

RESEARCH ARTICLE

Análisis de la diversidad de aves y plantas en diferentes coberturas de vegetación en la finca experimental "La Represa", Quevedo - Ecuador

Ana Moreno-Vera ¹  Edwin Jimenez-Romero ²  Robinson J. Herrera-Feijoo ²  
Mercedes Carranza ²  Jorge Saltos-Navia ³ 

¹ Facultad de Ciencias Biológicas y Pecuarias, Universidad Técnica del Estado de Quevedo (UTEQ), Av. Quevedo. Quito km, 1 1/2 Vía a Santo Domingo de los Tsáchilas, Quevedo 120550, Ecuador.

² Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), Quevedo Av. Quito km, 1 1/2 Vía a Santo Domingo de los Tsáchilas, Quevedo 120550, Ecuador.

³ Facultad de Ciencias Sociales, Educación Comercial y Derecho, Universidad Estatal de Milagro (UNEMI), Milagro 091050, Ecuador

 Correspondencia: rherreraf2@uteq.edu.ec  + 593 0980563032

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj62062>

Resumen: La biodiversidad es un componente clave para mantener el equilibrio y el correcto funcionamiento de los ecosistemas, lo que a su vez contribuye a la supervivencia de la humanidad. Es por esto que la investigación de la fauna y flora, en particular de las aves y plantas, es fundamental para desarrollar políticas y estrategias efectivas de conservación y promover un desarrollo sostenible en armonía con la naturaleza. De esta manera, se puede garantizar la protección de los recursos naturales y su uso sostenible para las generaciones presentes y futuras. En el estudio llevado a cabo en la Finca Experimental "La Represa" de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, se identificó la diversidad de aves en ocho áreas zonificadas diferentes, que incluyen la oficina central, la laguna, la plantación de cacao, el Pachaco-Cítricos, el Sistema Agroforestal Tradicional, el Sistema Agroforestal Laurel, el bosque plantado y los frutales. Se registraron un total de 386 individuos de aves, que pertenecen a 37 especies, 25 familias y 36 géneros. Además, se identificaron 34 especies de plantas en 23 familias. Las áreas con mayor presencia de aves son la oficina central, el Sistema Agroforestal Laurel y el bosque plantado. Según el índice de Shannon, las áreas de mayor diversidad de aves son la laguna y el Sistema Agroforestal Tradicional, en comparación con las otras áreas.

Palabras claves: Diversidad, aves, usos de suelo, vegetación, Quevedo

Analysis of bird and plant diversity in different vegetation covers in the experimental farm "La Represa", Quevedo - Ecuador

Abstract: Biodiversity is a key component for maintaining the balance and proper functioning of ecosystems, which in turn contributes to the survival of humanity. This is why research on fauna and flora, particularly birds and plants, is essential to develop



Cita: Moreno-Vera, A., Jimenez-Romero, E., Herrera-Feijoo, R. J., Carranza, M., & Saltos-Navia, J. (2023). Análisis de la diversidad de aves y plantas en diferentes coberturas de vegetación en la finca experimental "La Represa", Quevedo - Ecuador. *Green World Journal*, 6(2), 62. <https://doi.org/10.53313/gwj62062>

Received: 14/Mar /2023

Accepted: 08/May /2023

Published: 13/May /2023

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2023 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license.
Creative Commons Attribution (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

effective conservation policies and strategies and to promote sustainable development in harmony with nature. In this way, the protection of natural resources and their sustainable use for present and future generations can be guaranteed. In the study carried out at the Experimental Farm "La Represa" of the Quevedo State Technical University, bird diversity was identified in eight different zoned areas, including the central office, the lagoon, the cocoa plantation, the Pachaco-Citrus, the Traditional Agroforestry System, the Laurel Agroforestry System, the planted forest and the fruit trees. A total of 386 bird individuals were recorded, belonging to 37 species, 25 families and 36 genera. In addition, 34 plant species in 23 families were identified. The areas with the greatest presence of birds are the central office, the Laurel Agroforestry System and the planted forest. According to the Shannon index, the areas with the highest bird diversity are the lagoon and the Traditional Agroforestry System, compared to the other areas.

Keywords: Diversity, birds, land uses, vegetation, Quevedo.

1. Introducción

En el mundo existen alrededor de 9800 especies de aves, en su mayoría insectívoras [1,2]. Los ecosistemas han prodigado condiciones adecuadas que permiten la coexistencia de una diversidad de especies, entre ellas, las aves. La composición de las áreas de vegetación constituye un factor muy importante al momento de evaluar la relación de éstas con la estructura, composición y diversidad de las aves, especialmente, la cobertura de herbáceas, arbustos y árboles influye de manera positiva sobre la abundancia en poblaciones de aves [3]. De igual manera, la composición y estructura de la vegetación son elementos muy importantes en la determinación de la selección de hábitat de la avifauna [4–6] ya que suministra los recursos necesarios para sobrevivir, entre ellos: alimento, espacios de anidación, áreas de refugio de los depredadores, sitios de percha, entre otros.

Los sistemas agroforestales (SAF) han resultado una forma sostenible de dar respuesta al problema de alteración de ecosistemas [7–12]. Entre las diversas funciones que ofrecen dichos sistemas de origen antropogénico está el generar un equilibrio entre la producción agropecuaria y la conservación de la biodiversidad a partir de la conexión ecológica (corredor biológico) de remanentes naturales fragmentados [13]. El desarrollo de las poblaciones humanas, en las regiones tropicales a nivel mundial, ha incidido en un notable aumento en la transformación de paisajes naturales en ciudades, pastos, tierras agrícolas y degradadas [14]. Los cambios en la vegetación natural para el aprovechamiento de la población humana han provocado la fragmentación de hábitats y, a su vez, la degradación de distintos ecosistemas naturales, impactando de diversas formas a la biodiversidad [15].

