Aves como indicadores de la integridad ecológica de los bosques: un caso de estudio en las serranías centrales de Córdoba

Autor: Martín Barchiesi

Director: Dr. Pablo G. Brandolin

Co-Director: Mg. Cesar O. Núñez

Río Cuarto, junio 2025

Universidad Nacional de Río Cuarto

Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales

Trabajo final para optar al título de Licenciado en Ciencias Biológicas

Tribunal evaluador:

Dr. Pablo Brandolin

Dra. Claudia M. Dellafiore

Dr. Javier Márquez

Río Cuarto, junio 2025

Agradecimientos

Este primer párrafo, sin dudas, se lo quiero dedicar a ella: mi vieja. La que un viernes, sin dudarlo, me insistió en averiguar todo para inscribirme en esta hermosa carrera, a preparar lo justo y necesario en solo un fin de semana, y el lunes salir de viaje. Sin saber la distancia, sin conocer la ciudad ni la universidad, sin alquiler ni cama: solo un colchón, ropa, una mesa, algo de vajilla y la computadora. Todo lo que entraba en un auto. Así llegué a una ciudad desconocida, donde comenzaría mi carrera de grado, sin imaginar los desafíos que eso implicaría. Pero hoy estoy acá, y quiero agradecerte infinitamente por ese primer empujón y tantos otros que me diste. Porque las herramientas, las experiencias, las amistades y el amor que viví en esta etapa me los llevo conmigo para siempre ¡Gracias vieja!

A mi hermano, por ese amor incondicional que siempre me brindaste, incluso en tus propios momentos difíciles, y sí que fueron muchos, estabas ahí para mí, haciéndote más grande y más fuerte si era necesario. El camino no fue fácil, y te vi enfrentar cada batalla con una entereza admirable. Todo eso te convirtió en la persona que sos hoy: alguien que habla desde el corazón, que aconseja como nadie y que está para el otro sin dudar ni cuestionar. Te admiro, hermano.

A mi viejo, que, aunque llegaste a esta familia cuando yo ya era adulto, supiste ganarte tu lugar. Te tocó luchar con todo lo que implica integrarse a una nueva familia: nuestras costumbres, nuestros hábitos y nuestras formas. Todo por estar al lado de la mujer que amas, y eso lo admiro profundamente. Todo este camino te moldeó, porque no sos el mismo que cuando llegaste, pero también nos transformaste a nosotros. Y aunque ya estábamos bastante encaminados, siempre tuviste un consejo, un apoyo, incluso algún reto, por qué no, que nos ayudó a ser una mejor versión de nosotros mismos.

Nunca dude en dedicarle un párrafo a ella, a Vale, porque gran parte de esta carrera la transitamos a la par, una persona de fierro, que siempre te incita a ser mejor, quien me enseño lo hermoso de la complicidad, la lealtad y la entrega desde una arista que no conocía.

A mis amigos, esos amigos que te haces en el transcurso de la carrera, que no se vinculan por una historia común desde la infancia o secundaria, sino algo más profundo, los valores y principios compartidos, pero tantas otras formas de pensar y valorar la vida que te empapan. Siempre comienza por algún grupo de estudio, por estar en la misma

carrera, pero el grupo termina siendo tan diverso como pensamientos uno podría tener. Sin dudas los volvería a elegir.

Un agradecimiento especial a mi universidad, pública y gratuita, en donde conocí docentes de calidad, con vocación, pero también con calidez. Acá no somos un número más, todos tenemos nombre y apellido. Con todos compartí charlas fuera de lo académico, en espacios distendidos, viajes, asados y por qué no alguna bebida espirituosa de por medio. Entre todos destaco a Pablo, mi director, alguien que siempre está dispuesto a compartir sus conocimientos y sus habilidades sin esperar nada a cambio. Con quien compartí varios asados, cervezas, anécdotas y también algún que otro viaje de pajareo, como ese que hicimos a Misiones, El Tunal o Las Peñas, y alguno otro que se me escapa. Gracias por motivarme a conocer el mundo de la ornitología, sin dudas un mundo apasionante del que cada día quiero saber un poco más.

Mira profundamente en la naturaleza y entonces comprenderás todo mejor.
Albert Einstein

Indicé

1. RESUMEN 6
2. INTRODUCCIÓN 7
Objetivo general 9
Objetivos específicos 9
Hipótesis 9
3. METODOLOGÍA 10
Área de estudio 10
Relevamiento de aves 11
Integridad Ecológica 11
Análisis de datos 13
4. RESULTADOS 14
Índice de Biodiversidad Forestal 15
Diversidad de aves 16
Análisis de rarefacción 17
Análisis de Especies Indicadoras (IndVal) 19
Análisis de Correspondencia Canónica 20
5. DISCUSIÓN 23
Limitaciones y adaptaciones del IBF 23
Diversidad de aves 25
Especies Indicadoras 27
Variables ambientales y composición de ensambles 27
6. CONCLUSIONES 28
7. REFERENCIAS 29
Anexo I 35
Anexo II 36

1. RESUMEN

Diferentes formas de alteración de hábitat por parte del hombre han generado, y continúan generando, perdida de bosques y ambientes naturales que, consecuentemente, afecta la biodiversidad nativa que allí hábitat. En el presente trabajo se realizó un relevamiento de aves por puntos de conteo en la localidad de Cañada Del Sauce (Córdoba, Argentina) desde octubre del 2023 a marzo del 2024 con el objetivo de analizar la relación entre la diversidad de aves y la calidad ambiental de fragmentos de bosque. Para esto se asignó a cada sitio de muestreo una categoría de integridad ecológica (Alto, Medio alto, Medio bajo y Bajo) mediante el Índice de Biodiversidad Forestal, y se realizaron censos de aves en cada uno de ellos. Se registro un total de 2437 individuos distribuidos en 84 especies (25 familias) de las cuales 18 son migratorias estivales. Se analizo la riqueza y la diversidad de aves y se obtuvo menores valores en los sitios de categoría Bajo, principalmente asociados a la comuna de la localidad de Cañada Del Sauce, sin diferencias significativas en las restantes tres categorías. También se realizó un Análisis de Especies Indicadoras (IndVal) donde se observaron dos especies indicadoras para los ambientes de calidad Alto, una especie para ambientes de calidad Medio Alto y 5 especies para ambientes de calidad Bajo. Por último, un Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) explico la distribución de las especies indicando que hay un marcando recambio en el ensamble de aves desde ambientes más heterogéneos, con renovales nativos, cobertura del dosel y mayor número de estratos, a ambientes abiertos con mayor cobertura herbácea y con árboles grandes principalmente exóticos, alguno invasores. Estos resultados proveen herramientas esenciales para el monitoreo ambiental en el tiempo permitiendo un mejor entendimiento a la dinámica poblacional de las aves.

2. INTRODUCCIÓN

El cambio de uso de suelo junto con la explotación directa de los organismos, el cambio climático, la contaminación y la invasión de especies exóticas son las principales causas de alteración a nivel global de la naturaleza (IPBES, 2019). Gran parte de la extensión original de los bosques fue modificada por perturbaciones antropogénicas como la agricultura, el sobrepastoreo, la contaminación y el desarrollo urbano. Esto ha llevado a una crítica pérdida de hábitats para la biodiversidad nativa que allí habita y la provisión de servicios ecosistémicos a nivel mundial (Gavier y Bucher, 2004; Curto, 2009; Soberón, 2000; IPBES, 2019; Aranzamendi y Ugarte, 2020).

En Argentina la perdida de bosques ha sido significativa; solo en las selvas subtropicales y el chaco se perdieron casi 3 millones de hectáreas entre los años 1990 y 2000 a una tasa de 0,8% anual (Gavier y Bucher, 2005). En la provincia de Córdoba los bosques nativos originales representaban alrededor del 71,4% de la superficie total (16.532.100 ha) y en el último siglo se perdieron más del 95% de los mismos, quedando actualmente solo el 3,6% (424.914 ha) de la superficie original (Zak *et al.*, 2008). A su vez, las serranías de Córdoba presentan características geográficas y cualidades naturales (serranías, valles, hidrografía y clima) que lo han convertido en un sitio ideal para vacacionar y habitar de forma permanente (Mattioli, 2023), esto ha generado una configuración territorial no planificada. Por otro lado, en la región desde la década del ´50 son comunes las forestaciones de pino (Genero *Pinus spp.*) con fines comerciales (Haro y Gutiérrez, 1992; Denegri *et al.*, 2017) sumado a la presión del sobrepastoreo e incendios de pastizales y bosques (Arana *et al.*, 2013) que siguen afectando negativamente los pocos ecosistemas nativos que aún persisten en la región (Becerra, 2006; Ferri *et al.*, 2009; Natale *et al.*, 2020; Amador-Cruz *et al.*, 2022).

Las diferentes formas de alteración de hábitat como la fragmentación, la tala, la proliferación de claros o cambios estructurales del sotobosque tienen un efecto directo sobre la estructura, composición y función de los ecosistemas nativos (Brandolin *et al.*, 2016; Salas-Correa y Mancera-Rodríguez, 2018). Por estos motivos, es importante focalizar estudios con robustas bases científicas para reconocer el estado de conservación de los remanentes nativos y así direccionar los recursos y toma de decisiones a futuro.

En este sentido, el concepto de integridad ecológica resulta especialmente útil, ya que permite evaluar de manera integral el estado de conservación de un ecosistema. Para este trabajo, adoptamos la definición propuesta en la Ley de Parques Nacionales de

Canadá (Gobierno de Canadá, 2023), que la describe como una condición particular que resume el estado de un ecosistema considerando sus componentes bióticos y abióticos, la riqueza y abundancia de especies nativas, las tasas de cambio y las funciones ecológicas. Aunque aún no existe un consenso definitivo sobre una única definición (Manuel-Navarrete *et al.*, 2001), esta perspectiva proporciona un marco operativo sólido. Sin embargo, debido a la complejidad de medir directamente todas las variables ambientales involucradas en la evaluación de la integridad ecológica (considerando además las limitaciones de tiempo y recursos) diversas disciplinas han desarrollado, basándose en la teoría ecológica, métodos indirectos que permiten inferir aspectos clave de la estructura, el funcionamiento y el estado de conservación de los ecosistemas (Martín-Regalado, 2019). En esta línea, la utilización de grupos taxonómicos como bioindicadores de la salud ambiental e integridad de los ecosistemas, tanto terrestres como acuáticos o aéreos, se ha consolidado como una estrategia eficiente, rápida y económicamente viable para el monitoreo de la calidad ambiental a lo largo del tiempo (Márquez *et al.*, 2019; Gnesutta, 2018; Vargas *et al.*, 2016; Milesi *et al.*, 2002). El estudio de estos grupos busca correlaciones entre los diferentes grados de integridad ecológica en los sitios con la presencia y/o ausencia de determinadas especies o grupos que responden de manera diferencial según los estresores que actúen (Gnesutta 2018; Milesi *et al.,* 2002; Aranzamendi y Ugarte, 2020). Para que una especie o grupo taxonómico sea buen indicador debe presentar una serie de atributos que van desde una amplia distribución y ser abundante, hasta un conocimiento profundo sobre su biología, taxonomía y ser de fácil detección y/o manipulación (Martín-Regalado, 2019).

