ISSN Versión Impresa 1816-0719 ISSN Versión en línea 1994-9073 ISSN Versión CD ROM 1994-9081

The Biologist (Lima), 2025, vol. 23 (2), 253-269

The Biologist (Lima)



ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL

ARTHROPOFAUNA DIVERSITY ALONG AN ANDEAN ALTITUDINAL GRADIENT OF PERU

DIVERSIDAD DE LA ARTROPOFAUNA A LO LARGO DE UNA GRADIENTE ALTITUDINAL ANDINA DEL PERÚ

Paola Olano[1], Jorge Luis López-Bulnes[1], David Minaya[1], Lorena Alvariño[1] & José Iannacone[1,2*]

[1] Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV), Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal (LEBA), Grupo de Investigación en sostenibilidad Ambiental (GISA). Lima, Perú.
[2] Laboratorio de Zoología, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.
* Corresponding author: joseiannacone@gmail.com

Paola Esthefanie Olano-Panchano: https://orcid.org/0000-0001-5729-8934
Jorge Luis López-Bulnes: https://orcid.org/0000-0002-9583-1143
David Minaya: https://orcid.org/0000-0002-9085-5357
José Iannacone: https://orcid.org/0000-0003-3699-4732
Lorena Alvariño: https://orcid.org/0000-0003-1544-511X

ABSTRACT

The study of arthropod diversity in altitudinal gradients provides information on the state of an ecosystem affected by various environmental impacts. In the Andes of Peru, the Twin Lagoons are located in the province of Huarochirí, district of Matucana, and annex of Marachanca, Lima, Peru, at 3500 meters above sea level. The objective of the present investigation was to evaluate the diversity of arthropofauna in five points along an Andean altitudinal gradient of Peru between 2500 and 3500 meters above sea level, Huarochiri, Perú, between August and September 2022. The four types of sampling methods for collecting arthropod fauna were: manual type, entomological net, yellow traps (pantraps), and pitfall (necrotrap) during four biweekly field trips. The total number of morphospecies found was 32, with 165 individuals. The Cicadellinae sp2 morphotype was the most abundant, followed by Cicadellinae sp3. The trophic guilds presented the following sequence of importance from highest to lowest: predator (43.75%) > phytophagous (25%) > pollinator (21.86%) > omnivore (3.13%) = detritivore (3.13%) = parasitoid (3.13%). The point of highest altitude presented the highest values for four alpha diversity indices: number of individuals of the arthropofauna, Shannon-Wiener (H`), richness of Margalef, Chao-1, and Chao-2 in comparison to the other four points of sampling. The altitudinal gradient towards the Twin Lagoons of Orcococha was only found to be positively associated with the Chao-1 and Chao-2 indices, which shows a greater estimated abundance at 3500 meters above sea level. The beta diversity indices of qualitative (Jaccard) and

Este artículo es publicado por la revista The Biologist (Lima) de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [https:// creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original.

DOI: https://doi.org/10.62430/rtb20252322045

quantitative (Bray-Curtis) similarity show an absence of a pattern with the altitudinal gradient between the arthropofauna sampling points.

Keywords: Arthropods – altitudinal gradient – diversity indices – sampling

RESUMEN

El estudio de la diversidad de artrópodos en gradientes altitudinales brinda información del estado de un ecosistema afectado por diversos impactos ambientales. En los Andes del Perú, se localizan las Lagunas Gemelas en la provincia de Huarochirí, distrito de Matucana y anexo de Marachanca, Lima, Perú a 3500 msnm. El objetivo de la presente investigación fue evaluar la diversidad de la artropofauna en cinco puntos a lo largo de una gradiente altitudinal andina entre 2500 a 3500 msnm, Huarochirí, Lima, Perú, entre agosto y septiembre del 2022. Los cuatro tipos de muestreo para la recolecta de la artropofauna fueron: tipo manual, red entomológica, trampas amarillas (pantraps) y pitfall (necrotrampa) durante cuatro salidas de campo quincenales. El total de morfoespecies encontradas fue de 32 con 165 individuos, el morfotipo Cicadellinae sp2 fue el más abundante, seguidamente de Cicadellinae sp3. Los gremios tróficos presentaron la siguiente secuencia de importancia de mayor a menor: depredador (43,75%) > fitófago (25%) > polinizador (21.86%) > omnívoro (3.13%) = detritívoro (3.13%) = parasitoide (3.13%). El punto de mayor altitud presentó los mayores valores para cuatro los índices de diversidad alfa: número de individuos de la artropofauna, Shannon-Wienner (H`), riqueza de Margalef, Chao-1 y Chao-2 en comparación a los otros cuatro puntos de muestreo. La gradiente altitudinal hacia las Lagunas Gemelas de Orcococha únicamente se encontró asociada positivamente con los índices de Chao-1 y Chao-2, lo que evidencia una mayor abundancia estimada a 3500 msnm. Los índices de diversidad beta de similaridad cualitativo (Jaccard) y cuantitativo (Bray-Curtis) muestran una ausencia de un patrón con la gradiente altitudinal entre los puntos de muestreo de la artropofauna.