La mayor parte de la cobertura de bosques en el Neotrópico ha sido fuertemente fragmentada, y la mayoría de los países identifica la expansión agrícola y ganadería como la principal causa de deforestación [16]. La expansión agrícola y sus prácticas intensivas han sido en gran medida responsables por la pérdida de diversidad [17], pero los sistemas agroforestales han servido como respuesta a la conservación de la biodiversidad [18]. En las aves, su movilidad, fácil localización, observación y monitoreo permite realizar listados de especies que, analizados ecológicamente, revelan las condiciones ambientales de un área determinada, lo que permite establecer recomendaciones sobre la protección de su hábitat [19].

Ecuador ocupa el primer lugar en número de especies de aves por kilómetro cuadrado [20]. Se encuentra dentro de la lista de los 17 países más biodiversos del mundo [21]. Con 1.684 especies, las aves son el grupo de vertebrados con mayor diversidad en el país, según el Listado de Aves del Ecuador en conjunto con los cambios taxonómicos realizados por el Comité de Clasificación de Sudamérica (SACC) [22]. La relación avifauna – vegetación ha sido ampliamente estudiada desde hace algunas décadas en diversos países [23–29]. Sin embargo, en el Ecuador, el estado del conocimiento sobre los impactos que generan las actividades de expansión humana sobre la diversidad de aves es bajo.

Es necesario determinar la relación entre la vegetación, la diversidad de aves y plantas en ambientes alterados constituiría una herramienta de concientización al respecto de los impactos antropogénicos en la avifauna, y posteriormente fomentaría el desarrollo de planes de manejo que permitan la armonía entre la naturaleza y los seres humanos. En este contexto, esta investigación tuvo principal objetivo identificar la diversidad de aves y plantas en ocho diferentes áreas zonificadas dentro de la finca experimental “La Represa”:

2. Materiales y métodos

2.1 Área de estudio

La investigación se realizó en la Finca Experimental La Represa de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo – Ecuador, en el periodo seco entre junio y noviembre de 2019. La zona de vida es bosque húmedo tropical.

2.1.1 Zonificación

Se determinó ocho diferentes tipos de coberturas que estructuran el uso del suelo de la finca experimental “La Represa”, esto mediante un análisis cartográfico con una ortofoto obtenida con el uso de un dron Mavic 2, y un sensor Hasselblad L1D-20C, obteniendo una un total de 320 escenas con una resolución espacial de 2.2 cm/px, datum WGS 84 UTM zona 17 S. Considerando en el vuelo una altura de 80 m sobre el terreno, con las cuales posteriormente se realizó un proceso fotogramétrico para construcción del ortofotomosaico de la finca experimental “La Represa”, proceso elaborado en Agisoft metashape® [30,31] por ser considerado uno de los mejores para procesamientos fotogramétricos [31].

Con este insumo, se procedió a zonificar el área mediante una interpretación visual, y una posterior validación de las coberturas con una visita de campo y su respectiva georreferenciación utilizando un receptor GNSS, siguiendo la metodología propuesta por Yáñez-Cajo et al.[32]. Las áreas determinadas fueron las siguientes: Alrededores de oficina central (AOC); Laguna (L); Plantación de Cacao (PC); Pachaco y Cítricos (PCI); Sistema Agroforestal Tradicional (SAT); Sistema Agroforestal Laurel (SAL); Bosque Plantado (BP); Frutales (FRU) (Figura 1).

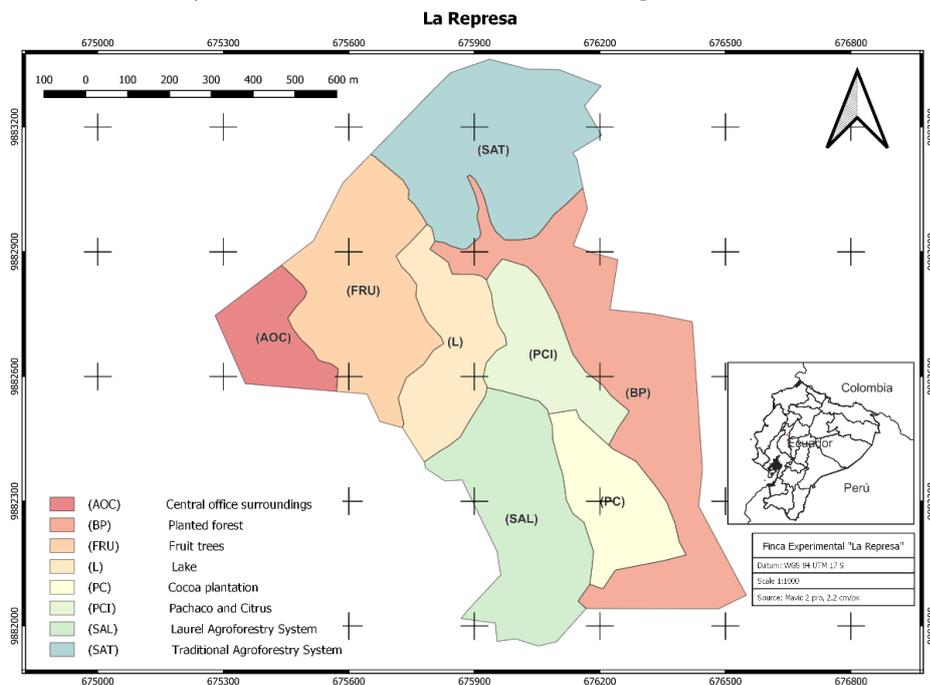


Figura 1. Mapa de ubicación de la finca experimental “La Represa”, zonificación de las coberturas para estratificación de muestreo de aves: Alrededores de oficina central (AOC); Laguna (L); Plantación de Cacao (PC); Pachaco y Cítricos (PCI); Sistema Agroforestal Tradicional (SAT); Sistema Agroforestal Laurel (SAL); Bosque Plantado (BP); Frutales (FRU).