En este contexto, las aves se caracterizan por ser organismos particularmente sensibles a las diferentes formas de alteración ambiental afectando en mayor o menor medida a todas las especies que por su alta movilidad les permite reaccionar rápidamente a cualquier cambio ambiental (Brandolin *et al.,* 2016; Verga *et al.,* 2018; Aghababyan, 2024). Por tal motivo, la riqueza, abundancia, distribución geográfica, el grado de especialización de las aves y su movilidad las convierten en excelentes indicadores biológicos de la integridad ecológica de los ecosistemas (Ramírez, 2000; Aghababyan, 2024).

A partir de lo expuesto, nos preguntamos como varia la composición de aves en fragmentos de bosques serrano con diferentes grados de alteración en su fisionomía (y por lo tanto en su integridad ecológica); y si especies de aves con características

ecológicas similares responden de manera comparable a dichos cambios en la estructura del hábitat en la localidad de Cañada del Sauce, provincia de Córdoba.

Objetivo general

- Analizar la relación entre los fragmentos de bosque serrano con diferentes grados de integridad ecológica y la diversidad de aves en las serranías centrales de la provincia de Córdoba.

Objetivos específicos

- Identificar fragmentos de bosques con diferentes valores del Índice de Biodiversidad Forestal (IBF) en la localidad Cañada Del Sauce (CDS).
- Conocer como varia la diversidad de aves asociadas a los fragmentos de bosques con diferentes valores de IBF en la localidad de CDS.
- Identificar especies de aves indicadoras de la calidad de los bosques con diferentes valores del IBF en la localidad de CDS
- Identificar grupos de especies que respondan similarmente a cambios en la fisionomía de la vegetación.

Hipótesis

- *La diversidad y composición de los ensambles de aves varía en función de la fisonomía del bosque.* Dado que las aves mantienen una estrecha relación con la estructura del hábitat, se espera que fragmentos de bosque serrano con diferentes niveles de integridad (evaluados mediante IBF) presenten ensambles de aves significativamente distintos.
- La respuesta de las aves a las modificaciones en la calidad del bosque es específica según las características ecológicas de cada especie. Se espera que especies con atributos ecológicos similares respondan de manera comparable a los cambios en la fisonomía del bosque.

3. METODOLOGÍA

Área de estudio

El trabajo se desarrolló al centro-oeste de la provincia de Córdoba (Argentina), en la localidad de Cañada del Sauce ubicada en el Valle de Calamuchita, más específicamente entre los 32º 21’ y 32º 22’ Latitud Sur y los 64°37’ y 64°39’ Longitud Oeste (Figura 1). El sitio se encuentra a una altura entre los 700 y 800 msnm con precipitaciones medias anual de 600 mm y temperaturas medias mínimas de 8°C y media máxima 22°C (https://www.cba.gov.ar/).

El área de estudio se encuentra inmersa en el Distrito Biogeográfico Chaqueño Serrano (Arana *et al.,* 2021), con la presencia de bosques de alto valor de conservación (categoría I y II) protegidos por la ley de Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos N°9814 publicados en el Boletín Oficial de Córdoba el 10 de agosto de 2010. La región se caracteriza por presentar bosques xerófilos con representantes arbóreos de *Lithraea molleoides* (Molle de beber), *Zanthoxylum coco* (Coco), *Vachellia caven* (Espinillo), *Schinus fasciculatus* (Moradillo) , *Celtis tala* (Tala), *Geoffroea decorticans* (Chañar), *Bougainvillea stipitata* (Falso tala), *Condalia Microphila* (Piquillín), *Kageneckia lanceolata* (Durazno de campo); alternándose con matorrales y arbustales donde

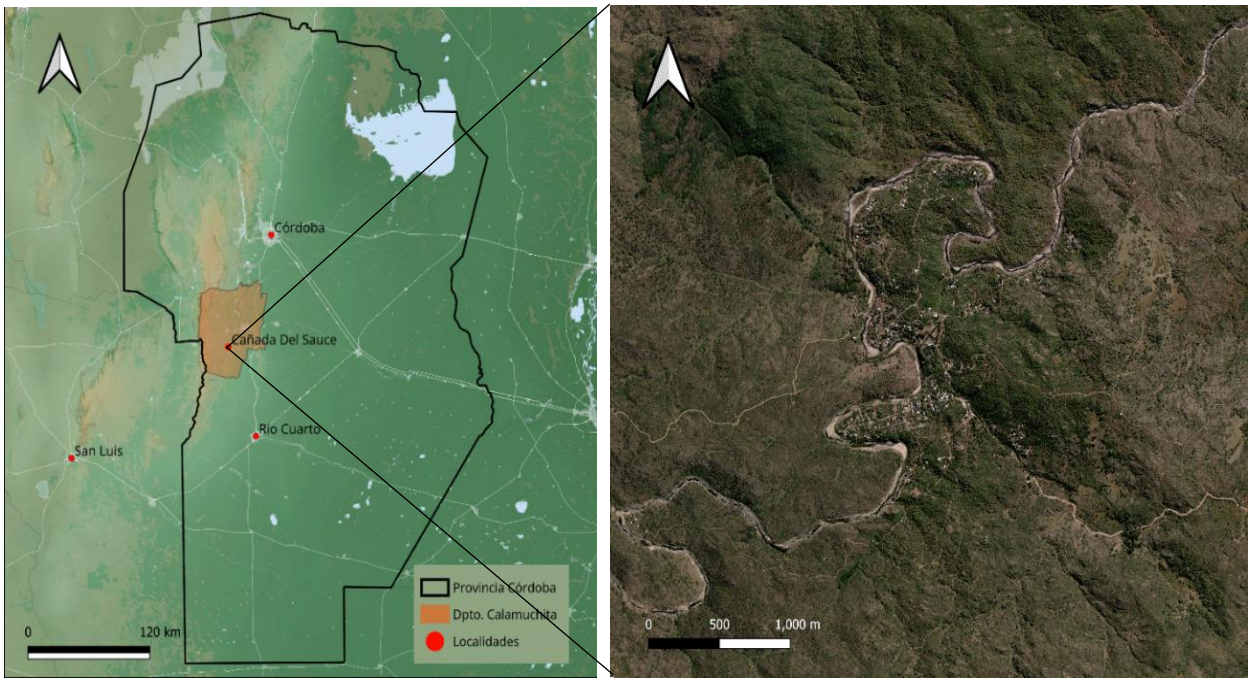

Figura 1: Ubicación geográfica del área de estudio resaltando la localidad de Cañada del Sauce (derecha) en la provincia de Córdoba (izquierda), Argentina.

predominan especies como *Acanthostyles buniifolius* (Chirca), *Baccharis aliena* (Romerillo), *B. articulata, B. cordobensis* (Carqueja), *Solanum sisymbriifolium* (Revientacaballo; Arana *et al.*, 2021) entre otros.

Relevamiento de aves

Para la selección de los sitios de muestreo (Figura 1) se procedió a realizar un premuestreo recorriendo el área de estudio, identificando visualmente y georreferenciando zonas de bosques con aparentes grados de alteración antrópica. Posteriormente con el programa QGIS se delimitaron tres transectas de 20 puntos cada una para el relevamiento de aves. Estas transectas cubrieron la totalidad de condiciones ambientales identificadas y se recorrieron aleatorizando el orden y sentido de las mismas para minimizar sesgos en cuanto a la hora del día de los muestreos.

Los censos de aves se realizaron durante la temporada reproductiva 2023-2024 desde octubre a marzo. Los conteos se realizaron mediante la metodología de escucha y observación por puntos siguiendo las sugerencias propuestas por Ralph *et al*. (1996) y Bibby *et al*. (1998). Cada punto estuvo separado por al menos 100 metros entre ellos con el fin de cubrir la heterogeneidad de hábitats y evitar el posible doble conteo de individuos y se consideró un radio fijo de observación de 25 metros en cada uno. Los conteos se realizaron durante un tiempo de 7 minutos por punto. La observación y registro de aves fue por la mañana entre las 6:15 y 10:30 horas aproximadamente por ser este el horario de mayor actividad de las aves, con una frecuencia mensual. Todos los conteos se llevaron a cabo por el mismo observador (Martín Barchiesi) utilizando binoculares Shilba 8x42 y como guía de identificación Birds of Argentina and the South-West Atlantic (Pearman y Areta, 2022), con apoyo de Merlín app (https://merlin.allaboutbirds.org/). Para la taxonomía de las especies se siguió a Clements *et al.* (2023)

Integridad Ecológica

Para determinar la integridad ecológica de cada sitio utilizamos el Índice de Biodiversidad Forestal (IBF) propuesto originalmente por Meersschaut y Vandekerkhove (2000). Este índice permite cuantificar y escalar la integridad ecológica de un bosque a partir de ciertos atributos de la vegetación y así nominar un gradiente de degradación de la integridad que se extiende desde ambientes prístinos hasta extremos de intervención humana en los ecosistemas (Equihua *et al.*, 2014).

El IBF fue adaptado a las características particulares de los bosques serranos presentes en el área de estudio obteniendo valores de puntuación que variaron de 0 a 73 como máximo (0 a 100 en el IBF original). Su medición se realizó en cuadrantes de 10 × 10 metros y en los casos donde el punto se situaba en un ambiente con diferencias fisonómicas marcadas de vegetación dentro de un punto, se realizaron dos parcelas de 10x10 y se promediaron los valores finales.

El índice contempla cuatro componentes clave del ecosistema forestal: estructura del bosque, capa leñosa, capa herbácea y madera muerta. Cada componente incluye un conjunto de indicadores específicos con ponderaciones asignadas, que fueron evaluados in situ (ver Anexo I).

Estructura del Bosque: está representada por cuatro variables.

- Cobertura del dosel, dada por el porcentaje del área total que está cubierta por la copa de los árboles
- Edad del bosque en años, que puede tomar valores en bloques de 1-60 años, 61-100 años, 101-160 años, >160 años o Edad Desigual.
- Numero de estratos (arbóreo, arbustivo y/o herbáceo) tomando valores de 1, 2 o 3.
- Distribución espacial de los árboles pudiendo encontrarse fragmentos homogéneos, heterogéneo o agrupados.

Capa Leñosa: compuesta por cinco variables

- Riqueza de árboles encontrada en cada cuadrante, a mayor riqueza mayor ponderación siendo un importante indicador de diversidad.
- Numero de árboles Grandes dado por la cantidad de árboles que tengan un diámetro a la altura del pecho (DAP) entre 40 y 80 cm.
- Arboles muy grandes con DAP >80 cm.
- Regeneración natural de árboles nativos (número de renovales nativos) como capacidad del sistema para autoperpetuarse en el tiempo.
- Desvió Estándar (DE) del DAP, a mayor DE mayor variabilidad entre el DAP de los árboles presentes en cada cuadrante y por ende heterogeneidad.

Capa Herbácea: Cobertura total (en porcentaje) del área total.