Palabras clave: Artrópodos – gradiente altitudinal – índices de diversidad – muestreo

INTRODUCCIÓN

Los artrópodos, tienen un papel clave en las redes tróficas, siendo algunos consumidores encargados de degradar los componentes de la materia orgánica (Chakravarthy & Sridhara, 2016; Avila-Bocanegra *et al.*, 2023). Otros son utilizados como indicadores biológicos debido a que representan aproximadamente el 80 % de las especies presentes a nivel global y con un nivel generacional relativamente corto (Wilson, 1992; Iqbal *et al.*, 2025; Malireddi *et al.*, 2025). Los artrópodos asociados a cuerpos de agua poseen requerimientos ecológicos específicos y una rápida respuesta frente a cambios medioambientales (Brown 1997; Camero, 2003; Figueroa *et al.,* 2003; Benzina *et al.,* 2019; Suhri *et al.*, 2025).

Las comunidades de artrópodos que se encuentran a lo largo de una gradiente altitudinal se explican principalmente por factores ambientales como la temperatura, la humedad, la radiación solar y la composición del suelo, que a su vez determinan la vegetación disponible. Estos factores actúan como filtros, influyendo en la disponibilidad de recursos (alimento y refugio) e interacciones como la competencia y la depredación, lo que genera patrones de diversidad que cambian con la altitud (Joshi *et al.*, 2008; Esquivel, 2018; Zhao *et al.*, 2023). La artropofauna que habita en diferentes altitudes proporciona información sobre el grado de perturbación de dichos ambientes (Hodkinson, 2005; Maveety *et al.,* 2011, 2014).

Cambios altitudinales en la composición de la artropofauna en los andes han sido realizados en algunos taxones como Geometridae (Lepidoptera) (Brehm *et al.,* 2003), mariposas de varias familias (Lepidoptera) (Pyrcz *et al.*, 2013), Carabidae (Coleoptera) (Maveety *et al.*, 2011, 2014), Trichoptera (Ríos-Touma *et al.*, 2022), hormigas (Hymenoptera) (Camacho & Avilés, 2019), entre otros taxones.

Por otro lado, en los Andes peruanos, las lagunas Gemelas de Orcococha se ubican en la provincia de Huarochirí, en el distrito de Matucana y anexo de Marachanca, a 3500 msnm y abarca la región mesoandina (2500-3800). Es un reservorio artificial compuesto por dos lagunas

gemelas, las cuales se originan de otra laguna altoandina llamada El Arca ubicada a 4650 msnm, proveniente de la vertiente occidental de la Cordillera de los andes, la cual se encarga de distribuir el agua al poblado de Marachanca. El distrito de Matucana posee diversos ecosistemas de suma importancia para la conservación; sin embargo, la información que se tiene sobre flora y fauna en la zona de las lagunas altoandinas es escasa y poco conocida por el difícil acceso y/o condiciones climáticas (León *et al.*, 2006; Aquino *et al.*, 2017, 2018). En especial la fauna entomológica terrestre cercana a lagunas alto andinas es escasa. El objetivo de la presente investigación fue evaluar la diversidad de la artropofauna a lo largo de una gradiente altitudinal andina del Perú.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El trabajo se desarrolló en el distrito de Matucana (11° y 12° LS, 76° y 77° LO), provincia de Huarochirí, Lima, Perú. Se evaluó una gradiente altitudinal andina de 1000 m de una ruta con potencial turístico hacia un reservorio pequeño denominado "laguna Orcococha" que parece compuesto por dos lagunas gemelas, que se encuentra en camino al Centro Poblado de Marachanca denominado la "Holanda limeña", distrito de Matucana en la región de quechua. Cada laguna gemela cubre un área de 457,65 m^2 y 430,42 m^2. Estas lagunas se ubican a 6,4 km de la ciudad de Matucana. En la gradiente altitudinal se tomaron cinco puntos (P) a una distancia entre cada uno de 250 m (Figura 1) (Joshi *et al.*, 2008).

Punto 1 (P1) (2500 msnm): presentó escasa vegetación, siendo un área un relativamente seca y con presencia de gramíneas, y con viviendas de pobladores.

Punto 2 (P2) (2750 msnm): similar al punto 1 con respecto a la cantidad de vegetación presente, pero con ausencia de viviendas en el área.

Punto 3 (P3) (3000 msnm): la cobertura vegetal en esta zona fue reducida pero no tan escasa, teniendo la presencia de pobladores cercano al Centro Poblado de Marachanca, y de animales como equinos y perros en el área.

Punto 4 (P4) (3250 msnm): presentó un incremento de vegetación, y una acequia denominada ¨Encantada¨, como un posible atrayente para la fauna.

