos asociados a un manejo inadecuado del arbolado urbano, especialmente en relación con la infraestructura y la seguridad pública.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el recorrido por el área de estudio se constató la presencia de especies arbóreas nativas y exóticas (Tabla 1), distribuidas a lo largo de la zona analizada (Figura 1). Estas especies cumplen diversas funciones dentro del espacio urbano, tales como la provisión de sombra, la oxigenación del ambiente, la amortiguación de ruidos y la mejora del paisaje urbano, contribuyendo al bienestar general de la población.

Los resultados obtenidos coinciden con lo señalado por Gareca y Villapardo (2021), quienes sostienen que, en los centros urbanos, la vegetación aporta múltiples bienes y servicios ecosistémicos. Según estos autores, las áreas verdes ayudan a regular la temperatura de la ciudad, actúan como pulmones urbanos, funcionan como filtros naturales de contaminantes, absorben ruidos y favorecen la mejora del microclima, además de proteger la calidad del suelo, el agua, la vegetación y la fauna.

Asimismo, se observa concordancia con lo expresado por National Geographic (2023), que destaca la importancia del arbolado urbano durante los meses de verano, cuando las temperaturas elevadas incrementan el riesgo de estrés térmico. En este período, los árboles contribuyen a reducir la radiación solar y el calor extremo mediante la provisión de sombra y el proceso de transpiración, mejorando las condiciones ambientales del entorno urbano.

Más allá de los beneficios ambientales, el arbolado urbano cumple un rol relevante en la ornamentación y la estética de la ciudad, aportando valor paisajístico y favoreciendo la construcción de espacios urbanos más agradables y habitables. En este sentido, su preservación y manejo adecuado resultan fundamentales para garantizar un desarrollo social y económico sostenible, tal como lo señala el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2008).

No obstante, los resultados del relevamiento evidencian que estos beneficios pueden verse limitados cuando no existe una gestión adecuada del arbolado urbano. La falta de planificación y el mantenimiento deficiente afectan el desarrollo saludable de los ejemplares y reducen los servicios ecosistémicos que

estos pueden brindar, lo que refuerza la necesidad de implementar criterios técnicos y ambientales en la gestión municipal del arbolado urbano.

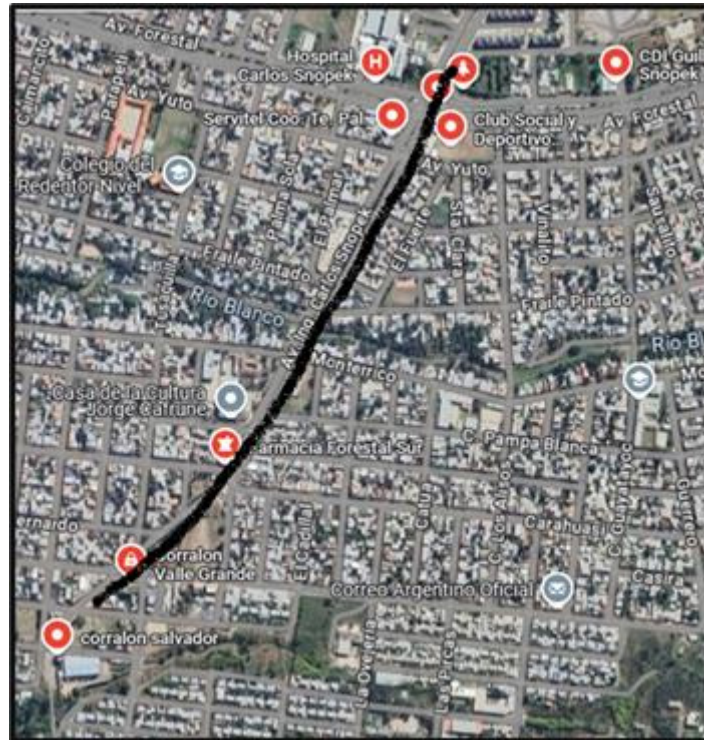


Figura 1: Zona en estudio. Av Snopek (Av. Forestal y Valle Grande).