Madera Muerta (este aspecto se separa en dos, madera muerta en Pie y Caída):

- Numero de árboles grandes, siendo estos árboles en pie con un DAP >40 cm. El interés en esta variable viene por la utilización de la fauna para producir huecos de nidificación o dormidero.
- DE del DAP en centímetros considerando 6 agrupaciones, 10-15 cm, 16-20 cm, 21-25 cm, 26-30 cm, 31-35 cm y >35 cm.
- Número de árboles caídos con DAP >40 cm y con un largo total de 1-4 metros, 5-8 metros y >8 metros. Siendo una variable que permite conocer la disponibilidad de microhábitats para la fauna de menor tamaño y como alimento para la fauna de mayor tamaño.
- Clases diamétricas: 1 (0-10 cm), 2 (10-20 cm), 3 (20-30 cm) y 4 (>30 cm), de los árboles caídos teniendo en cuenta el DAP, a mayor DAP mayor ponderación.

A los resultados obtenidos de IBF para cada punto de muestreo se los relativizó al set de valores particulares obtenidos y a este intervalo se lo dividió en cuartiles: Bajo, Medio bajo, Medio alto y Alto.

Análisis de datos

Con los datos obtenidos a campo y con el objetivo de comparar los ensambles entre los diferentes sitios, se estimó la riqueza total de especies relevadas, riqueza por categoría comparadas a través de un análisis de rarefacción, abundancia total de individuos y abundancia relativa de cada especie con respecto al total, como así también diversidad alfa a través del índice de Shannon para cada categoría del IBF.

Índice de Shannon (H') = $$H' = -\sum_{i=1}^{S} p_i \log_2 p_i$$

Donde Pi = abundancia relativa de la especie i y S = número total de especies

Con el de objetivo de ver la variación en la diversidad aves para los sitios con diferentes categorías del IBF se realizó un Análisis de Especie Indicadora (Dufrêne y Legendre, 1997). Este análisis se realizó con el programa PCORD5 e incluyó la prueba de Monte-Carlo con 10.000 aleatorizaciones con el fin de evaluar la significancia estadística, utilizando solo los datos de aquellas especies que tenían una abundancia total mayor a 25 individuos en todo el relevamiento. Este análisis se basa en el grado de especificidad y de fidelidad (ocurrencia) de esa especie para el hábitat (Martín-Regalado,

2020). La fidelidad de una especie a un hábitat indica que esa especie está muy extendida en esos sitios midiéndose en abundancia relativa de la especie dentro de los sitios, aquellas especies con p-valor <0,05 indican que tienen baja probabilidad de encontrarse con una abundancia similar en alguno de los otros hábitats (Ronchi-Virgolini *et al.*, 2010) y por lo tanto es buena indicadora. A su vez, este análisis arroja un Valor Indicador (IV) el cual representa la capacidad de una especie para indicar su exclusividad para un ambiente, y el IV se obtiene considerando dos componentes principales, la frecuencia de ocurrencia de una especie a los diferentes ambientes y la fidelidad de dicha especie a cada ambiente.

Por último, para poder determinar asociaciones especie específicas con las diferentes variables ambientales medidas con el IBF se realizó un Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) utilizando el paquete Vegan y ggplot2 del programa R studio (v 4.5.0). Este análisis permite evaluar y validar independientemente las asociaciones existentes entre las variables dependientes (abundancia promedio) con las variables independientes (vegetación; Foncea *et al.*, 2023), donde la longitud de las flechas para cada variable de vegetación determina la importancia de dicha variable en la distribución de las especies. Solo se consideración para este análisis aquellas especies que presentaban una abundancia total mayor a 25 individuos (Anexo I).

4. RESULTADOS

En total se establecieron 61 puntos de conteo en los cuales se realizó el relevamiento de aves una vez por mes, desde octubre a marzo (n = 6), excepto 15 puntos del Transecto Lutti que se suspendió en el mes de enero por lluvias (Figura 2). En cada uno de los puntos de relevamiento de aves se aplicó también el IBF (en el mes de marzo) con el fin de escalar la integridad ecológica en cada sitio.

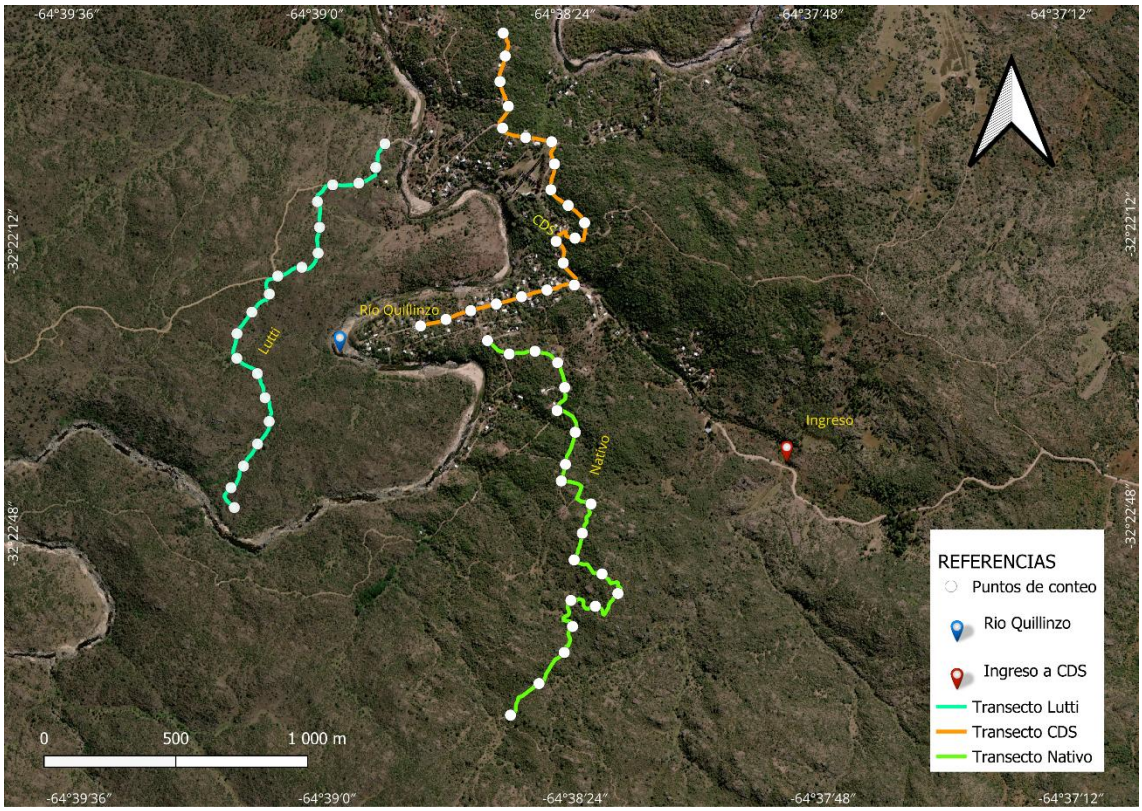

Figura 2. Ubicación de la comuna de Cañada del Sauce, Córdoba. Se destacan los transectos con los puntos de conteo donde se realizaron los censos de aves.

Índice de Biodiversidad Forestal

Los valores de IBF obtenidos van de 12 a 29 puntos de un total posible de 73, lo que indicaría que en general los bosques de la localidad de Cañada del Sauce presentan una integridad ecológica baja para los atributos medidos por este índice. En base a esto y después de relativizar los valores al set de datos obtenidos, los puntos quedaron clasificados en Bajo (n = 10), Medio bajo (n = 19), Medio alto (n = 12) y Alto (n = 20) (Figura 3). Los sitios con valores de índice categorizados como Bajo y Medio bajo se concentran en torno a la zona urbanizada, donde predominan árboles exóticos ornamentales, algunos de ellos invasores, que forman bosques monoespecíficos, como *Ligustrum lucidum* y *Ulmus pumila*, y suelen constituir el único estrato presente, con una marcada ausencia o escasa presencia de árboles y renovales nativos. Un caso destacado es el del sector asociado al arroyo San Ambrosio que atraviesa la localidad de Cañada del Sauce, donde el alto nivel de invasión por estas especies, principalmente *L. lucidum y U. pumila*, ha impedido el establecimiento de vegetación nativa, provocando además la pérdida total de los estratos herbáceo y arbustivo. Asimismo, se observan especies exóticas invasoras presentes de forma aislada, como las del género *Pyracantha*. Mientras

que los sitios de categoría Alto y Medio alto se distribuyen a la periferia marcando una tendencia centrifuga de la urbanización desde el centro de la comuna de CDS hacia el exterior. En ninguno de los puntos se encontraron arboles muertos en pie, esto puede estar asociado con la utilización de leña por parte de personas locales ya que el lugar carece de red de gas natural, así mismo, los árboles caídos encontrados fueron relativamente escasos y de bajo DAP.

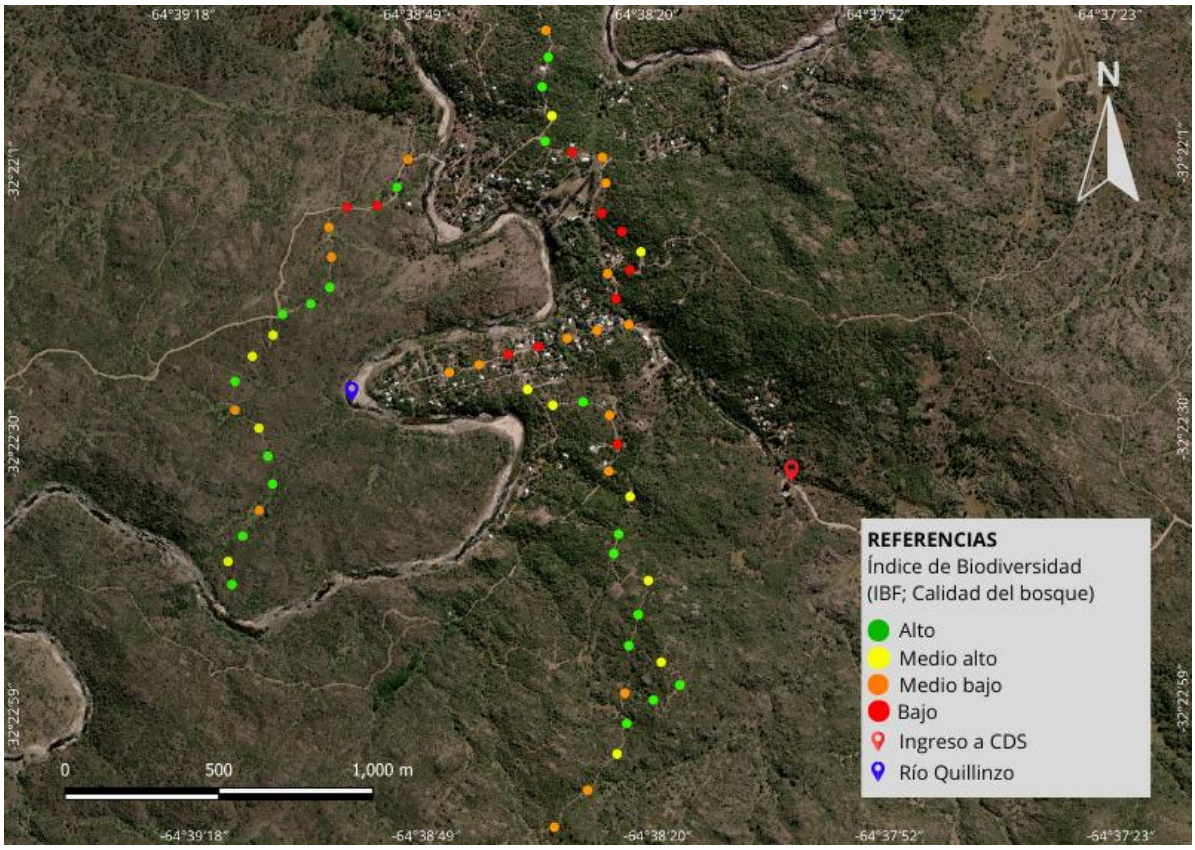

Figura 3: Puntos de conteo categorizados a través del valor de IBF obtenido en la localidad de Villa Cañada del Sauce, Córdoba, Argentina. Las categorías quedaron de la siguiente forma: puntos verdes (Alto), puntos amarillos (Medio alto), puntos naranjas (Medio bajo) y puntos rojos (Bajo).