Punto 5 (P5) (3500 msnm): mostró una la mayor cobertura vegetal y humedad debido a la presencia cercana a laguna Orcococha.

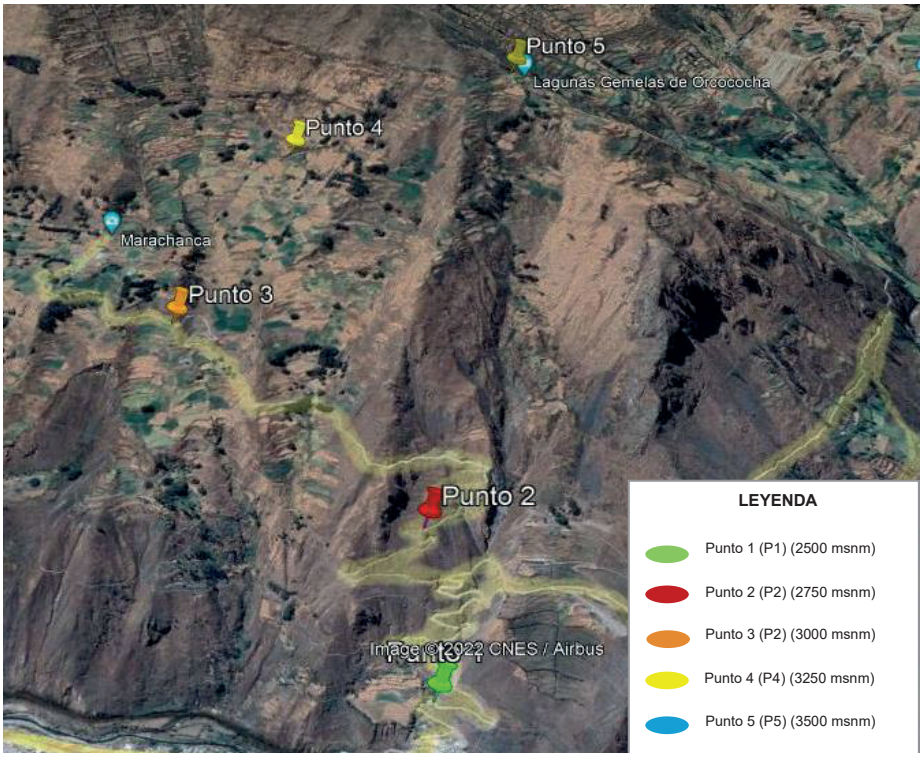


Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo hacia las Lagunas Gemelas de Orcococha en ruta por el Centro Poblado de Marachanca, distrito de Matucana, Provincia de Huarochirí, Lima, Perú.

Muestreo de campo

Se realizó en la época húmeda durante agosto y septiembre del 2022 (criterio temporal) cada quince días (4 fechas, S). La temperatura ambiental fluctuó entre 4ºC a 19ºC, y de precipitación de 0,3 a 0,6 mm. Se usaron cuatro métodos de captura en cada uno de los sitios de evaluación:

Trampa de caída (pitfall): constó de diez trampas sin cebo, y compuesta cada una de un envase de plástico cilíndrico con capacidad de 1 L, la cual contenía una solución jabonosa compuesta de agua, detergente y sal (Rossi-La Torre, 2022), y se depositó aproximadamente el equivalente a un cuarto de envase en cada trampa de caída. Estas trampas fueron colocadas dentro de la superficie de la tierra (Garay *et al.*, 2022; Montes *et al.*, 2023), y se mantuvieron separadas cada 10 m realizando un transecto lineal total de 100 m por punto. Estas trampas estuvieron activas durante 24 h de exposición en cada salida de recolecta, y posteriormente fueron recogidos todos los individuos de la artropofauna (Sánchez *et al.*, 2019; Rossi-La Torre, 2022).

Trampa amarilla (Pantrap): consistió en bandejas plásticas de 30 x 15 x 3 cm de color amarillo que contenían una solución jabonosa compuesta de agua, detergente y sal. Se utilizaron diez trampas, la cuales fueron ubicadas a nivel del suelo y estuvieron separadas cada una por 20 metros, y manteniéndose activas durante 24 h de exposición (Collart, 2010).

Recolecta Manual: Se aplicó esta técnica que presentó una duración de 20 minutos por punto de muestreo. Esta actividad consistió principalmente en el levantamiento de piedras por búsqueda intensiva.

Red entomológica: Se realizó mediante sacudida de arbustos y posterior captura de insectos voladores con una red entomológica, la cual estuvo conformada por un aro de ~40 cm de diámetro, una bolsa cónica de tela (generalmente de nilón) reforzada en la base para mayor durabilidad y un mango de 60 cm. La búsqueda intensiva fue realizada por 20 minutos en cada punto de muestreo (Sánchez *et al.*, 2019).

Los insectos recolectados en campo fueron colocados en bolsas plásticas con alcohol etílico al 70% y debidamente rotulados (Márquez, 2005; Rossi-La Torre, 2022).