2.2 Muestreo de aves y de vegetación

Durante los meses de junio y noviembre de 2019, se llevó a cabo un registro de aves en dos jornadas, una diurna de 06:00 a 10:00 y otra vespertina de 16:00 a 18:00, donde se registró la especie y el número de individuos avistados, así como su estatus migratorio o residente. Cada observación duró 10 minutos y comenzó 5 minutos después de llegar a cada punto para minimizar el efecto de perturbación. La identificación de las aves se realizó con la ayuda del Libro de aves del Ecuador y las guías de campo [33]. Se realizó una visita al mes, dentro de las 8 áreas de muestreo identificadas durante los seis meses de estudio.

Para evaluar la estructura de la vegetación, se seleccionaron unidades de muestreo dentro de la zonificación que presentaban diferentes estructuras vegetales en términos de estratos vertical y horizontal. Se estableció una unidad de muestreo circular con un radio de 12,62 m, lo que proporcionó una superficie de 500 m², tomando el centro de cada unidad como el punto de observación de aves. Los registros botánicos e identificación incluyeron todas las especies y el número de árboles con un diámetro superior a 7,5 cm. La altura se midió con una mira telescópica graduada y el diámetro a 1,30 m de la base utilizando una cinta diamétrica metálica.

2.3 Análisis de datos

El índice de Shannon y Weaver fue utilizado para estimar la diversidad de especies de aves y vegetación en cada unidad de muestreo [34], mientras que el índice de Jaccard se empleó para determinar la similitud de aves entre diferentes coberturas[35,36]. Se utilizó la clasificación de Ridgely et al. [37] para determinar los estados migratorios de aves. El software SPSS versión 18 se empleó para el cálculo de la abundancia, mientras que el software PAST versión 2.02 se utilizó para el cálculo del índice de Shannon, índice de similitud y análisis de conglomerados mediante cluster. Finalmente, también se llevó a cabo una prueba de t Student al 95% de probabilidad y la prueba de separación de medias de Tukey ($p > 0,05$) para determinar la significancia entre los individuos, la abundancia y la diversidad.

3. Resultados

3.1. Diversidad de vegetación

Se identificaron un total de 39 especies de plantas pertenecientes a 23 familias diferentes, siendo la familia Leguminosae la más común con 5 especies, seguida por Boraginaceae, Poaceae y Lamiaceae con 3 especies cada una. Las especies más frecuentes fueron *Theobroma cacao* (40), *Spondias purpurea* (19), *Roseodendron donnell-smithii* (15), *Musa sp* (10) y *Aegiphila alba* (8). Se observó que las coberturas de suelo que presentaron mayor cantidad de especies fueron L (11), SAT (11), SAL (8) y BP (8), mientras que FRU (3) y AOC (3) fueron las menos diversas (Tabla 1).

Tabla 1. Especies vegetales identificadas dentro de las diferentes coberturas de suelo.

Especie	Coberturas							
	AOC	L	PC	PCI	SAT	SAL	BP	FRU
<i>Aegiphila alba</i> moldenke	0	0	0	0	0	0	8	0
<i>Anthurium sp.</i>	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Bambusa sp.</i>	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Carica papaya</i> L.	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Cecropia peltata</i> L.	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Cedrela odorata</i> L.	0	0	0	0	0	0	3	0
<i>Cenchrus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Centrolobium ochroxylum</i> Rudd	0	0	0	0	0	0	5	0
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Cordia lutea</i> Lam.	0	0	0	0	0	0	1	0

<i>Cordia macrantha</i> Chodat	0	0	0	0	0	4	0	0
<i>Crescentia cujete</i> L.	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cupania cinerea</i> Poepp.	0	0	0	1	0	0	1	2
<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) D.F. Cook	0	1	0	0	0	0	3	0
<i>Ficus</i> sp.	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Heliconia bihai</i> L.	0	0	0	0	1	0	1	1
<i>Inga spectabilis</i> (Vahl) Willd	0	0	0	0	2	0	0	0
<i>Jatropha curcas</i> L.	0	0	0	3	0	0	0	0
<i>Laportea aestuans</i> (L.) Chew	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Maclura tinctoria</i> L. D. Don ex Steud.	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Mangifera indica</i> L.	1	0	0	0	0	0	0	4
<i>Momordica charantia</i> L	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Musa</i> sp.	0	0	0	10	0	0	0	0
<i>Panicum maximum</i> Jacq	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Persea americana</i> Mill	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Piper auritum</i> kunth	0	0	0	0	2	0	0	1
<i>Pteridium</i> sp.	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Pteris</i> sp.	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Roseodendron donnell-smithii</i> (Rose) Miranda	0	0	0	0	7	0	7	1
<i>Schizolobium parahybum</i> (Vell.) S.F.Blake	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Senna didymobotrya</i> (Fresen.) H.S.Irwin & Barneby	2	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spondias purpurea</i> L.	0	0	6	13	0	0	0	0
<i>Tectona grandis</i> L.f.	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Theobroma cacao</i> L.	1	0	5	5	28	1	0	0
<i>Triplaris cumingiana</i> Fisch. & C.A.Mey	0	0	0	0	0	0	5	0
<i>Virola</i> sp.	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Vitex gigantea</i> Kunth	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Xanthosoma</i> sp.	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Zanthoxylum riedelianum</i> Engl.	0	0	0	2	0	0	4	0