Diversidad de aves

Durante los relevamientos de aves se registró un total de 2437 individuos pertenecientes a 84 especies, 25 familias y 12 órdenes. Siendo las familias más representadas Tyrannidae (17), Furnariidae (9) y Thraupidae (9), todas del Orden Passeriformes. Del total, dieciocho especies corresponden a especies migratorias estivales (21%). Las especies con mayor abundancia total registrada fueron Paloma Manchada

(*Patagioenas maculosa*) con 201 individuos, Torcaza (*Zenaida auriculata*) con 185 individuos y Pepitero de Collar (*Saltator aurantiirostris*) con 157 individuos (Anexo II).

La riqueza total obtenida para cada categoría del IBF quedo de la siguiente manera: Alto (69 especies), Medio alto (55 especies), Medio bajo (68 especies), Bajo (52 especies).

Análisis de rarefacción

Dado que el número de sitios que quedaron clasificados para cada categoría del IBF es desigual se realizó un análisis de rarefacción el cual permiten comparar la riqueza alfa entre categorías que presentan un esfuerzo de muestreo desigual. Se encontró una riqueza significativamente menor para la categoría Bajo no existiendo diferencias significativas para las restantes tres categorías (Figura 5 y 6).

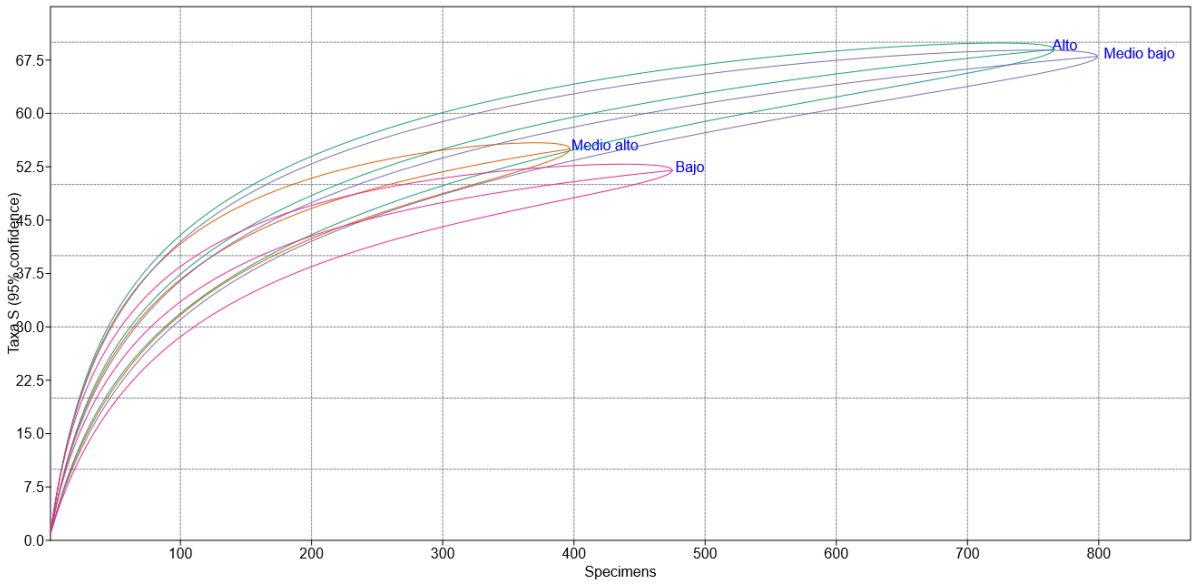

Figura 5: Análisis de rarefacción para los ensambles de aves de cada categoría del IBF de los ensambles de aves registrados para la localidad de Cañada del Sauce.

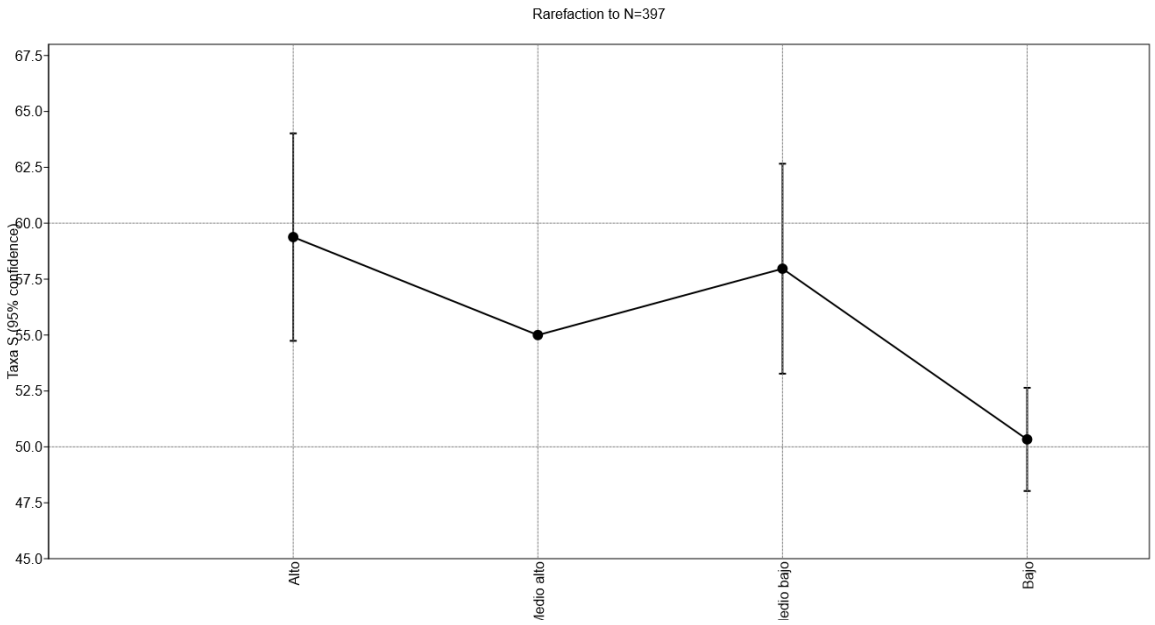

Figura 6. Análisis de rarefacción mostrando los intervalos de confianza entre categorías ambientales para la localidad de Cañada del Sauce.

Los valores de diversidad calculados mediante el índice de Shannon (Figura 7) evidencian un gradiente decreciente, que va desde un valor máximo de H = 3.59 en los ambientes clasificados como de calidad alta, hasta un valor mínimo de H = 3.34 en los ambientes de calidad baja.

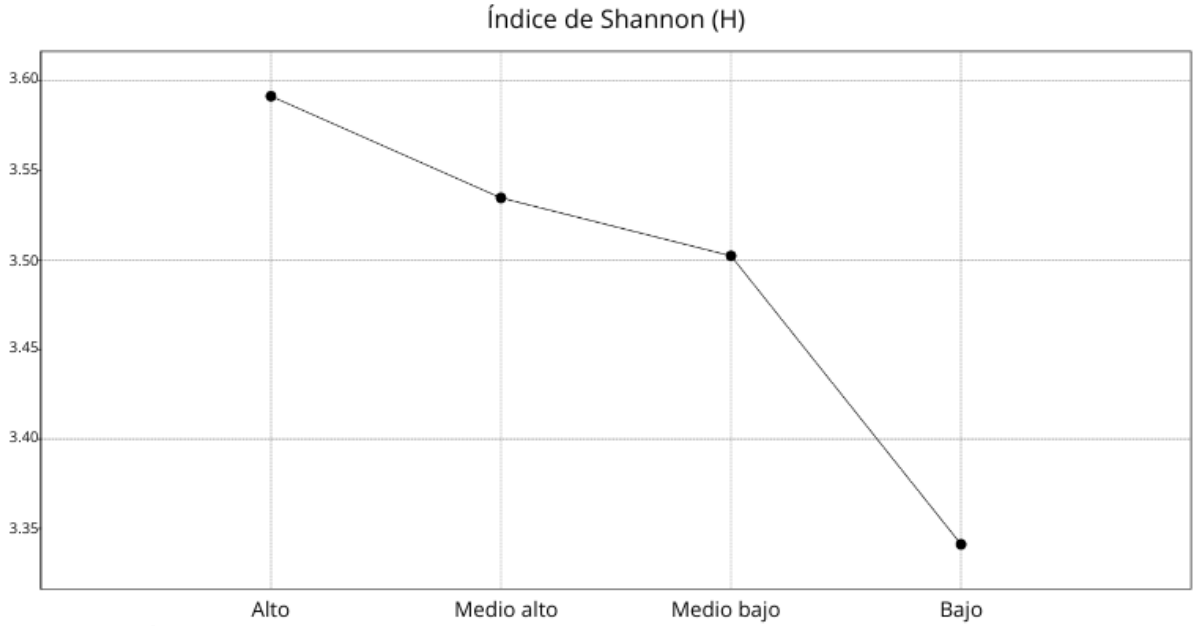

Figura 7. Índice de diversidad de Shannon según la categoría del IBF.

Análisis de Especies Indicadoras (IndVal)

Se obtuvieron 8 especies indicadoras para el área en estudio (Tabla 1), siete de las cuales son residentes y una migratoria. La Tacuarita Azul (*Polioptila dumicola)* y Fiofío Pico Corto (*Elaenia parvirostris)* son indicadoras para ambientes de categoría Alto, siendo esta última una especie migratoria estival. Para la categoría Medio alto se obtuvo al Pepitero de Collar (*Saltator aurantiirostris*) y para la categoría Bajo se obtuvieron como indicadoras al Hornero (*Furnarius rufus*), Tordo Renegrido (*Molothrus bonariensis*), Arañero Corona Rojiza (*Myiborus brunniceps*), Paloma Manchada (*Patagioenas maculosa*) y Benteveo (*Pitangus sulphuratus*).