Análisis e identificación de especies

Los ejemplares recolectados fueron observados al microscopio estereoscopio para determinar su taxón a nivel de morfoespecie mediante el uso de claves taxonómicas especializadas (Snodgrass, 1935; Fernández & Sharkey, 2006; Bronw *et al.,* 2010). Para la identificación taxonómica del Orden Coleoptera, principalmente de las familias Carabidae, Cerambycidae, y Coccinellidae fueron empleadas claves dicotómicas especializadas (Venero, 1981; Martínez, 2000, 2005). Para el orden Araneae, y la familia Salticidae se utilizaron las claves taxonómicas de Grismado *et al.* (2014), y Cruz *et al.* (2019). Para el caso del Orden Diptera, principalmente para Tachinidae, Syrphidae y Sarcophagidae se usaron las claves dicotómicas de identificación de Shewell (1987), y de Buenaventura *et al.* (2009). En el caso del Orden Hemiptera, para identificar las familias Pentatomidae, Cicadellidae y Membracidae fueron usada las claves taxonómicas de Ceballos (1967, 1980). Para el Orden Hymenoptera, para las familias Apidae y Vespidae se usaron las claves taxonómicas de Fernández & Sharkey (2006). Además, se realizaron consultas a entomólogos especializados en cada grupo taxonómico del Museo de Historia Natural del Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal (LEBA), Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV). La artropofauna a nivel de morfoespecie se clasificó en seis Gremios tróficos (GT): depredador, detritívora, fitófago, omnívora, parasitoide y polinizador, según el rol trófico de cada morfoespecie (Garay *et al.*, 2022; Montes *et al.*, 2023).

Cada taxón, fue separado a nivel de morfoespecie en crioviales de plástico y finalmente fueron montados con agujas entomológicas y depositadas en el Museo de Historia Natural de la Escuela Profesional de Biología, Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú. Los códigos de depósito en la colección entomológica fueron ENT004830 a ENT004861.

Procesamiento de datos

El ordenamiento de los datos de la artropofauna recolectada se realizó en Excel Office 2016 y los cálculos de los índices de diversidad alfa (Moreno, 2001; Garay *et al.*, 2022; Montes *et al.*, 2023), del esfuerzo de muestreo (Chao-1 y Chao-2; Delgado *et al.*, 2008; Joshi *et al.*, 2008; StatSoft, 2011; Codwell, 2013; Sánchez *et al.*, 2019), y de la diversidad beta (Moreno, 2001). Las estadísticas inferenciales se realizaron con el paquete estadístico Paleontological Statistics software package for education and data analysis version 2.16 – 2012 (PAST v 2.16) (Borcard *et al.*, 2011).

Aspectos éticos: Se ejecutó la presente investigación en base a indicado en la resolución y el informe técnico Nº

D000054-2022-MIDAGRI-SERFOR-DGGSPFFS-DGSPFS, con código de Autorización de permiso de recoleta Nº AUT-IFS-2022-037.

RESULTADOS

La riqueza taxonómica de la artropofauna en la gradiente altitudinal andina del Perú fue de cinco órdenes (Hymenoptera, Diptera, Coleoptera, Hemiptera y Araneae), 15 familias y 32 morfoespecies de artrópodos, colectándose un total de 165 especímenes (Tabla 1; Figura 1). El orden Hemiptera fue el más abundante (53,33%), del total de morfoespecies colectadas. El segundo orden en número de especímenes fue Coleóptera (23,63%), seguido de Díptera (15,15%). En menores proporciones estuvieron presentes los órdenes Hymenoptera y Araneae. El orden que presentó mayor diversidad de familias fue Coleoptera (n=4) y Diptera (n=4). Las familias que presentaron las mayores abundancias de individuos fueron Cicadellidae (41,21%) y Carabidae (14,54%), siendo Cicadellinae sp 2, perteneciente a la familia Cicadellidae, es la más dominante, seguida por Cicadellinae sp 3 (Tabla 1). Los gremios tróficos presentaron la siguiente secuencia de importancia de mayor a menor: depredador (43,75%) > fitófago (25%) > polinizador (21.86%) > omnívoro (3.13%) = detritívoro (3.13%) = parasitoide (3.13%).

Tabla 1. Artropofauna registrada en una gradiente altitudinal andina en Huarochirí, Lima, Perú. P1 = 2500 msnm. P2 = 2750 msnm. P3 = 3000 msnm. P4 = 3250 msnm. P5 = 3500 msnm. GT = Gremio Trófico.