Tabla 1: Características ornamentales del arbolado urbano presentes en la Av. Snopek

Árbol urbano	Nombre científico	características
Siempre verde*	<i>Ligustrum lucidum</i>	Exótico origen chino: crecimiento acelerado puede llegar a una altura de más de 30 mt. Declarada invasora
Palo borracho	<i>Ceiba speciosa</i>	Nativo de zonas subtropicales. Árbol ornamental. forma singular, sus flores llamativas y su copa densa. Altura entre 12 a 18 mts. copa globosa. Tronco engrosado con aguijones.
Palmera	<i>Trithrinax schizophylla</i>	ornamental
Eucaliptos	<i>Eucaliptus globulus</i>	Exótico origen australiano. árbol ornamental de gran tamaño, con hojas perennes y un fuerte olor. Rápido crecimiento. Puede alcanzar hasta los 25 mts. Tronco recto y robusto. Hojas con propiedades medicinales. Hojas con fuerte olor a mentol.

Paraíso*	<i>Melia azedarach</i>	Origen asiático. Altura hasta 15 mts. crecimiento rápido. copa globosa frondosa. Declarada invasora. Flor delicada y mucha fragancia.
Fresno americano	<i>Fraxinus excelsior</i>	Origen rusia. Árbol robusto. ornamental, proporciona sombra generosa. Planta medicinal
Mora negra	<i>Morus nigra</i>	Sudoeste de Asia, África y norte América. Puede alcanzar hasta los 15 mts de altura. Copa amplia. con bayas oscuras y hojas en forma de corazón.
pezuña de vaca	<i>Bauhinia forficata</i>	Origen Asia. es un árbol ornamental por sus hojas (forma de pezuña de vaca) y flores, que se asemejan a las orquídeas. crece hasta 12 mts. porte mediano. Copa globosa irregular y abierta. propiedades antihemorroidales. Controla los niveles de azúcar en sangre. Reduce los niveles de colesterol y triglicéridos
Jabonero chino	<i>Koelreuteria paniculata</i>	Origen. Asia, china y corea. Altura 15 mts. Crecimiento moderadamente rápido. Soporta el frío intenso. Tiene mucha saponina toda la planta.
Palito dulce	<i>Hovenia dulcis</i>	Origen. Japon. Árbol ornamental. Alcanza hasta los 10 mt de altura. copa redondeada, que se caracteriza por sus flores perfumadas y sus frutos dulces.
Ceibo jujeño Declarada flor nacional Argentina, decreto N° 13.84	<i>Erythrina crista-galli</i>	Origen Sudamérica. 6 a 10 mts. Árbol ornamental. De fuste tortuoso y poco desarrollado, su corteza es de color pardo grisáceo, muy gruesa y muy rugosa. Copa amplia e irregular. Flores color rojo escarlata a naranja.
Lapacho rosado	<i>Handroanthus impetiginosus</i>	Origen. Sudamérica. árbol ornamental de gran porte y vistosa. Flores son grandes, tubulares y rosadas, y aparecen en racimos antes de las hojas. Floración: Florece en primavera, cuando el árbol aún está sin hojas. Copa: Tiene una copa amplia y semiesférica, con ramas abiertas en abanico.

*especies arbóreas declara según municipalidad invasora (no está permitida s entrega al público). debido a que se diseminan rápidamente por los pájaros.

Fuente: elaboración propia con las observaciones del relevamiento y la revisión de material bibliográfico.

Gestión Municipal

La Dirección de Espacios Verdes, dependiente de la Secretaría de Servicios Públicos de la Delegación Municipal del barrio Alto Comedero, es el organismo responsable del mantenimiento de plazas y platabandas, así como de la forestación, conservación y manejo del arbolado urbano en la zona de estudio. Estas acciones se encuentran reguladas por diversas ordenanzas municipales (Ordenanzas N.º 037-22, arts. 3 y 7; 124-90; 2580-94; 6666-14; y 7021-17), las cuales establecen lineamientos específicos para la plantación, el cuidado y la poda del arbolado urbano (Tabla 2).

En este marco normativo, resulta fundamental que dicha Dirección adecue sus prácticas a las disposiciones vigentes, especialmente en lo referido a la identificación y evaluación de problemáticas asociadas al arbolado urbano, tales como el mantenimiento, la poda y la selección de especies apropiadas para el entorno urbano. Asimismo, las ordenanzas contemplan la necesidad de informar a la comunidad acerca de los mecanismos para acceder a plantines de especies ornamentales, promoviendo la participación ciudadana en la forestación urbana.