3.2. Diversidad de Aves

Se registraron en total 386 aves, pertenecientes a 37 especies de 25 familias y 36 géneros. La familia más diversa fue la Tyrannidae con 5 especies, seguida por las familias Icteridae y Ardeidae, cada una con 3 especies diferentes. Las especies más frecuentes con mayor número de individuos registrados fueron *Forpus coelestis* con 60 individuos, *Progne tapera* con 39, *Coragyps atratus* con 32, *Crotophaga ani* con 34, *Sporophila corvina* con 28 y *Melanerpes pucherani* con 20. Entre las diferentes coberturas de suelo, se encontró que SAT, L, SAL y BP presentaron la mayor cantidad de individuos con 11, 11, 64 y 6 respectivamente, mientras que FRU y AOC presentaron la menor cantidad con 2 individuos cada una. Esta información se encuentra en la Tabla 2.

Tabla 2. Especies de aves localizadas en las diferentes coberturas de suelo. Estados migratorios: Res= Residente; Mig-bo= Migratorio boreal; Mig-aus= Migratorio austral; Ba-tum= Bajuras Tumbecinas; Ba-cho= Bajo del Chocó.

ESPECIE	NUMERO DE INDIVIDUOS POR USOS DE SUELO								Estado Migratorio
	AOC	L	PC	PCI	SAT	SAL	BP	FRU	
<i>Amazilia amazilia</i>	0	0	6	0	0	1	3	0	Res
<i>Ardea alba</i>	0	7	0	0	0	0	0	0	Mig-bo
<i>Arremon aurantirostris</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	Res
<i>Bubulcus ibis</i>	0	4	0	0	0	0	0	0	Mig-bo
<i>Buteo magnirostris</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	Res
<i>Buteo nitidus</i>	0	0	0	0	4	0	0	0	Res
<i>Butorides striatus</i>	0	6	0	0	0	0	0	0	Res
<i>Cacicus cela</i>	0	0	0	0	6	0	0	0	Res

<i>Chloroceryle americana</i>	0	6	0	0	0	0	0	0	Res
<i>Claravis pretiosa</i>	0	0	0	2	4	0	0	0	Res
<i>Coragyps atratus</i>	0	0	0	0	0	2	30	0	Res
<i>Crotophaga ani</i>	0	10	0	0	10	14	0	0	Res
<i>Dives warszewiczi</i>	0	0	0	0	8	0	0	0	Res
<i>Eudocimus albus</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	Res
<i>Euphonia laniirostris</i>	0	0	0	0	0	0	4	0	Res
<i>Fluvicola nengeta</i>	0	10	0	0	0	0	0	0	Res
<i>Forpus coelestis</i>	0	0	0	0	0	60	0	0	Ba-tum
<i>Furnarius cinnamomeus</i>	0	0	3	0	0	0	0	10	Res
<i>Glaucidium peruanum</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	Ba-tum
<i>Herpetotheres cachinnans</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	Res
<i>Herpetotheres fulvescens</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	Res
<i>Jacana jacana</i>	0	5	0	0	0	0	0	0	Res
<i>Lepidocolaptes lacrymiger</i>	0	0	0	0	3	0	3	0	Res
<i>Megarynchus pitangua</i>	0	0	3	3	0	2	0	3	Res
<i>Melanerpes pucherani</i>	0	0	12	4	2	2	0	0	Res
<i>Momotus momota</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	Res
<i>Myiozetetes similis</i>	0	0	0	0	0	0	16	0	Res
<i>Polioptila plumbea</i>	0	0	4	0	0	0	0	0	Res
<i>Porphyryula martinica</i>	0	4	0	0	0	0	0	0	Res
<i>Progne tapera</i>	39	0	0	0	0	0	0	0	Mi-aus
<i>Pteroglossus erythropygius</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	Ba-cho
<i>Sporophila corvina</i>	0	0	0	28	0	0	0	0	Res
<i>Sturnella bellicosa</i>	6	0	0	0	0	0	0	0	Res
<i>Thraupis episcopus</i>	0	0	8	0	0	3	0	0	Res
<i>Tityra semifasciata</i>	0	6	0	0	0	0	0	0	Res
<i>Turdus maculirostris</i>	0	0	0	0	0	0	4	0	Ba-tum
<i>Tyrannus melancholicus</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	Mi-aus

El número de individuos encontrados en las áreas estudiadas presentó diferencias estadísticamente significativas con un valor de $p < 0,05$. Asimismo, se observaron diferencias significativas en la dominancia a través de la prueba t. La cobertura de suelo con mayor número de individuos registrados fue SAL (85) y BP (64), mientras que BP (36) y FRU (13) registraron un menor número de individuos (Tabla 3).

Tabla 3. Prueba de t entre grupos de uso de suelo para los parámetros de individuos, dominancia y Shannon

Parámetro	media	Std. Dv.	N	Std.Err.	t	P
Individuos	48.2500	21.82888	8	7.717675	6.251883	0.00042
dominancia	0.4113	0.253466	8	0.089614	4.589702	0.00251
Shannon	1.3076	0.723736	8	0.255879	5.110176	0.00138

En la Tabla 4 se muestra la cobertura del suelo en AOC y FRU tienen la dominancia más alta con valores de 0,7689 y 0,645, respectivamente, mientras que SAT y L tienen los valores más bajos con 0,1333 y 0,1098. El análisis de la diversidad usando el índice de Shannon indica que hay diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las diferentes coberturas del suelo. Además, se encontró que la diversidad de aves es mayor en L y SAT en comparación con PC, BP, SAL, FRU y AOC.