Familia	Morfoespecie	P1	P2	P3	P4	P5	Total	GT
Apidae	*Apis mellifera* Linnaeus, 1758	0	0	0	0	2	2	Polinizador
Vespidae	*Polistes weyrauchorum* Willink, 1964	0	0	1	0	1	2	Omnívoro
	Augochlora matucanensis Cockerell, 1914	0	3	0	1	0	4	Polinizador
Halictidae	*Augochlora* sp1	0	0	0	1	0	1	Polinizador
	Augochlora sp2	0	0	0	1	0	1	Polinizador
Sarcophagidae	*Sarcophaga* sp.	3	1	5	0	2	11	Detritívoro
Tachinidae	*Tachina* sp.	0	0	0	0	1	1	Parasitoide
	Austroscaeva sp.	0	2	0	0	0	2	Polinizador
Syrphidae	*Allograpta exotica* (Wiedemann, 1830)	0	0	1	0	0	1	Polinizador
	Syrphus shorae Fluke, 1950	0	0	0	1	0	1	Polinizador
Dolichopodidae	*Hydrophorus intentus* Aldrich, 1911	5	0	4	0	0	9	Depredador
Cerambycidae	*Grammopsoides tenuicornis* (Casey, 1913)	0	0	0	0	2	2	Fitófago
	Harpalus sp1	0	1	0	0	1	2	Depredador
	Harpalus sp2	0	0	0	0	3	3	Depredador
Carabidae	*Harpalus* sp3	0	0	0	0	1	1	Depredador
	Pterostichus sp.	0	0	3	0	3	6	Depredador
	Carabinae sp.	0	0	0	0	12	12	Depredador
	Hippodamia convergens Guerin-Meneville 1842	0	0	0	0	1	1	Depredador
	Cheilomenes sexmaculata (Fabricius, 1781)	0	0	0	0	1	1	Depredador
Coccinellidae	*Eriopis* sp.	0	0	0	0	1	1	Depredador
	Mononeda ostrina (Erichson, 1847)	0	0	0	1	0	1	Depredador
	Neda patula Erichson, 1847	0	0	0	3	0	3	Depredador
	Cycloneda arcula (Erichson, 1847)	0	0	1	0	0	1	Depredador
Chrysomelidae	*Diabrotica speciosa* Germar, 1824	0	4	0	0	0	4	Fitófago
	Altica sp.	1	0	0	0	0	1	Fitófago
Pentatomidae	*Dichelops* sp.	0	0	0	0	1	1	Fitófago

(Continúa Tabla 1)

(Continúa Tabla 1)

Cicadellidae	Cicadellinae sp1	1	0	0	0	4	5	Fitófago
	Cicadellinae sp2	4	1	1	17	9	32	Fitófago
	Cicadellinae sp3	8	4	0	12	7	31	Fitófago
Membracidae	*Ceresa* sp.	0	0	0	0	19	19	Fitófago
Salticidae	*Dendryphantes* sp1	0	0	0	0	2	2	Depredador
	Dendryphantes sp2	0	0	0	0	1	1	Depredador