*Tabla 1. Especies indicadoras con p-valor significativo y su respectivo Valor Indicador (IV). * Valores próximos a la significancia 0.05 que se consideraron indicadores en este estudio.*

Especie	**Nombre Vulgar**	**Ambiente**	**Valor indicador (IV)**	**Valor p**
Furnarius rufus	Hornero	Bajo	24.4	0.0435
Molothrus bonariensis	Tordo Renegrido	Bajo	37.8	0.0016
Myiborus brunniceps	Arañero Corona Rojiza	Bajo	25.2	0.0510*
Patagioenas maculosa	Paloma Manchada	Bajo	44.4	0.0210
Pitangus sulphuratus	Benteveo	Bajo	43.9	0.0014
Saltator aurantiirostris	Pepitero de Collar	Medio alto	35.8	0.0164
Polioptila dumicola	Tacuarita Azul	Alto	30.1	0.0559*
Elaenia parvirostris	Fiofío Pico Corto	Alto	40.2	0.0054

A su vez, se identificaron once especies que presentaron, en sus Valores Indicadores, tendencia hacia algún extremo en las categorías ambientales (Tabla 2). Siendo el Zorzal Colorado, Torcaza, Jilguero Dorado y la Cotorra especies que

presentaron una mayor abundancia en ambientes de calidad Bajo y Medio bajo. Por otro lado, el Brasita de Fuego, Reinamora Grande, Monterita Cabeza Negra, Mosqueta Estriada, Cachilo Chaqueño, Piojito Tiquitiqui y el Pijuí Frente Gris son especies con mayor representatividad y abundancia en ambientes categorizados como Alto y Medio alto.

Tabla 2: Grupo de especies que no presentaron un p-valor significativo (>0.05) en el Análisis de Especie Indicadora, pero si una tendencia a indicar hacia uno o varios hábitats particulares.

Especie	Nombre vulgar	Bajo (IV)	Medio bajo (IV)	Medio alto (IV)	Alto (IV)	Tendencias ambientes
Coryphospingus cucullatus	*Brasita de Fuego*	3	11	13	**25**	Alto
Cyanoloxia brissonii	*Reinamora Grande*	8	2	8	**20**	Alto
Microspingus melanoleucus	*Monterita Cabeza Negra*	3	7	7	**20**	Alto
Myiophobus fasciatus	*Mosqueta Estriada*	6	5	**18**	**12**	Alto
Myiopsitta monachus	*Cotorra*	**28**	**24**	0	3	Bajo
Rhynchospiza strigiceps	*Cachilo Chaqueño*	1	2	5	**15**	Alto
Serpophaga subcristata	*Piojito Tiquitiqui*	2	8	**13**	**16**	Alto
Sicalis flaveola	*Jilguero Dorado*	**30**	**12**	2	6	Bajo
Synallaxis fronstalis	*Pijuí Frente Gris*	1	9	8	**21**	Alto
Turdus rufiventris	*Zorzal Colorado*	**13**	**11**	2	5	Bajo
Zenaida auriculata	*Torcaza*	**37**	**23**	11	16	Bajo

Análisis de Correspondencia Canónica

Se realizo un Análisis de Correspondencia Canónica con el fin de establecer relaciones entre la abundancia promedio de aves y cada una de las variables de vegetación medidas para calcular el IBF (Figura 8). Los dos primeros ejes canónicos (CCA1 y CCA2) explican en conjunto el 55.01% de la varianza total. Esto indica que más de la mitad de la variabilidad en la abundancia de aves puede explicarse a través de los atributos de la vegetación considerados en el análisis y medidos a través del IBF.

Tabla 3: Resultados del CCA con los Eigenvalues para cada eje y el porcentaje de varianza que explicada.

Eje	Eigenvalue	Varianza explicada (%)
CCA1	0.123	39.20
CCA2	0.049	15.81
CCA3	0.031	9.96
CCA4	0.028	9.11
CCA5	0.024	7.78
CCA6	0.019	6.17
CCA7	0.014	4.46
CCA8	0.010	3.31
CCA9	0.007	2.34
CCA10	0.005	1.87

El análisis de CCA permitió visualizar las asociaciones entre las especies de aves y las variables estructurales del bosque, confirmando que distintos atributos del hábitat explican los patrones en la composición del ensamble. Las variables independientes de mayor explicación en orden decreciente son: Riqueza de árboles, numero de estratos, heterogeneidad espacial, presencia de renovales nativos, numero de árboles grandes, y con longitud similar, aunque con menor poder explicativo encontramos a edad del bosque, cobertura del dosel, variación del DAP, y cobertura herbácea. La variable DAP de árboles grandes no tuvo mucha relevancia en explicar la distribución en la abundancia de aves.

En el primer eje del gráfico (CCA1) se interpreta un recambio de especies de forma gradual que van desde los ambientes más complejos (derecha) con un mayor número de estratos, presencia de renovales nativos, heterogeneidad espacial y cobertura del dosel hacia ambientes menos complejos (izquierda) con árboles más grandes, presencia de áreas abierta, y mayor cobertura herbácea (Figura 8). A su vez, otra tendencia observada es en el segundo eje canónico (CCA2) que va desde sitios con mayor cobertura herbácea (arriba) al cual se asocia fuertemente el Chinchero Grande (*Drymornis bridgesii*) especie característica por sus hábitos alimenticios terrestres, hacia sitios con mayor riqueza de árboles abajo (Figura 8).

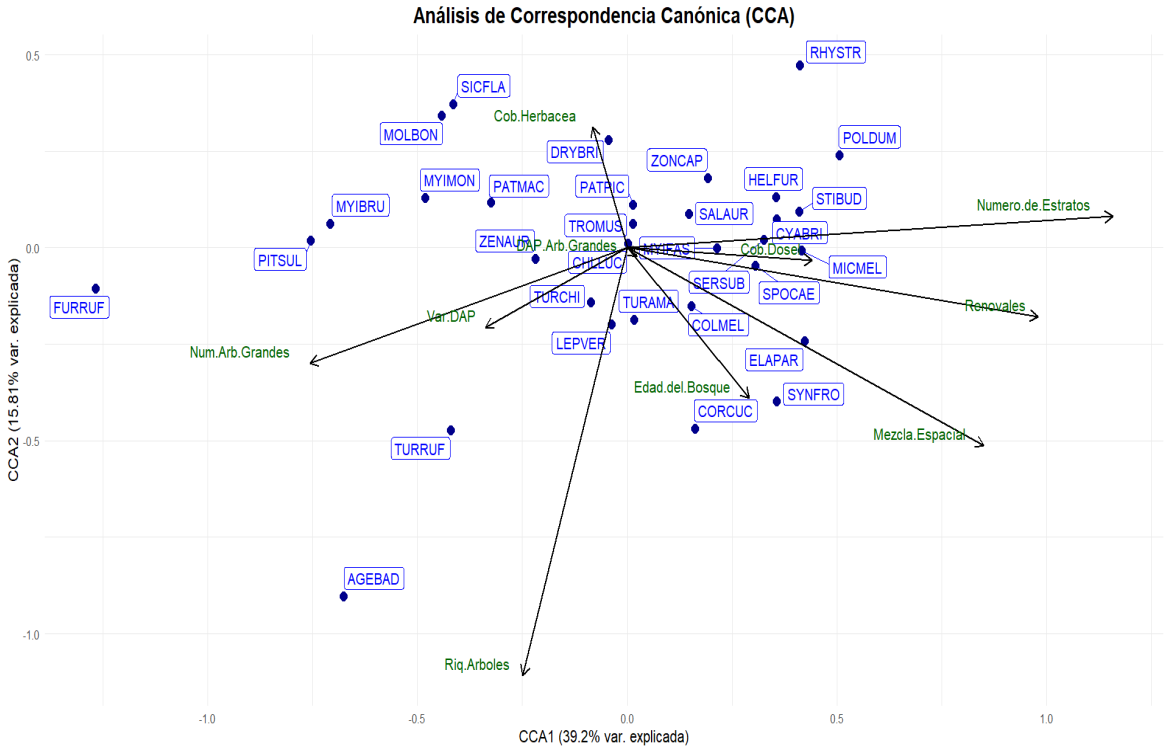

Figura 8. Análisis de Correspondencia Canónica. Los códigos de especies están abreviados con las tres primeras letras del género y las tres primeras del epíteto especifico. Las flechas representan las variables de vegetación medidas a través del IBF. Para una mejor visualización se eliminaron aquellas especies que contribuyen menos del 10% del primer eje del CCA.

Las especies Cachilo Chaqueño (*Rhynchospiza strigiceps*), Tacuarita azul (*Polioptila dumicola*), Calandrita (*Stigmatura budytoides*), Reinamora Grande (*Cyanoloxia brissonii*), Monterita Cabeza Negra (*Microspingus melanoleucus*), Pepitero de Collar (*Saltator aurantiirostris*), están fuertemente asociada a sitios con múltiples estratos y elevada cobertura del dosel mientras que especies como Fiofío Pico Corto (*Elaenia parvirostris*), Pijuí Frente Gris (*Synallaxis frontalis*), Brasita de Fuego (*Coryphospingus cucullatus*) presentan una preferencia a ambientes con diversidad de especies de árboles con una disposición heterogénea.

Por otro lado, se observa que especies como el Hornero (*Furnarius rufus*), Benteveo (*Pitangus sulphuratus*), Tordo Músico (*Agealoides badius*), Zorzal Colorado (*Turdus rufiventris*) y Arañero Corona Rojiza (*Myioborus brunniceps*) asociadas a sitios con mayor número de árboles grandes. Estas características ambientales coinciden con

sitios urbanizados con escasos número de árboles totales, siendo principalmente exóticos y de gran DAP.

Por último, aquellas especies que se concentran en el centro del gráfico y que no presentaron fuertes asociaciones con las variables de vegetación se caracterizan por ser de hábitos generalistas y fueron registradas en muchos de los hábitats relevados. Entre ellas se encuentran *Chlorostilbon lucidus*, *Saltator aurantiirostris*, *Troglodytes musculus, Myiophobus fasciatus* y *Patagioenas picazuro*

5. DISCUSIÓN

En este trabajo se encontró una relación estrecha entre la diversidad de aves relevadas y la calidad del bosque, mostrándose una tendencia a la disminución en la diversidad de aves a medida que disminuyen la integridad ecológica del bosque lo que respalda nuestra hipótesis de que la diversidad y composición de los ensambles de aves varía en función de la fisonomía del bosque. Hasta donde se conoce, este es el primer trabajo sistemático sobre los ensambles de aves de la localidad de Cañada del Sauce, y complementa a la información sobre la avifauna de la región recabada por observadores locales (ver Espósito *et al.,* 2022). Así mismo, contribuye a abordar vacíos de conocimientos de como los patrones de urbanización afectan la riqueza de aves de la región y la dinámica poblacional en estos ambientes (Gurvich y Villegas, 2020).

Por otro lado, observamos que ciertas especies responden diferencialmente a la estructura del bosque, esto respalda la utilización del IBF como un descriptor de la calidad de hábitat y concuerda con la hipótesis planteada de que la respuesta de las aves a cambios en la vegetación es especie-específica. Estos resultados, no solo refuerzan la importancia de la estructura del bosque en la configuración de las comunidades de aves (Brandolin *et al.*, 2016, Verga *et al.*, 2018, Aghababyan, 2024), sino que también aportan información clave para el establecimiento de programas de monitoreo y conservación en la región.