Tabla 4. Especie, individuos, dominancia e índice de diversidad de aves identificadas en diferentes coberturas del suelo

Usos de la tierra	Especie	Individuos	Dominancia	Shannon
AOC	2	45 c	0,7689 a	0,392 e
LAG	11	62 b	0,1098 d	2,291 a
PC	6	36 c	0,2145 cd	1,657 b
PCI	4	37 c	0,5939 b	0,812 cd
SAT	11	44 c	0,1333 d	2,185 a
SAL	8	85 a	0,5286 b	1,03 c
BP	8	64 b	0,2964 c	1,552 b
FRU	2	13 d	0,645 b	0,540 de

Letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey $p < 0,05$)

El análisis de similitud de Jaccard reveló que la mayoría de las coberturas de suelo presentaron valores bajos. Las interacciones más altas se registraron entre SAL y PC con un valor de 0,400, y entre FRU y PC con un valor de 0,333. Por otro lado, las interacciones entre L y BP, PC, FRU presentaron un valor de similitud de 0,000, mientras que AOC no presentó valores de similitud con ninguna de las otras siete coberturas de suelo evaluadas (Tabla 5).

Tabla 5. Valor de similitud de Jaccard en los diferentes usos de suelo

	LAG	PC	PCI	SAT	SAL	BP	FRU
AOC	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
LAG		0,000	0,000	0,048	0,056	0,000	0,000
PC			0,250	0,063	0,400	0,077	0,333
PCI				0,154	0,200	0,000	0,200
SAT					0,118	0,056	0,000
SAL						0,143	0,111
BP							0,000

El análisis de conglomerados identificó una separación entre AOC y las demás coberturas de suelo. Se encontraron cuatro grupos con un valor de similitud del 20% (Figura 2). Las coberturas de PC y SAL presentaron una mayor similitud del 40%. Se observó que la cobertura L no estaba relacionada con ninguno de los grupos identificados.

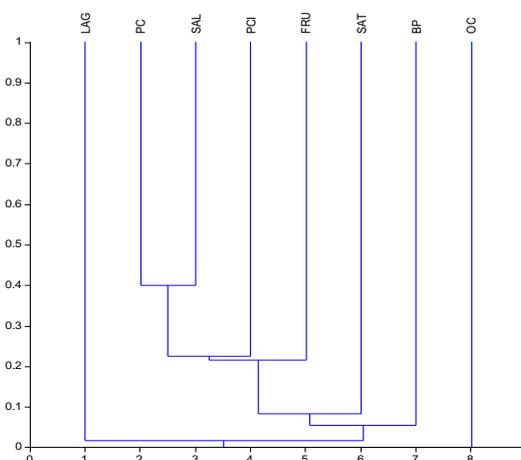


Figura 2. Análisis de conglomerados basado en el índice de similaridad de Jaccard para las diferentes coberturas de uso de suelo en la Finca Experimental La Represa, Ecuador. AOC = Alrededor de oficina central; L = Laguna; PC = Plantación de cacao; PCI = Pachaco y cítricos; SAT = Sistema agroforestal tradicional; SAL = Sistema agroforestal laurel; BP = Bosque planteado; FRU = Frutales.

4. Discusión

Se identificaron 386 aves en la zona de estudio a través de los muestreos realizados, lo que incluye 37 especies pertenecientes a 36 géneros y 25 familias según se muestra en el Cuadro 1. El orden Passeriformes fue el grupo dominante, destacándose no solo por el número de especies, sino también por la concentración de algunas de ellas. Esta alta concentración podría ser explicada por la gran flexibilidad genética de este orden, lo que le ha permitido una mayor capacidad de adaptación y eficiencia colonizadora en todos los hábitats posibles [38]. Como resultado, el orden Passeriformes es el grupo de aves más numeroso en el mundo, con más de 5000 especies, lo que representa más del 50% del total de especies de aves, según lo informado por Ziswiler [39].

A través de los muestreos realizados, se lograron identificar un total de 37 especies de aves, de las cuales 121 presentaron una dieta insectívora. Las especies *Progne tapera*, *Crotophaga ani*, *Sporophila corvina* y *Melanerpes pucherani* conformaron esta agrupación trófica. Se consideró dentro de esta categoría a todas aquellas especies que, aunque sea temporalmente, incorporan una proporción de insectos en su alimentación. Estos resultados coinciden con investigaciones previas en diferentes sistemas agroforestales (SAF), que han encontrado un elevado número de especies de aves en estos hábitats, sugiriendo que los SAF pueden tener un papel importante en la conservación de este grupo taxonómico [9,40–43].

El método utilizado para evaluar la diversidad de aves en los diferentes sistemas agroforestales fue la función de Shanon–Wiener, que combina el número de especies y la distribución de individuos en los sistemas. Para medir la dominancia de las especies se utilizó el índice de Simpson, que da mayor importancia a las especies más abundantes. Los resultados indican que el SAL y BP tienen una alta diversidad de aves en comparación con los sistemas PC y FRU, lo que sugiere que los ecosistemas alterados tienen una reducción de especies debido a la falta de nutrientes y hábitats adecuados para realizar sus nichos ecológicos de manera efectiva [44].