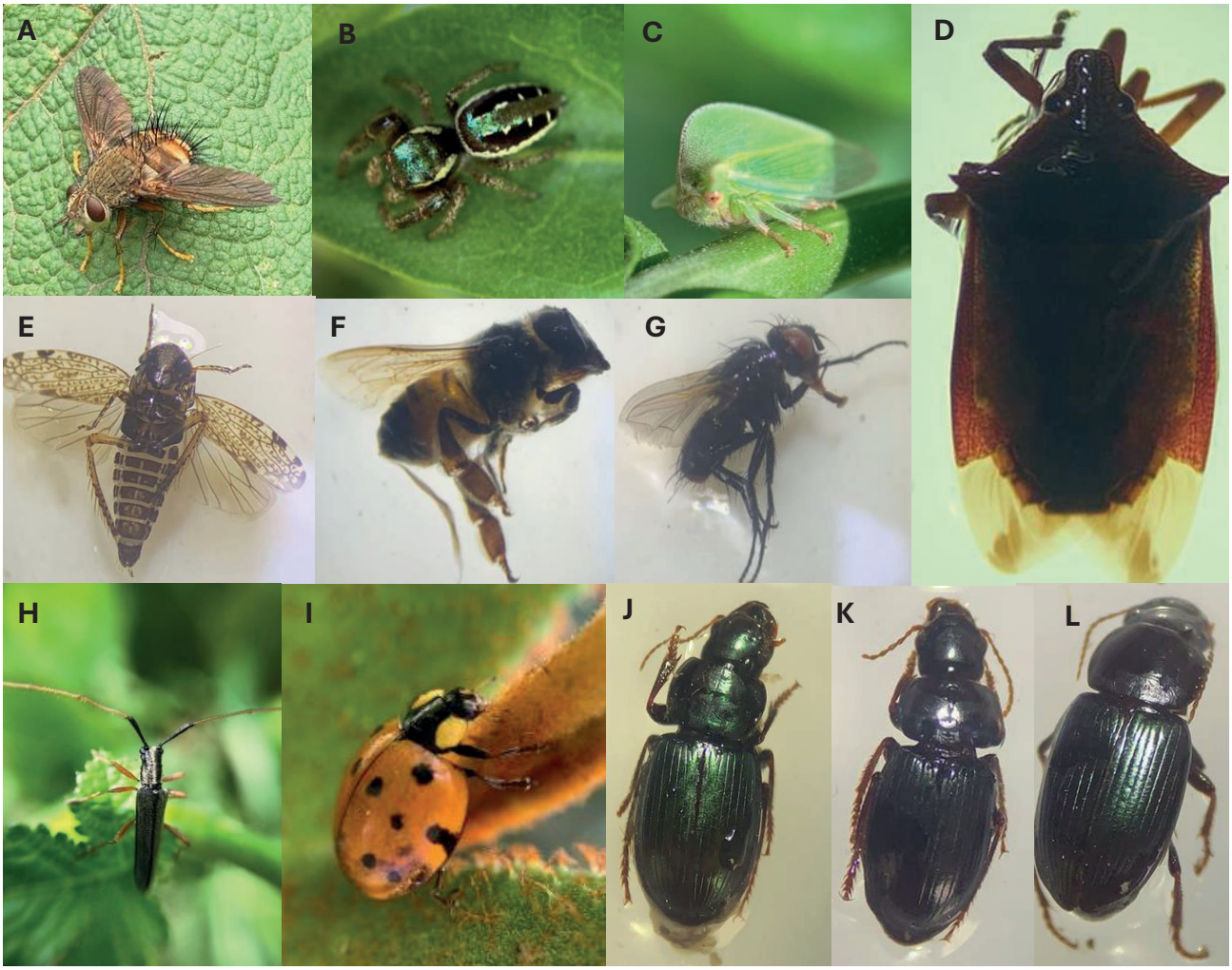


Figura 1. Algunas morfoespecies de artrópodos en una gradiente altitudinal andina del Perú. A. Tachinidae sp., B. *Dendryphantes* sp1, C. *Ceresa* sp., D. *Dichelops* sp., E. Cicadellidae sp1, F. *Apis mellifera* (Linnaeus, 1758), G. Sarcophagidae sp., H. *Grammopsoides tenuicornis* (Casey, 1913), I. *Hippodamia convergens* (Guérin-Méneville, 1842), J. *Harpalus* sp1, K. *Harpalus* sp2, L. *Harpalus* sp.3.

En relación a los métodos de trampeo de recoleta, la mayor abundancia de artrópodos presentó la siguiente secuencia en orden descendente: trampa amarilla (Pantrap) (43,64%), seguido de la trampa de caída (pitfall) (27,88%), recolecta manual (23,64%), y finalmente, red entomológica (4,85%) (Tabla 2). Con relación a los puntos de evaluación, se notó la siguiente secuencia en abundancia (N) de artrópodos: P5 (44,84%) > P4 (22,42%) > P1 (13,33%) > P2 (9,69%) = P3 (9,69%).

Tabla 2. Abundancia de artrópodos por tipo de *método de trampeo* en cinco puntos de muestreo en una gradiente altitudinal andina del Perú.

Método de trampeo de recolecta	%	P1 (2500 msnm)	P2 (2750 msnm)	P3 (3000 msnm)	P4 (3250 msnm)	P5 (3500 msnm)	Total
Amarilla	43,64	15	4	12	16	25	72
Manual	23,63	0	5	3	4	27	39
Pitfall	27,88	7	6	0	16	17	46
Red manual	4,85	0	1	1	1	5	8
Total		22	16	16	37	74	165
%		13,33	9,69	9,69	22,42	44,84	

Diversidad de la artropofauna en puntos (P) de muestreo en una gradiente altitudinal

Diversidad alfa: A nivel de morfoespecies de artrópodos, el P con mayor riqueza específica fue P5 con el mayor índice de d, H`, D y $C_1$ (Tabla 3). El índice de J` a nivel de morfoespecies, mostró el valor más alto para el P2 y el índice de C2 presentó los valores más altos para P4 y P5, con esfuerzos de muestreo para la Riq de 44.44% y de 75.53%, y para el N de 59.01% y de 82.31%, respectivamente (Tabla 3). Al comparar entre P, para los valores de H` se observó que presentó diferencias entre P1-P5 (t=4,64; p= 0,001), P2-P5 (t=3,17; p=0,003), P3-P5 (t=3,22; p=0,003), y finalmente P4-P5 (t=4,96; P=0,001). Sin embargo, no se observaron diferencias significativas para el resto de comparación de P (t=0,27-1,55; p=0,12-0,78). De igual forma al comparar entre P, para los valores de D se observó que presentó diferencias entre P1-P5 (t=2,00; p= 0,05), y P4-P5 (t=3,41; P=0,001). No se evidenciaron diferencias significativas para el resto de comparaciones de P (t=0,30-1,87; p=0,06-0,76).

Tabla 3. Análisis de diversidad alfa de los artrópodos por salidas y por puntos de muestreo en una gradiente altitudinal andina del Perú. P. Puntos de muestreo; S. Salidas. Riq = riqueza. N = número de individuos; d = índice de Margalef; J' = equidad de Pielou; H' = índice de Shannon-Wiener; D = índice de Simpson; C_1 = Chao-1; C_2 = Chao-2.