Limitaciones y adaptaciones del IBF

Para este trabajo se modificaron o descartaron algunos de los atributos del IBF para adaptarlo al ambiente y objetivo en estudio, pero sin que deje de representar la correlación positiva con la diversidad. Si bien se reconoce que el índice es de fácil

aplicabilidad, este fue creado para bosques de Europa por lo que algunas de sus variables están pensadas exclusivamente para aquellos ambientes. Este índice se basa en el supuesto que una estructura forestal heterogénea y compleja induce a una elevada riqueza biológica debido a la creación de diferentes nichos y que sirve como indicador de biodiversidad (Meersschaut y Vandekerkhove, 2000). Para esto, utiliza diferentes atributos de un bosque para poder determinar el estado del sitio, reconociéndose la relación positiva entre el aumento en la diversidad biológica y cada uno de los atributos (Bellamy y Kirby, 2020; Borghi *et al.*, 2023).

Teniendo en cuenta que el estudio incluyo zonas de Bosque Chaqueño Serrano con alto valor de conservación protegidos por leyes provinciales, siendo los lugares más prístinos en la zona y con sus características propias, este índice podría ser más eficazmente aplicado con algunas adaptaciones extras al sitio en estudio. Por ejemplo, el Desvió Estándar del DAP (capa leñosa) es un buen indicador de la heterogeneidad de hábitat (Yee Seng, 2019; Ibarra, 2016) ya que aumenta la diversidad de microhábitats y explica la coexistencia de árboles viejos como jóvenes que promueven el aumento en la diversidad de aves. También, con respecto a los atributos de madera muerta caída o en pie (ver Anexo I) no se encontraron en ninguno de los sitios de muestreo durante el estudio, pudiendo deberse a procesos naturales del propio ecosistema o a la utilización de la leña por los residentes de la comuna.

Esto enfatiza la necesidad de adaptar el IBF a las condiciones locales, particularmente cuando se lo utiliza como predictor para un grupo taxonómico específico, como en este caso las aves. Si bien el índice provee una medida útil de la integridad ecológica del bosque, su interpretación debe contextualizarse en función de las características locales, para evitar generalizaciones que puedan enmascarar aspectos clave de la biodiversidad regional. Por ejemplo, las diferencias detectadas entre la versión original del índice y la adaptación realizada para este estudio podrían llevar a una sobredimensión de los valores posibles del índice. Mientras la versión original contempla un rango de 0 a 100 puntos, esta modificación primeramente redujo el máximo teórico a 73 puntos y aun así con el fin de interpretar los resultados de manera coherente y contextualizada a la realidad local del sitio de estudio fue necesario relativizar la

clasificación del índice utilizando cuartiles construidos a partir de los propios datos recolectados.

Diversidad de aves

Se registro un total de 84 especies que representan el 21% de las especies registradas históricamente para la provincia de Córdoba y el 26,5% para el departamento de Calamuchita (eBird, 2025). Estos valores registrados son muy importantes teniendo en cuenta que el sitio de muestreo no incluyo ambientes de pastizal y/o acuáticos y que el periodo de estudio fue relativamente corto e incluyó solo un período del año (primavera-verano) para un relevamiento total de la diversidad de aves.

La composición del ensamble registrado en este estudio es consistente con lo observado en otros trabajos realizados en Argentina, donde predominan las familias Tyrannidae (S=17; Echevarría y Fanjul, 2016), Furnariidae (S=9; Fandiño *et al.*, 2010; Gurvich y Villegas, 2020) y Thraupidae (S=9; Ronchi-Virgolini *et al.*, 2010; Verga *et al.*, 2019).

El análisis de rarefacción mostro diferencias significativas con una menor riqueza de aves en los sitios de calidad de hábitat Bajo (Figura 5 y 6) con respecto a las otras tres categorías, asociando estos sitios a las zonas más urbanizadas o perturbadas como lo registrado en otros estudios (Escobar *et al.*, 2022; Fandiño *et al.*, 2010). Evidentemente el efecto negativo de la pérdida de hábitat dada por la urbanización, incluye una simplificación de la estructura del hábitat sumado a una mayor presencia y expansión de especies vegetales exóticas invasoras como el *Ligustrum lucidum* y *Ulmus pumila* (Ferri *et al.*, 2009, Oggero *et al.*, 2018; Gurvich y Villegas, 2020) que ya han generado bosques monoespecíficos en la zona. A esto se adiciona que muchas especies de aves presentan una alta especificidad de uso de hábitat y son las primeras en verse afectadas por estos disturbios. Por otro lado, la ausencia de diferencias significativas entre las demás categorías puede deberse a que la localidad es relativamente pequeña, y si bien presenta amplias zonas de bosques exóticos monoespecíficos y vegetación exótica no invasora entorno a las construcciones, las zonas circundantes aun preservan buena vegetación y

diversidad nativa que podrían estar aportando al pool de especies enriqueciendo las zonas menos naturales.

El Índice de diversidad de Shannon mostro una tendencia a la disminución según la calidad de hábitat que va desde los ambientes de mejor calidad (*i.e.* integridad ecológica) a los de menor calidad coincidiendo con numerosos estudios que han documentado reducciones en la diversidad de especies como consecuencia de perturbaciones antrópicas, procesos de homogeneización del paisaje o incremento de la urbanización (Milesi *et al.*, 2002; Leveau, 2004; Morelli, 2015) los cuales pueden incluso derivar en extinciones locales. En base a esto, es importante alertar que esta diversidad registrada para Cañada del Sauce podría verse drásticamente afectada en caso de modificaciones profundas del ambiente.

Asimismo, algunas de las especies registradas en este trabajo han sido descriptas por Berjman (2024) por utilizar los frutos de árboles exóticos invasores, principalmente *Ligustrum lucidum* y especies del género *Pyracantha*, como fuente de alimento y dispersar sus semillas. Esta interacción podría tener un impacto considerable en la propagación de estas plantas y favorecer la aparición de nuevos focos de invasión en sitios distantes. Como así también, Romero *et al.* (2014) reconoce que los ambientes de arroyos con predominancia de especies exóticas producen un menor caudal estival en comparación con riberas de mayor proporción de vegetación nativa, lo que estaría indicando que, si se reemplaza la vegetación exótica por especies nativas, ello redundará en una mejora del caudal del arroyo.

Si bien la hipótesis del disturbio intermedio propone que los ambientes con niveles moderados de perturbación presentan una mayor diversidad de especies (Connell, 1978), este patrón no se observó en nuestro estudio. De hecho, otros trabajos han encontrado resultados contradictorios, con mayor diversidad de aves en áreas con disturbios intermedios (Kraker y Cobar, 2011) o incluso en zonas urbanas y periurbanas (Morelli, 2015). Estos contrastes subrayan la importancia de desarrollar estudios específicos para cada sitio y a distintas escalas espaciales, especialmente si se busca implementar un monitoreo ambiental eficaz y contextualizado.

Especies Indicadoras

El Análisis de Especies Indicadoras identifico 8 especies con una alta especificidad para ciertos tipos de bosque, lo que las resalta como especies candidatas para futuros monitoreos de la calidad de los bosques en la zona de estudio. De manera similar a lo que se presenta en este trabajo, Sosa (2010) reportó que el Fiofío Pico Corto (*E. parvirostris*) solo estuvo presente en la zona menos modificada. Del mismo modo, Leveau (2004) encontró que, de las especies como Fiofío Pico Corto*,* Piojito Tiquitiqui (*S. subcristata)* *y* Tacuarita Azul fueron escasamente reportados o ausentes en pequeños relictos de vegetación nativa inmersos en zonas urbanas. En coincidencia, Verga *et al.* (2017) encuentra que el Pepitero de Collar disminuyo su abundancia con el aumento de la fragmentación de bosques nativos, pero que Fiofío Pico Corto y Tacuarita Azul son especies resistente a la fragmentación.

Todas las especies indicadoras de ambientes de baja calidad y las que presentaron un Valor Indicador con tendencia hacia este mismo ambiente (Tabla 2 y 3) se las reconoce por ser especies con comportamientos generalistas y plástico ya sea en sus hábitos de nidificación (Codesido, 2010) como en su capacidad de adaptación a ambientes urbanos, utilización de vegetación exótica, tendiendo hacia una homogenización en los ensambles de aves y aumentando su representatividad en estos sitios (Leveau, 2004; Heredia y Salvador, 2014; Morelli, 2015).

Morelli (2015) concluyo que las especies indicadoras necesarias para un plan de monitoreo a largo plazo deben de contemplar tanto especies especialistas como generalistas, por lo que el grupo de especies aquí analizado cumplen todos los requisitos y recomendamos utilizarlas para la planificación de un plan de monitoreo futuro.

Variables ambientales y composición de ensambles

Este análisis CCA muestra asociaciones entre las variables ambientales tomadas y la composición de aves denotando afinidades de las aves a determinadas características particulares de la vegetación.

Varios trabajos indican que la riqueza de aves se asocia principalmente con la cobertura del dosel y riqueza de árboles (Sáenz *et al.*, 2007; Gurvich y Villegas 2020). Si bien en nuestro trabajo la cobertura de dosel por sí sola no fue la más relevante, si tiene

importancia explicando la distribución y riqueza de especies de ambientes menos perturbados junto con el número de estratos, la heterogeneidad arbórea y la presencia de renovales. Por otro lado, y en concordancia con lo encontrado por Salas-Correa y Mancera-Rodriguez (2018) encontramos que las especies más generalistas (*ej. Pitangus sulphuratus*) estuvieron directamente relacionadas con las áreas menos valoradas en las variables estructurales de vegetación medidas.

6. CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos en este trabajo confirman la hipótesis de que la diversidad y composición de aves en la localidad de Cañada Del Sauce varían con la calidad del bosque.
- La riqueza y diversidad de aves fueron menores en los sitios de menor calidad ambiental.
- Ocho especies presentaron preferencias marcadas según la calidad de hábitat, de las cuales, cinco especies de hábitos generalistas estuvieron asociadas a ambientes urbanizados.
- Existe una estructuración clara de las comunidades de aves en función de la calidad del hábitat por lo cual fue posible identificar las especies de aves que responden similarmente ante los distintos cambios en la fisionomía de la vegetación. Esto respalda la hipótesis de que las especies responden de manera específica según las características ecológicas de cada una de ellas. Estos resultados permiten validar la utilización del IBF en estudios posteriores para determinar características en la estructura y composición de la vegetación
- Este estudio aporta una línea base para el conocimiento de la avifauna local en un sitio de baja perturbación de las sierras de la provincia de Córdoba, sirviendo como referencia para futuros trabajos. También provee herramientas complementarias para un monitoreo ambiental futuro, tanto en las tendencias de los ensambles de aves como de las especies indicadoras para las distintas situaciones.
- Se resalta la importancia de conservar los fragmentos de alta calidad ecológica como estrategia clave para mantener la diversidad y complejidad del ecosistema local. Considerando el patrón de distribución centrífugo observado (con hábitats de menor calidad concentrados en el centro de la localidad y los más complejos y mejor

conservados ubicados hacia la periferia), resulta fundamental incorporar criterios de planificación en los procesos de urbanización. La expansión urbana desordenada, mediante loteos o construcciones aisladas en zonas periféricas, puede generar un impacto negativo mayor sobre la biodiversidad. En cambio, una expansión planificada desde el centro hacia afuera y de forma continua permitiría mitigar dichos efectos.