Las normativas establecen que las tareas de poda de mantenimiento deben ser realizadas exclusivamente por personal municipal capacitado, principalmente durante los períodos de verano e invierno. También se especifican las especies arbóreas recomendadas para la plantación en el espacio público y otros criterios técnicos relevantes. En aquellos casos en que las ramas interfieran con el tendido eléctrico, las ordenanzas disponen que los ejemplares deben ser previamente inspeccionados por los agentes competentes, y que las intervenciones sobre el cableado deben ser ejecutadas por personal autorizado de la empresa prestataria del servicio eléctrico, con la correspondiente autorización de la delegación municipal.

A partir del relevamiento realizado en el área de estudio, se observó un total aproximado de 30 árboles, de los cuales se estimó que entre el 30 % y el 40 % presentan algún grado de interferencia con el tendido eléctrico. Las especies que con mayor frecuencia generan este tipo de conflictos son el palo borracho y el lapacho. Esta situación se asocia principalmente al gran porte que alcanzan estas especies en su estado adulto, sumado a la falta de podas planificadas y realizadas en tiempo y forma, lo que favorece el contacto de las copas con el cableado aéreo.

Si bien el municipio participa en diversos programas nacionales orientados a la plantación y el cuidado del arbolado urbano (Tabla 3), se observó que numerosos ejemplares antiguos no reciben un mantenimiento adecuado (véanse Fotos 5 a 7). La ausencia o el retraso en las tareas de poda provoca un crecimiento excesivo de la copa y, en algunos casos, una distorsión del crecimiento natural del tallo (Foto 6-7), lo que incrementa el riesgo de daños al tendido eléctrico, a los transeúntes y al propio árbol.

Tabla 2: Marco legal: Legislación nacionales-provinciales y ordenanzas municipales

Ley N°25675 del medio ambiente	Establece los presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable.
Ley N°26331 de Bosques nativos	Esta ley permite equilibrar la producción y la preservación de la naturaleza.
Ley Nacional del arbolado urbano N°3263- 2009	Proteger e incrementar el Arbolado Público Urbano, implementando los requisitos técnicos y administrativos a los que se ajustarán las tareas de intervención sobre los mismos.

Ley 4542 de protección del árbol y del bosque	Protege los bosques y los árboles. Establece que los montes naturales son bosques protectores. Declara bosques permanentes a los árboles de parques, plazas, calles, caminos, entre otros. Establece obligaciones como arborizar frentes de casas y terrenos. Establece sanciones para quienes incumplan con la ley.
Ley 6405	Promueve la forestación y reforestación en la provincia, Crea el Programa Provincial “Nace un Niño o Niña, Nace un Árbol (PRONAR)”.
Resolución 81/2009	Establece un régimen provisorio para las solicitudes de trabajos forestales, Incorpora los requisitos mínimos nacionales y contempla las características propias de los bosques nativos de la provincia.
Ordenanza del arbolado público urbano 3905-23 Ordenanza 037-22; 124-90; 2580-94; 6666-14; y 7021-17)	Justifica la extracción de ejemplares del arbolado público urbano en determinados casos. Establece que las especies arbóreas recomendadas para los espacios públicos son prioritariamente las autóctonas del lugar.

Fuente: elaboración propia con datos de boletín oficial Jujuy

Tabla 3: Programas lanzados por la municipalidad

Programa arborización masiva 2024	mejorar el paisaje urbano y contribuir a la absorción de agua en épocas de lluvia, mitigando así los efectos del cambio climático. <i>en vinculación con centro vecinal.</i>
El árbol va a la escuela 2021	fortalecer el compromiso con la naturaleza, promover el cuidado del ambiente, acompañar a cada establecimiento educativo que decida plantar una especie, en todo lo referido a los cuidados, tratamiento y mantenimiento durante toda la etapa de la primaria.
Un árbol para mi vereda 2021	aumentar la cantidad de árboles. reconstrucción de las estructuras verdes, contando con la vegetación autóctona que posee naturalmente la zona.

Fuente: Elaborado con datos del Diario Tribuno Jujuy digital.

Durante el recorrido por el vivero de la Delegación Municipal se observó que el mismo cuenta con un vivero de pequeña escala, en el cual se producen y resguardan plantines de especies arbóreas tanto nativas como exóticas, así como también diversas plantas ornamentales destinadas a jardinería (Figura 2). Los plantines arbóreos son entregados a los vecinos con un límite de hasta dos ejemplares por persona, destinados a su plantación en veredas del espacio público.