Se observó que el número de aves y su concentración varían significativamente entre las diferentes áreas de estudio y tipos de suelo utilizados. El mayor número de individuos se registró en el SAL, seguido de BP, mientras que PC y FRU presentaron una menor cantidad de individuos. Asimismo, se encontró una relación directa entre las coberturas de suelo y la diversidad de aves. En total se registraron 4 especies migratorias, 29 residentes y 4 transitorias, siendo la cobertura L la que permitió la llegada de la mayor cantidad de especies migratorias, según se detalla en los cuadros 2 y 3. Además, se observaron diferencias significativas en la dominancia de las especies en cada área de estudio y tipo de uso del suelo, siendo el sistema agroforestal de laurel el que registró el mayor número de individuos con 85, seguido del bosque plantado con 64, mientras que la plantación de cacao y frutales presentaron 36 y 13 individuos, respectivamente (Cuadro 2).

Los resultados obtenidos indican que la estructura y composición de los sistemas agroforestales y bosques plantados con especies autóctonas son un aspecto importante a considerar debido a que proporcionan nichos ecológicos y espacios que facilitan la llegada de especies migratorias [41,44,45]. Investigaciones previas han descrito estos sistemas bioproductivos como efectos de borde y/o corredores biológicos, que ofrecen alimento, refugio y sitios de descanso para la conservación de las aves [39,40]. La pérdida y fragmentación del hábitat pueden originar metapoblaciones faunísticas aisladas, lo que sugiere que los sistemas agroforestales desarrollados en esta investigación podrían utilizarse como corredores biológicos locales para facilitar la llegada de especies migratorias y la coexistencia de aves en nichos específicos.

5. Conclusión

La diversidad de especies de plantas y aves varía según la cobertura de suelo, siendo las áreas de SAT, L, SAL y BP las que presentan mayor diversidad de especies. En cuanto a las especies más frecuentes, se destacan *Theobroma cacao*, *Spondias purpurea*, *Roseodendron donnell-smithii*,

Forpus coelestis, *Progne tapera*, *Coragyps atratus* y *Crotophaga ani*. Asimismo, se observa una relación entre la diversidad de aves y las diferentes coberturas de suelo, siendo L y SAT las áreas con mayor diversidad de aves. Por otro lado, las interacciones entre las diferentes coberturas de suelo son bajas, lo que sugiere una clara diferenciación entre ellas. Por último, se destaca que AOC es la cobertura de suelo que presenta una mayor separación de las demás coberturas. A pesar de los resultados alentadores de esta investigación sobre la diversidad de aves en sistemas agroforestales, se deben considerar algunas limitaciones. En primer lugar, la muestra fue tomada en una sola estación del año, por lo que es posible que la diversidad de aves sea diferente en otras épocas del año.

Además, los muestreos fueron realizados solo en cuatro sistemas agroforestales, por lo que se recomienda incluir más sistemas y áreas de estudio para tener una visión más completa de la diversidad de aves en diferentes tipos de agroecosistemas. Asimismo, sería importante estudiar cómo los factores ambientales y de manejo de los sistemas agroforestales afectan la diversidad de aves, ya que esto podría ayudar a mejorar las prácticas agroforestales para favorecer la conservación de estas especies. En conclusión, se sugiere que futuras investigaciones consideren la estacionalidad de los muestreos, la inclusión de más sistemas agroforestales y el estudio de los factores ambientales y de manejo para mejorar la conservación de la diversidad de aves en agroecosistemas.

Contribución de autores: conceptualización, A.M.V.; metodología, A.M.V., E.J.R y R.J.H.F.; software, E.J.R., R.J.H.F, M.C. y J.S.N.; validación, A.M.V. ; análisis formal, A.M.V. y E.J.R.; investigación, A.M.V., E.J.R., R.J.H.F., M.C. y J.S.; recursos, A.M.V., M.C. y R.J.H.F; curaduría de datos, J.S.N. y R.J.H.F.; redacción-revisión y edición, A.M.V., E.J.R., R.J.H.F, M.C. y J.S.; visualización, R.J.H.F y E.J.R; supervisión, A.M.V; administración de proyectos, A.M.V y E.J.R; adquisición de fondos, A.M.V.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. Ibarra, F. de M.M.; Cruzado, C.E. Avistamiento de Aves En El Campus de La Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú. *Biotempo* **2017**, *14*, 167–177.
2. Nyffeler, M.; Şekercioğlu, Ç.H.; Whelan, C.J. Insectivorous Birds Consume an Estimated 400–500 Million Tons of Prey Annually. *Sci. Nat.* **2018**, *105*, 1–13.
3. Leveau, L.M.; Leveau, C.M. Comunidades de Aves En Un Gradiente Urbano de La Ciudad de Mar Del Plata, Argentina. *El hornero* **2004**, *19*, 13–21.
4. Lisk, D.J. Environmental Implications of Incineration of Municipal Solid Waste and Ash Disposal. *Sci. Total Environ.* **1988**, *74*, 39–66, doi:10.1016/0048-9697(88)90128-3.
5. Karr, J.R.; Roth, R.R. Vegetation Structure and Avian Diversity in Several New World Areas. *Am. Nat.* **1971**, *105*, 423–435.
6. Cody, M.L. Habitat Selection in Birds: The Roles of Vegetation Structure, Competitors, and Productivity. *Bioscience* **1981**, *31*, 107–113.
7. Vizzarri, V.; Lombardo, L.; Novellis, C.; Rizzo, P.; Pellegrino, M.; Cruceli, G.; Godino, G.; Zaffina, F.; Ienco, A. Testing the Single and Combined Effect of Kaolin and Spinosad against *Bactrocera Oleae* and Its Natural Antagonist Insects in an Organic Olive Grove. *Life* **2023**, *13*, doi:10.3390/life13030607.
8. Romero-Díaz, C.; Ugalde-Lezama, S.; García-Núñez, R.M.; Marcos-Rivera, U.; Cruz-Miranda, Y. Comportamiento Trófico de Aves Insectívoras En Sistemas Agroforestales Inmersos En Bosque Mesófilo. *Rev. Mex. ciencias agrícolas* **2020**, *11*, 241–252.
9. Cabral, J.P.; Faria, D.; Morante-Filho, J.C. Landscape Composition Is More Important than Local Vegetation Structure for Understory Birds in Cocoa Agroforestry Systems. *For. Ecol. Manage.* **2021**, *481*, 118704.
10. Torres, B.; Bravo, C.; Torres, A.; Tipán-Torres, C.; Vargas, J.C.; Herrera-Feijoo, R.J.; Heredia-R, M.; Barba, C.; García, A. Carbon Stock Assessment in Silvopastoral Systems along an Elevational Gradient:

- A Study from Cattle Producers in the Sumaco Biosphere Reserve, Ecuadorian Amazon. *Sustainability* **2023**, *15*.
11. Torres, B.; Herrera-Feijoo, R.; Torres, Y.; García, A. Global Evolution of Research on Silvopastoral Systems through Bibliometric Analysis: Insights from Ecuador. *Agronomy* **2023**, *13*, 479.
 12. Torres, B.; Espinoza, Í.; Torres, A.; Herrera-Feijoo, R.; Luna, M.; García, A. Livelihood Capitals and Opportunity Cost for Grazing Areas' Restoration: A Sustainable Intensification Strategy in the Ecuadorian Amazon. *Animals* **2023**, *13*, 714.
 13. Marconi, L.; Armengot, L. Complex Agroforestry Systems against Biotic Homogenization: The Case of Plants in the Herbaceous Stratum of Cocoa Production Systems. *Agric. Ecosyst. Environ.* **2020**, *287*, 106664.
 14. Achard, F.; Eva, H.D.; Stibig, H.-J.; Mayaux, P.; Gallego, J.; Richards, T.; Malingreau, J.-P. Determination of Deforestation Rates of the World's Humid Tropical Forests. *Science (80-.)*. **2002**, *297*, 999–1002.
 15. Foley, J.A.; DeFries, R.; Asner, G.P.; Barford, C.; Bonan, G.; Carpenter, S.R.; Chapin, F.S.; Coe, M.T.; Daily, G.C.; Gibbs, H.K. Global Consequences of Land Use. *Science (80-.)*. **2005**, *309*, 570–574.
 16. Armenteras, D.; Rodríguez Eraso, N. Forest Deforestation Dynamics and Drivers in Latin America: A Review since 1990. *Colomb. For.* **2014**, *17*, 233–246.
 17. Tilman, D.; Balzer, C.; Hill, J.; Befort, B.L. Global Food Demand and the Sustainable Intensification of Agriculture. *Proc. Natl. Acad. Sci.* **2011**, *108*, 20260–20264.
 18. Jose, S. Agroforestry for Ecosystem Services and Environmental Benefits: An Overview. *Agrofor. Syst.* **2009**, *76*, 1–10.
 19. Herrando, S.; Anton, M.; Sardà-Palomera, F.; Bota, G.; Gregory, R.D.; Brotons, L. Indicators of the Impact of Land Use Changes Using Large-Scale Bird Surveys: Land Abandonment in a Mediterranean Region. *Ecol. Indic.* **2014**, *45*, 235–244, doi:10.1016/j.ecolind.2014.04.011.
 20. García, G.S. *El País de La Biodiversidad: Ecuador*, Jardín Botánico de Quito, 2014; ISBN 9942137610.
 21. Díaz, S.H.; Lasso, S. Belleza y Colorido de Las Aves, Una Experiencia Incomparable En Mindo. *Kalpana* **2014**, 8–21.
 22. Freile, J.F.; Brinkhuizen, D.M.; Greenfield, P.J.; Lysinger, M.; Navarrete, L.; Nilsson, J.; Boyla, K.A. Lista de Las Aves Del Ecuador. *Checkl. Birds Ecuador. Com. Ecuatoriano Regist. Ornitológicos. Obtenido <https://ceroecuador.wordpress.com>* **2018**.
 23. Almazán-Núñez, R.C.; Puebla-Olivares, F.; Almazán-Juárez, Á. Diversidad de Aves En Bosques de Pino-Encino Del Centro de Guerrero, México. *Acta zoológica Mex.* **2009**, *25*, 123–142.
 24. Ugalde-Lezama, S.; Valdez-Hernández, J.I.; Ramírez-Valverde, G.; Alcántara-Carbajal, J.L.; Velázquez-Mendoza, J. Distribución Vertical de Aves En Un Bosque Templado Con Diferentes Niveles de Perturbación. *Madera y bosques* **2009**, *15*, 5–26.
 25. Ugalde-Lezama, S.; Alcántara-Carbajal, J.L.; Tarango-Arámbula, L.A.; Ramírez-Valverde, G.; Mendoza-Martínez, G.D. Fisonomía Vegetal y Abundancia de Aves En Un Bosque Templado Con Dos Niveles de Perturbación En El Eje Neovolcánico Transversal. *Rev. Mex. Biodivers.* **2012**, *83*, 133–143.
 26. Barzan, F.R.; Baigorria, J.M.E.; Bó, R.F. Bird Community Diversity in Three Habitat Types in an Ecological Corridor in the Atlantic Forest of Misiones Province, Argentina. *Trop. Conserv. Sci.* **2015**, *8*, 955–974.
 27. MacGregor-Fors, I.; Blanco-García, A.; Lindig-Cisneros, R. Bird Community Shifts Related to Different Forest Restoration Efforts: A Case Study from a Managed Habitat Matrix in Mexico. *Ecol. Eng.* **2010**, *36*, 1492–1496.
 28. Bael, S.A. Van; Zambrano, R.; Hall, J.S. Bird Communities in Forested and Human-Modified Landscapes of Central Panama: A Baseline Survey for a Native Species Reforestation Treatment. *Int. J. Biodivers. Sci. Ecosyst. Serv. Manag.* **2013**, *9*, 281–289.
 29. Ramírez-Albores, J.E. Riqueza y Diversidad de Aves de Un Área de La Faja Volcánica Transmexicana, Tlaxcala, México. *Acta zoológica Mex.* **2013**, *29*, 486–512.
 30. Tinkham, W.T.; Swayze, N.C. Influence of Agisoft Metashape Parameters on UAS Structure from Motion Individual Tree Detection from Canopy Height Models. *Forests* **2021**, *12*, 250.
 31. Lastilla, L.; Belloni, V.; Ravanelli, R.; Crespi, M. DSM Generation from Single and Cross-Sensor Multi-View Satellite Images Using the New Agisoft Metashape: The Case Studies of Trento and Matera