- Estos resultados presentan un potencial como herramientas para trabajos de conservación y monitoreo ambiental a futuro en ambientes serranos del centro de Argentina. Se recomienda complementar este estudio con trabajos posteriores, que abarquen una mayor área y todas las estaciones climáticas del año, ya sea tanto con aves como también incluyendo otros grupos taxonómicos.
- En conjunto, los objetivos establecidos para este trabajo fueron cumplidos en su totalidad y permitió respaldar las hipótesis planteadas.

7. REFERENCIAS

Amado-Cruz F., Nolasco H. M., Santiago-Hernández M. 2022. Nota sobre el valor ecológico en una zona industrial del centro de México. Lilloa 59 (2): 113-125.

Arana M., Ponce Monica., Morrone J. y Oggero A. 2013. Patrones biogeográficos de los helechos de las sierras de Córdoba (Argentina) y sus implicancias en la conservación. Gayanna Bot. 70(2): 357-376.

Arana M., Natale E., Ferretti N., Romano G., Oggero A., Martínez G., Posadas P., Morrone J. 2021. Libro. Esquema Biogeográfico de la República Argentina. Fundación Miguel Lillio.

Becerra I. Pablo. 2006. Invasión de árboles alóctonos en una cuenca pre-andina de Chile central. Gayana Bot. 63(2): 161-174.

Bellamy C., Kirby K. 2020. NFI woodland ecological condition in Great Britain: Methodology. National Forest Inventory Forestry Commission. DOI: 10.13140/RG.2.2.21145.16484.

Berjman Camila. 2024. Dispersión de semillas por aves en la Reserva Urbana Bosque Autóctono El Espinal. Trabajo final de grado. Universidad Nacional de Río Cuarto.

Bibby C., Jones M. & Marsden S. 1998. Expedition Field Techniques BIRD SURVEYS. Royal Geographical Society.

Borghi C., Francini S., McRoberts R., Parisi F., Lombardi F., Nocentini S., Maltoni A., Travaglini D., Chirici G. 2023. Country-wide assessment of biodiversity, naturalness and old-growth status using national forest inventory data. European Journal of Forest Research (2024) 143:271–303. https://doi.org/10.1007/s10342-023-01620-6.

Clements, J. F., P. C. Rasmussen, T. S. Schulenberg, M. J. Iliff, T. A. Fredericks, J. A. Gerbracht, D. Lepage, A. Spencer, S. M. Billerman, B. L. Sullivan, and C. L. Wood. 2023. The eBird/Clements checklist of Birds of the World: v2023.

Connell, J. H. 1978. Diversity in tropical rain forest and coral reefs. Science 199:1302-1310.

eBird. 2025. Una base de datos en línea de distribución y abundancia de aves [aplicación web]. eBird, Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, Nueva York. Disponible: http://www.ebird.org. (Accedido: 5 de diciembre de 2024]).

Fandiño B., Berduc A., Beltzer A. 2010. Ensambles de aves de bosques nativas y exóticos en la estación reproductiva de un área protegida en el Espinal de Entre Río, Argentina. 2010. Ornitología Neotropical 21: 1–16.

Heredia, J. and Salvador, S.A. 2014. Comportamiento ecológico y primer descripción del nido del Arañero Corona Rojiza (Myioborus brunniceps) en el centro de Argentina. Historia Natural. 4(1): 55–62.

Codesido Martino. 2010. Ensambles de aves en agroecosistemas de la provincia de Buenos Aires: su relación con los patrones de uso de tierra y las características del paisaje. Tesis doctoral. Biblioteca Central Leloir, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Buenos Aires.

Denegri G., Acciaresi G. y Aguerre M. 2017. Políticas públicas de promoción de plantaciones forestales comerciales: los casos del Valle de Calamuchita (Córdoba) y de la región de Virasoro (Corrientes). Revista de la Facultad de Agronomia, La Plata 116(1): 75-88.

Dufrêne M. y Legendre P. (1997). Species assemblages and indicator species: the need or a flexible asymmetrical approach. Ecological Monographs 67(3):345-366.

Echevarría A. y Fanjul E. 2016. Estructura, composición y variación estacional de la avifauna del Embalse Escaba (selva montana subtropical), Tucumán, Argentina. Acta Zoológica Lilloana 60 (2): 101–115.

Equihua M., Alaniz N., Maqueo-Pérez O., Badillo G., Kolb M., Schmint M., Equihua B., Maeda P. y Palacios J. 2014. Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental. El Colegio de la Frontera Sur, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

Escobar M., Muñoz-Pacheco C., Villaseñor N. 2022. Antropización del paisaje y diversidad de especies de aves: el caso de los valles-oasis del Desierto de Atacama. IDESIA Volumen 40, Nº 1. pp 49-57.

Esposito G., Diez M., Ulla D., García V., Núñez C. y Brandolin P. 2022. Congreso XIX Reunión Argentina de Ornitología. Repensando la Ornitología Argentina en el Siglo XXI. Pp 60. Puerto Madryn, Argentina.

Ferri R., Ceballos M., Vischi N., Heredia E. y Oggero A. 2009. Banco de semillas de un relicto de Espinal (Córdoba, Argentina). Iheringia, Série Botánica. Porto Alegre. 64(1):93-100.

Foncea J., Escobar M. y Villaseñor N. 2023. Respuestas de la comunidad de aves a las variables del hábitat local y del paisaje en la ciudad de Santiago de Chile. Ecología Austral 33:455-468. https://doi.org/10.25260/EA.23.33.2.0.2017

Fuentes-Moreno A., Serrano-Mogollón M., Servín-Torres J., Serna-Lagunes R., Leyva-Ovalle O., Llarena-Hernández C., Andrés-Meza P. y García-Martínez A. 2020. Diversidad de aves en un paisaje antrópico en el centro de Veracruz, México. Tropical and Subtropical Agroecosystems 23 (2020) #16.

Gavier G. & Bucher E. 2004. Deforestación de las sierras chicas de Córdoba (Argentina) en el periodo 1970-1997. Academia Nacional de Ciencias. Miscelánea N° 101.

Gnesutta Leandro. 2018. Evaluación de algas episámicas en el río Chocancharava: efectos de perturbaciones antrópicas. Trabajo final de grado para la Licenciatura en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Río Cuarto.

Gurvich D. y Villegas F. 2020. Asociaciones entre las coberturas del suelo y las comunidades de aves en las sierras chicas de Córdoba (Argentina). Historia Natural Vol. 10 (3) pp. 85-101.

Haro J., Gutierrez M. 1992. La avifauna de una forestación de pinos en Río de los Sauces, Córdoba. Hornero 013 (03): 214-218.

Hidalgo N. y Ugarte M. 2020. Loss of riparian vegetation associated with decreases in bird specialists: A case study from a subtropical desert. Austral Ecology.

IPBES 2019. Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.

Kraker C. y Cóbar A. 2011. Uso de rarefacción para comparación de la riqueza de especies: el caso de las aves de sotobosque en la zona de influencia del Parque Nacional Laguna Lachúa, Guatemala. Naturaleza y Desarrollo Vol.9 Núm.1.

Leveau L. y Leveau C. 2004. Comunidad de aves en un gradiente urbano de la ciudad de Mar Del Plata, Argentina. Hornero 19(1):13–21.

Manuel-Naverrette, D., Dolderman, D., & Kay, J. J. (2002). A historical overview of the ecological integrity concept. In Ecological Integrity and Protected Areas. (113-122). Waterloo, Ontario: Parks Research Forum of Ontario (PRFO).

Marquez J., Principe R., Berejnoi D., Rodriguez J., Bedano J. y Molineri C. 2019. Dragonflies and damselflies (Odonata) from Córdoba and San Luis provinces, Argentina. Check list 15(2): 327-337.

Mattioli D. 2023. “Habitar el monte”: desarrollo urbano, problemáticas socioambientales y defensa del territorio en las sierras de Córdoba, Argentina (2001-2022). Cuadernos Geográficos, 62(1), 171–185. https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v62i1.26886

Martín-Regalado C. 2019. Detección de especies indicadoras de condiciones de hábitats. En: Moreno CE (Ed) La biodiversidad en un mundo cambiante: Fundamentos teóricos y metodológicos para su estudio. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Libermex, Ciudad de México, pp. 223-235.

Milesi F., Marone L., Casenave J., Cueto V. y Mezquida E. 2002. Gremios de manejo como indicadores de las condiciones del ambiente: un estudio de caso con aves y perturbaciones del hábitat en el Monte central, Argentina. Ecología Austral 12:149-161.

Morelli Federico. 2015. Indicator species for avian biodiversity hotspots: Combination of specialists and generalists is necessary in less natural environments. Journal for Nature Conservation 27: 54-62.

Natale, E., Martínez G., Arana M. y Oggero A. 2020. Caracterización y estado de conservación de la vegetación del extremo sur de las Sierras de Comechingones (Córdoba, Argentina). Bol. Soc. Argent. Bot. 55: 253-271.

Oggero A., Bustos A., Reinoso H., Arana M. y Natale E. 2018. Susceptibilidad del Olmo (*Ulmus pumila*), y de cinco especies arbóreas del centro-sur de la provincial de Córdoba (Argentina), en la infección por *Pleurotus ostreatus* (Agaricales; Pleurotaceae). Bol. Soc. Argent. Bot. 53 (1): 31-39.

Saénz J., Villatoro F., Ibrahim M., Fajardo D. y Pérez M. 2007. Relación entre las comunidades de aves y la vegetación en agropaisajes dominados por la ganadería en Costa Rica, Nicaragua y Colombia. Agroforestería en las Américas Nº 45.

Salas-Correa A. y Rodríguez-Mancera N. 2018. Relaciones entre la diversidad de aves y la estructura de vegetación en cuatro etapas sucesionales de bosque secundario, Antioquia, Colombia. Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica 21 (2). https://doi.org/10.31910/rudca.v21.n2.2018.970

Soberón J., Rodriguez P. y Vázquez-Domínguez E. 2000. Implications of the Hierarchical Structure of Biodiversity for the Development of Ecological Indicators of Sustainable Use. AMBIO: A Journal of the Human Environment, 29(3):136-142.

Sosa R., Benz V., Galea J. y Herrero I. 2010. Efecto del grado de disturbio sobre el ensamble de aves en la reserva provincial Parque Luro, La Pampa, Argentina. Asociación Argentina de Ecología de Paisajes. RASADEP 1-Número Especial Cambios de uso de la tierra. Causas, consecuencias y mitigación. Pp.: 101 - 110.

Tay Yee Seng. 2019. Bird species richness and abundance: The effects of structural attributes, habitat complexity and tree diameter. The ANU Undergraduate Research Journal. DOI: 10.25911/aurj.v9i0.125.