En aquellos casos en que se solicite una cantidad superior a 20 plantines, se establece como requisito la presentación de una nota formal dirigida al Director de Espacios Verdes, en la cual se detalle el motivo de la solicitud y el destino previsto de los ejemplares. Asimismo, durante la entrega de los plantines se

informa a los solicitantes sobre la importancia de aplicar cuidados adecuados, incluyendo las tareas de poda necesarias para acompañar y controlar el crecimiento de los árboles.

Por otra parte, las plantas ornamentales destinadas a jardinería poseen un costo de \$2.000 por unidad (Tabla 4). Finalmente, durante el relevamiento se constató que los tubos destinados a sistemas de hidroponía (Figura 3) se encuentran en desuso desde hace varios años, situación atribuida a la falta de insumos necesarios para su correcto funcionamiento.

Las siguientes imágenes corresponden al recorrido del vivero perteneciente a la delegación municipal.



Figura 2: (a) plantín de molle "*Schinus molle*" (b) plantín de lapacho rosado "*Handroanthus impetiginosus*" (c) plantín de uña de vaca "*Bauhinia forficata*" (d) plantín de caibo jujeño "*Erithyna crista-galli*" (e) plantín de Ibira Pita "*Peltophorum dubium*" (f) plantín de pacara "*Enterolobium contortisiliquum*".



Figura 3: Tubos de pvc de hidroponia, en desuso por falta de insumos.

Las imágenes fotográficas (Figuras 5 a 7) muestran el estado actual del arbolado urbano en la zona de estudio y evidencian deficiencias en su mantenimiento, lo que afecta negativamente el ambiente urbano y el desarrollo saludable de los ejemplares. Esta situación se vincula con lo señalado por Kuo y Faber Taylor (como se citó en Gareca & Villapardo, 2021), quienes advierten que una visión reduccionista de la naturaleza contribuye a la degradación de los espacios urbanos y a la pérdida de su calidad ambiental.



Figura 4 y 5: (a)(b)(c) Copas de los árboles obstruyendo los tendidos eléctricos y rozando a los peatones en circulación.



Figura 6: Distorsión del crecimiento natural del tallo.



Figura 7: (a) Caída del árbol en épocas estivales. (b) caída del árbol y daño a vehículo. (c) Caída del cable de la red de alumbrado público. Recuperado del diario digital todo Jujuy.

La siguiente imagen evidencia la charla realizada en lo que respecta al cuidado y mantenimiento del árbol.



Figura 8: Taller de concientización cuido mi árbol-cooperativa de floricultores. Resol FCA- 0949-2024.

CONCLUSIONES

El estudio permitió concluir que, si bien la Delegación Municipal de Alto Comedero se rige por la normativa vigente y participa en programas relacionados con el arbolado urbano, la gestión y el mantenimiento en la zona de estudio resultan insuficientes. A través de observaciones directas y registros fotográficos se identificaron problemas como la falta de poda adecuada, el crecimiento desordenado de los árboles y la interferencia con el tendido eléctrico, lo que genera riesgos para la seguridad y el ambiente urbano.

Asimismo, se evidenció una escasa difusión de las acciones municipales y una limitada participación de la comunidad en el cuidado del arbolado. Estas deficiencias impactan negativamente en la calidad de vida y en los servicios ecosistémicos que brindan los árboles. Por ello, se considera necesario

fortalecer la aplicación de las normativas, mejorar la capacitación del personal y promover instancias de concientización y participación ciudadana.

BIBLIOGRAFÍA

- Gareca, M., & Villapardo, H. (2021). Arbolado urbano y servicios ecosistémicos en ciudades latinoamericanas. Editorial Universidad Nacional.
- Jiménez, J. (2013). El arbolado urbano: Conceptos, funciones y gestión. Instituto de Estudios Ambientales.
- Kuo, F. E., & Faber Taylor, A. (2004). A potential natural treatment for attention-deficit/hyperactivity disorder: Evidence from a national study. *American Journal of Public Health*, 94(9), 1580–1586. <https://doi.org/10.2105/AJPH.94.9.1580>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2008). Lineamientos para la gestión del arbolado urbano. Gobierno de la República Argentina.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2020). Arbolado urbano y cambio climático. Gobierno de Chile.
- National Geographic. (2023). La importancia de los árboles en las ciudades. National Geographic Society.
- Tovar Corzo, G. (2007). Arbolado urbano y desarrollo de la ciudad. Universidad

Agraria