P	Riq	N	d	J'	H'	D	C_1	C_2
P1	6	22	1.61	0.87	1.56	0.76	7	9.47
P2	7	16	2.16	0.91	1.78	0.81	8.5	28.79
P3	7	16	2.16	0.88	1.71	0.78	13	51.65
P4	8	37	1.93	0.68	1.41	0.67	18	62.67
P5	20	74	4.41	0.81	2.45	0.87	27.2	60.91
S	**Riq**	**N**	**d**	**J'**	**H'**	**D**	**C_1**	
S1	9	33	2.28	0.77	1.71	0.75	11	
S2	12	62	2.66	0.72	1.81	0.76	15.33	
S3	14	35	3.65	0.86	2.27	0.85	19.25	
S4	11	35	2.81	0.85	2.04	0.82	13	
Método de trampeo de recolecta	**Riq**	**N**	**d**	**J'**	**H'**	**D**	**C_1**	
Amarilla	17	72	3.74	0.82	2.33	0.12	29	
Manual	8	39	2.18	0.87	1.92	0.17	9.5	
Pitfall	9	46	1.82	0.66	1.37	0.33	11	
Red manual	7	8	2.88	0.97	1.91	0.15	14.5	

Diversidad beta: El índice cualitativo de Jaccard indica que hay una consistencia global de 0,61 en la composición de especies entre los cinco P (Fig 2a). Se muestra una alta similitud en los puntos de P1 y P3 (Fig 2a). El índice cuantitativo de Bray-Curtis mediante el dendrograma de similitud, indica una consistencia general de 0,54 (Fig 2b). En la Fig. 2b se muestra una similitud alta en los P de 2500 y 3000 msnm; y la más baja similitud a 2750 msnm.

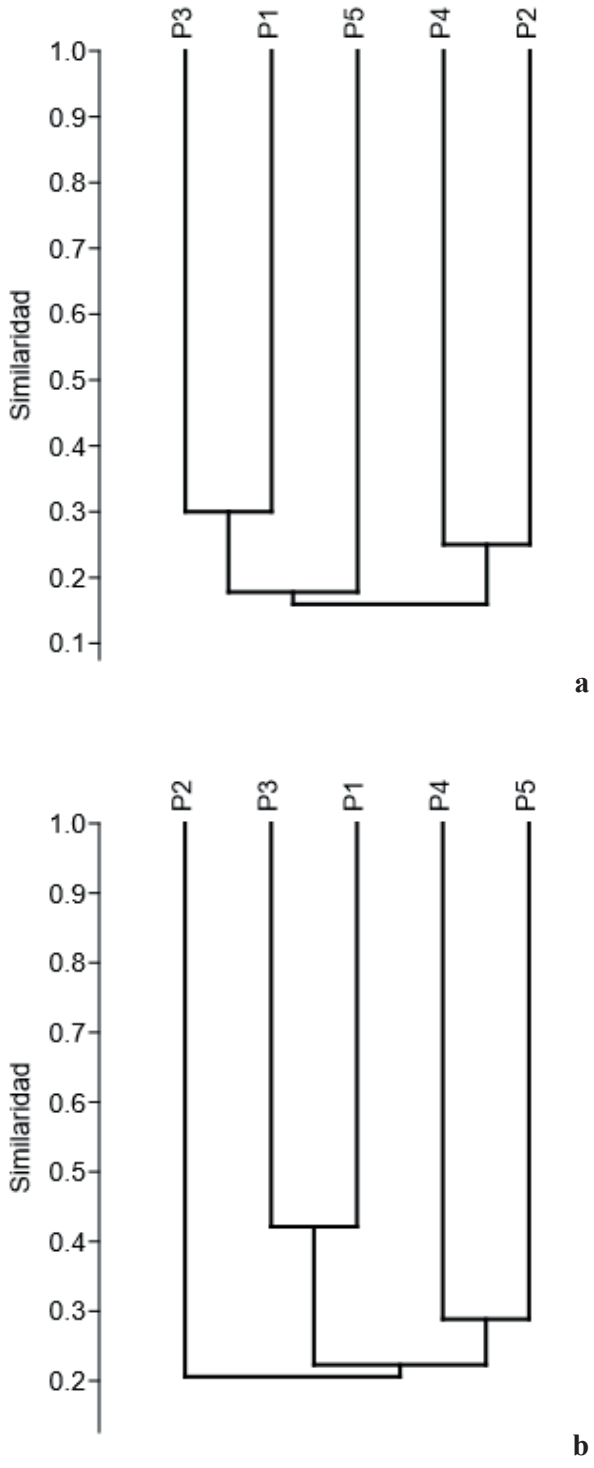


Figura 2. Diversidad beta con el análisis de similitud a nivel de morfoespecies de artropofauna en cinco puntos de muestreo (P) ubicados en la provincia de Huarochirí, en una gradiente altitudinal andina del Perú. a. Jaccard. b. Bray Curtis.