Ralph J., Geupel G., Pyle P., Martin T., DeSante D. y Milá B. 1996. Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. Pacific Southwest Research Station.

Ramírez Álvaro. 2000. Utilidad de las aves como indicadores de la riqueza especifica regional de otros taxones. Ardeola 47(2): 221-226

Ronchi-Vergolini A., Lorenzón R., Beltzer A. y Alonso J. 2010. Ensambles de aves del Parque Nacional Pre-Delta (Entre Ríos, Argentina): Analisis de la importancia ornitológica de distintas unidades ambientales. Hornero 25(1):27–40.

Vargas N., Pérez M., Sánchez G. y Mercado R. 2016. Aplicabilidad de líquenes bioindicadores como herramienta de monitoreo de la calidad del aire en la ciudad de Cochabamba. Acta Nova; Vol. 7, N° 4, 455-482.

Verga E., Hümoller H., Vergara-Tabares D., Galetto L. y Peluc S. 2019. Importancia para la conservación de las aves de un relicto de bosque en la región fitogeográfica del Espinal, Argentina. Neotropical Biology and Conservation 14(2): 241–256. DOI: 10.3897/neotropical.14.e37920

Verga E., Peluc S., Landi M. y Galetto L. 2018 Efecto de la fragmentación del bosque sobre las fuentes potenciales de alimento para aves en Córdoba. Ecología Austral 28:339-352. https://doi.org/10.25260/EA.18.28.2.0.429

Verga E., Hümoller H., Peluc S. y Galetto L. 2017. Forest fragmentation negatively affects common bird species in subtropical fragmented forests. Emu–Austral Ornithology, https://doi.org/10.1080/01584197.2017.1361789.

Zak, M., Cabido M., Cáceres D., y Díaz S. 2008. What drives accelerated land cover change in central Argentina? Synergistic consequences of climatic, socioeconomic, and technological factors. Environ Manage 42(2):181-189.

Anexo I: Tabla de variables con sus respectivas ponderaciones del Índice de Biodiversidad Forestal utilizado.

ESTRUCTURA DEL BOSQUE		**CAPA LEÑOSA**		**CAPA HERBACEA**		**MADERA MUERTA**	
Cobertura del dosel	Valor	**Riqueza de arboles**	Valor	**Cobertura Total (%)**	Valor	**EN PIE**	
>2/3 del área	2	1-2	1	6-25	1	**Nro. de árboles grandes**	Valor
1/3-2/3 del área	4	3-4	2	26-50	2	1	3
<1/3 del área	3	5-6	3	51-75	3	2-3	4
Edad del bosque en años	Valor	7-8	4	>75	1	≥4	5
1-60	1	>8	5			**DE del DAP (cm)**	Valor
61-100	2	**Nro. de árboles grandes**	Valor			10-15	1
101-160	5	1-5	1			16-20	2
>160	7	6-10	2			21-25	3
Desigual	5	11-15	3			26-30	4
Numero de Estratos	Valor	16-20	4			31-35	5
1 estrato	2	>20	5			>35	6
2 estratos	3	**Numero de árboles muy grande**	Valor			**CAÍDA**	
3 estratos	4	1	3			**Arboles grandes de tallo largo** (metros)	Valor
Distribución espacial	Valor	2-3	4			1-10	3
Homogéneo	1	>4	5			11-20	5
Agrupado	3	**Regeneración natural**	Valor			>20	7
Heterogéneo	4	1-4	1			**Clase diamétrica**	Valor
		5-8	2			1	2
		9-12	3			2	4
		>12	4			3	6
		DE de DAP (cm)	Valor			4	8
		10-15	1				
		16-20	2				
		21-25	3				
		26-30	4				
		31-35	5				
		>35	6				
Suma máxima total = 73	**19**		**25**		**3**		**26**

Anexo II: Especies registradas durante el relevamiento con su abundancia total y su abundancia relativa (Ab. Rel.) ordenados sistemáticamente según Clements et al (2022).

Familia	**Especie**	**Nombre común**	**Abundancia**	**Ab. Rel.**
Tinamidae	*Nothoprocta pentlandii*	Inambú Silbón	19	0.78
Tinamidae	*Nothoprocta cinerascens*	Inambú Montaraz	4	0.16
Cathartidae	*Cathartes aura*	Jote Cabeza Colorada	20	0.82
Cathartidae	*Coragyps atratus*	Jote Cabeza Negra	3	0.12
Rallidae	*Aramides cajaneus*	Chiricote	4	0.16
Columbidae	*Patagioenas maculosa*	Paloma Manchada	201	8.25
Columbidae	*Zenaida auriculata*	Torcaza	185	7.59
Columbidae	*Leptotila verreauxi*	Yeruti gris	43	1.76
Columbidae	*Patagioenas picazuro*	Paloma Picazuro	37	1.52
Columbidae	*Columbina picui*	Torcacita Picuí	9	0.37
Cuculidae	*Guira guira*	Pirincho	13	0.53
Cuculidae	*Tapera naevia*	Crespín	2	0.08
Cuculidae	*Coccyzus melacoryphus*	Cuclillo Canela	1	0.04
Psittacidae	*Myiopsitta monachus*	Cotorra	111	4.55
Strigidae	*Glaucidium brasilianum*	Caburé chico	1	0.04
Trochilidae	*Chlorostilbon lucidus*	Picaflor Verde	140	5.74
Trochilidae	*Heliomaster furcifer*	Picaflor de Barbijo	60	2.46
Trochilidae	*Sappho sparganurus*	Picaflor Cometa	1	0.04
Bucconidae	*Nystalus maculatus*	Durmilí	1	0.04
Picidae	*Colaptes melanochloros*	Carpintero Real	44	1.81
Picidae	*Picumnus cirratus*	Carpinterito Barrado	5	0.21
Picidae	*Campephilus leucopogon*	Carpintero Lomo Blanco	2	0.08

Picidae	*Dryocopus schulzii*	Carpintero Negro	1	0.04
Falconidae	*Daptrius chimango*	Chimango	14	0.57
Falconidae	*Falco sparverius*	Halconcito colorado	6	0.25
Falconidae	*Caracara plancus*	Carancho	4	0.16
Falconidae	*Falco femoralis*	Halcon plomizo	3	0.12
Furnariidae	*Synallaxis frontalis*	Pijuí Frente Gris	34	1.40
Furnariidae	*Furnarius rufus*	Hornero	30	1.23
Furnariidae	*Drymornis bridgesii*	Chinchero Grande	28	1.15
Furnariidae	*Cranioleuca pyrrhophia*	Curutié Blanco	15	0.62
Furnariidae	*Asthenes baeri*	Canastero Chaqueño	13	0.53
Furnariidae	*Pseudoseisura lophotes*	Cacholote Castaño	12	0.49
Furnariidae	*Tarphonomus certhioides*	Bandurrita Chaqueña	6	0.25
Furnariidae	*Synallaxis albescens*	Pijuí Cola Parda	3	0.12
Furnariidae	*Anumbius annumbi*	Leñatero	1	0.04
Thamnophilidae	*Thamnophilus caerulescens*	Choca Corona Negruzca	5	0.21
Tityridae	*Pachyramphus polychopterus*	Anambé Negro	1	0.04
Tyrannidae	*Elaenia parvirostris*	Fiofió Pico Corto	100	4.10
Tyrannidae	*Serpophaga subcristata*	Piojito Tiquitiqui	38	1.56
Tyrannidae	*Myiophobus fasciatus*	Mosqueta Estriada	34	1.40
Tyrannidae	*Pitangus sulphuratus*	Benteveo	29	1.19
Tyrannidae	*Stigmatura budytoides*	Calandrita	25	1.03
Tyrannidae	*Elaenia albiceps*	Fiofió Silbón	15	0.62

Tyrannidae	*Myiarchus swainsoni*	Burlisto Pico Canela	12	0.49
Tyrannidae	*Hemitriccus margaritaceiventer*	Mosqueta ojo dorado	7	0.29
Tyrannidae	*Tyrannus savana*	Tijereta	7	0.29
Tyrannidae	*Camptostoma obsoletum*	Piojito Silbón	4	0.16
Tyrannidae	*Serpophaga griseicapilla*	Piojito Trinador	3	0.12
Tyrannidae	*Sublegatus modestus*	Suiriri Pico Corto	3	0.12
Tyrannidae	*Pyrocephalus rubinus*	Churrinche	2	0.08
Tyrannidae	*Suiriri Suiriri*	Suiriri Gris	2	0.08
Tyrannidae	*Empidonomus aurantioatrocristatus*	Tuquito Gris	1	0.04
Tyrannidae	*Euscarthamus meloryphus*	Barullero	1	0.04
Tyrannidae	*Tyrannus melancholicus*	Suiriri Real	1	0.04
Vireonidae	*Cyclarhis gujanensis*	Juan Chiviro	8	0.33
Vireonidae	*Vireo chivi*	Chiví Chiví	6	0.25
Hirundinidae	*Progne tapera*	Golondrina Parda	2	0.08
Hirundinidae	*Progne elegans*	Golondrina Negra	2	0.08
Troglodytidae	*Troglodytes musculus*	Ratona	87	3.57
Polioptilidae	*Polioptila dumicola*	Tacuarita Azul	65	2.67
Turdidae	*Turdus chiguanco*	Zorzal Chiguanco	89	3.65
Turdidae	*Turdus rufiventris*	Zorzal Colorado	27	1.11
Turdidae	*Turdus amaurochalinus*	Zorzal Chalchalero	25	1.03
Passerellidae	*Zonotrichia capensis*	Chingolo	91	3.73
Passerellidae	*Rhynchospiza strigiceps*	Cachilo Chaqueño	34	1.40

Icteridae	*Icterus pyrrhopterus*	Boyerito	2	0.08
Icteridae	*Agelaioides badius*	Tordo Músico	36	1.48
Icteridae	*Molothrus bonariensis*	Tordo Renegrido	28	1.15
Icteridae	*Molothrus rufoaxilaris*	Tordo Pico Corto	13	0.53
Fringilidae	*Spinus magellanicus*	Cabecita Negra	8	0.33
Parulidae	*Myioborus brunniceps*	Arañaero Corona Rojiza	33	1.35
Parulidae	*Geothypis velata*	Arañaero cara negra	11	0.45
Cardinalidae	*Cyanoloxia brissonii*	Reinamora Grande	34	1.40
Cardinalidae	*Piranga flava*	Fueguero	8	0.33
Thraupidae	*Sicalis flaveola*	Jilguero Dorado	95	3.90
Thraupidae	*Coryphospingus cucullatus*	Brasita de Fuego	65	2.67
Thraupidae	*Microspingus melanoleucus*	Monterita Cabeza Negra	58	2.38
Thraupidae	*Sporophila caerulescens*	Corbatita	56	2.30
Thraupidae	*Rauenia bonariensis*	Naranjero	11	0.45
Thraupidae	*Saltatricula multicolor*	Pepitero Chico	10	0.41
Thraupidae	*Poospiza whitii*	Sietevestidos Serrano	9	0.37
Thraupidae	*Catamenia analis*	Piquitodeoro Chico	1	0.04
Thraupidae	*Saltator aurantiirostris*	Pepitero de Collar	157	6.44