- (Italy). *Remote Sens.* **2021**, *13*, 593.
32. Yáñez-Cajo, D.; Andrade, X.; Haro, R.; Aguas-Días, W.; Rueda-Ayala, V. Un Nuevo Enfoque Metodológico Para La Representación Geoespacial de Los Ecosistemas Neotropicales/A New Methodological Approach for the Geospatial Representation of Neotropical Ecosystems. *Rev. Geográfica Venez.* **2021**, *62*, 198–215.
 33. Cisneros-Heredia, D.F. Notes on Breeding, Behaviour and Distribution of Some Birds in Ecuador. *Bull. Ornithol. Club* **2006**, *126*, 153.
 34. Hennink, S.; Zeven, A.C. The Interpretation of Nei and Shannon-Weaver within Population Variation Indices. *Euphytica* **1990**, *51*, 235–240.
 35. Fletcher, S.; Islam, M.Z. Comparing Sets of Patterns with the Jaccard Index. *Australas. J. Inf. Syst.* **2018**, *22*.
 36. Costa, L. da F. Further Generalizations of the Jaccard Index. *arXiv Prepr. arXiv2110.09619* **2021**.
 37. Ridgely, R.S.; Greenfield, P.J.; Coopmans, P.; Kalil, G. *Aves Del Ecuador: Guía de Campo*; Fundación de Conservación Jocotoco, 2006; ISBN 9978315039.
 38. Raikow, R.J. Monophyly of the Passeriformes: Test of a Phylogenetic Hypothesis. *Auk* **1982**, *99*, 431–445.
 39. Ziswiler, V. *Zoología Especial Ediciones Omega* 1988.
 40. González-Valdivia, N.; Barba-Macias, E.; Hernández-Daumás, S.; Ochoa-Gaona, S. Avifauna in Silvopastoral Systems in the Mesoamerican Biological Corridor, Tabasco, México [Avifauna En Sistemas Silvopastoriles En El Corredor Biológico Mesoamericano, Tabasco, México]. *Rev. Biol. Trop.* **2014**, *62*, 1031–1052, doi:10.15517/rbt.v62i3.11442.
 41. Simioni, G.F.; Schmitt Filho, A.L.; Joner, F.; Farley, J.; Fantini, A.C.; Moreira, A.P.T. Response of Birds to High Biodiversity Silvopastoral Systems: Integrating Food Production and Biodiversity Conservation through Applied Nucleation in Southern Brazil. *Agric. Ecosyst. Environ.* **2022**, *324*, doi:10.1016/j.agee.2021.107709.
 42. Alonso, J.; Torres, O.; Achang, G.; Blanco, P.; Sánchez, B.; Pinto, R.; Villanueva, C. Diversity and Richness of Birds in Different Pastoral Alternatives for Milk Production in the Tropics [Diversidad y Riqueza de Aves En Diferentes Alternativas Pastoriles Para La Producción de Leche En El Trópico]. *Livest. Res. Rural Dev.* **2020**, *32*.
 43. Ocampo-Ariza, C.; Maas, B.; Castro-Namuche, J.P.; Thomas, E.; Vansynghel, J.; Steffan-Dewenter, I.; Tschamtko, T. Trait-Dependent Responses of Birds and Bats to Season and Dry Forest Distance in Tropical Agroforestry. *Agric. Ecosyst. Environ.* **2022**, *325*, 107751.
 44. Estrada-Carmona, N.; Martínez-Salinas, A.; DeClerck, F.A.J.; Vilchez-Mendoza, S.; Garbach, K. Managing the Farmscape for Connectivity Increases Conservation Value for Tropical Bird Species with Different Forest-Dependencies. *J. Environ. Manage.* **2019**, *250*, doi:10.1016/j.jenvman.2019.109504.
 45. Herrera-Feijoo, R.J.; Torres, B.; López-Tobar, R.; Tipán-Torres, C.; Toulkeridis, T.; Heredia-R, M.; Mateo, R.G. Modelling Climatically Suitable Areas for Mahogany (*Swietenia Macrophylla* King) and Their Shifts across Neotropics: The Role of Protected Areas. *Forests* **2023**, *14*, 385.



© 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>