Chao-1 y Chao-2 indican una asociación directa con la gradiente altitudinal (r_p= 0,96; p =0,08, y r_p=0,94 y P= 0,01), respectivamente. A medida que incrementa la gradiente altitudinal, aumentan estos dos índices de diversidad alfa. Para Riqueza, N, d, J`, H`y D no se encontró relación significativa con la gradiente altitudinal (r_p = -0,63 a 0,83, p = 0,08 a 0,89).

Diversidad de la artropofauna relacionada a las salidas (S) de recolecta

Diversidad alfa: Los índices de diversidad asociados a las 4 S de recolectas, muestran que la Riqueza, d, J`, H`, D y C_1 presentaron valores altos para la S3 (Tabla 3). El índice de abundancia más alto fue para S2 (Tabla 3).

Al comparar entre S, para los valores de H` se observó que presentó diferencias entre S1-S3 (t=2,35; p= 0,02), y S2-S3 (t=2,12; p=0,03). Sin embargo, no se observaron diferencias significativas para el resto de comparaciones de S (t=0,45-1,46; p=0,14-0,65). De igual forma al comparar entre S de recoleta, para los valores de D no se evidenciaron diferencias significativas para todas las comparaciones (t=0,11-1,61; p=0,10-0,90).

Diversidad beta: El índice cualitativo de Jaccard indica que hay una similitud de 0.93. La Fig. 3a muestra una baja similitud en la S4 y altas en la S1 y S2. El índice cuantitativo de Bray-Curtis indica una similitud de 0,97. La Fig. 3b muestra una similitud alta en la S1 y S2 de colecta y bajas en la S3 y S4.

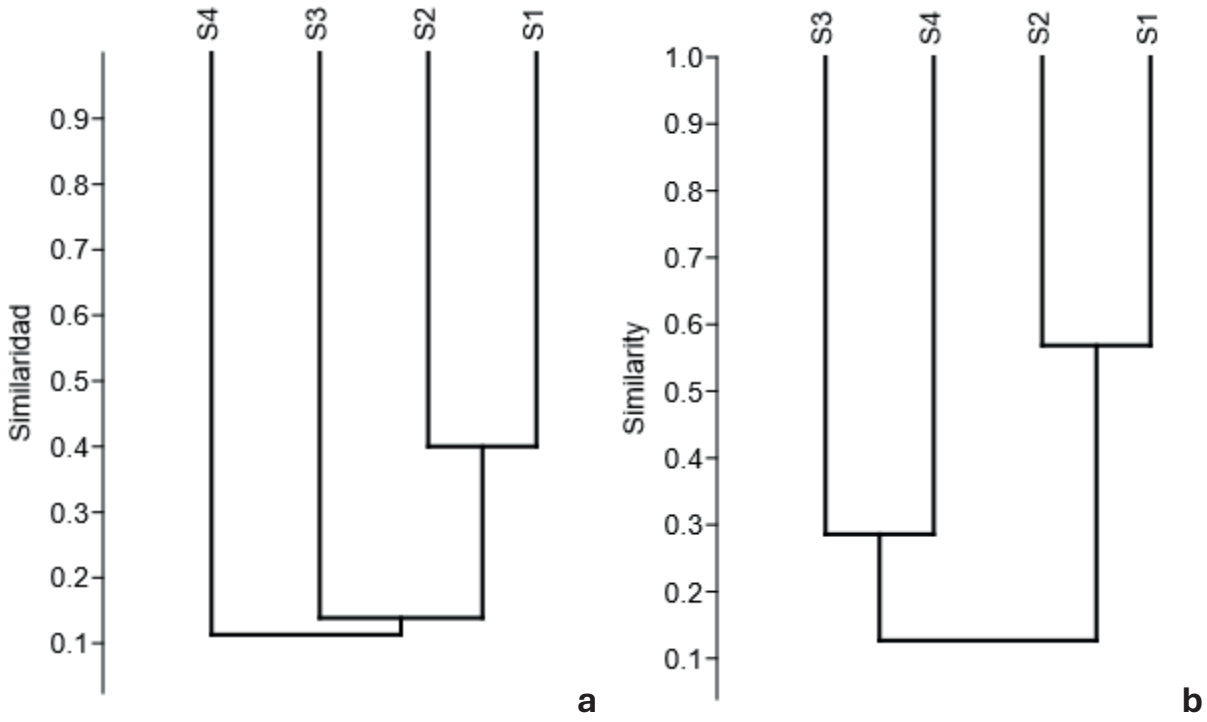


Figura 3. Diversidad beta con el análisis de similitud a nivel de numero de colecta de artropofauna en cinco puntos de muestreo ubicados en la provincia de Huarochirí, en una gradiente altitudinal andina del Perú. a. Jaccard. b. Bray Curtis.

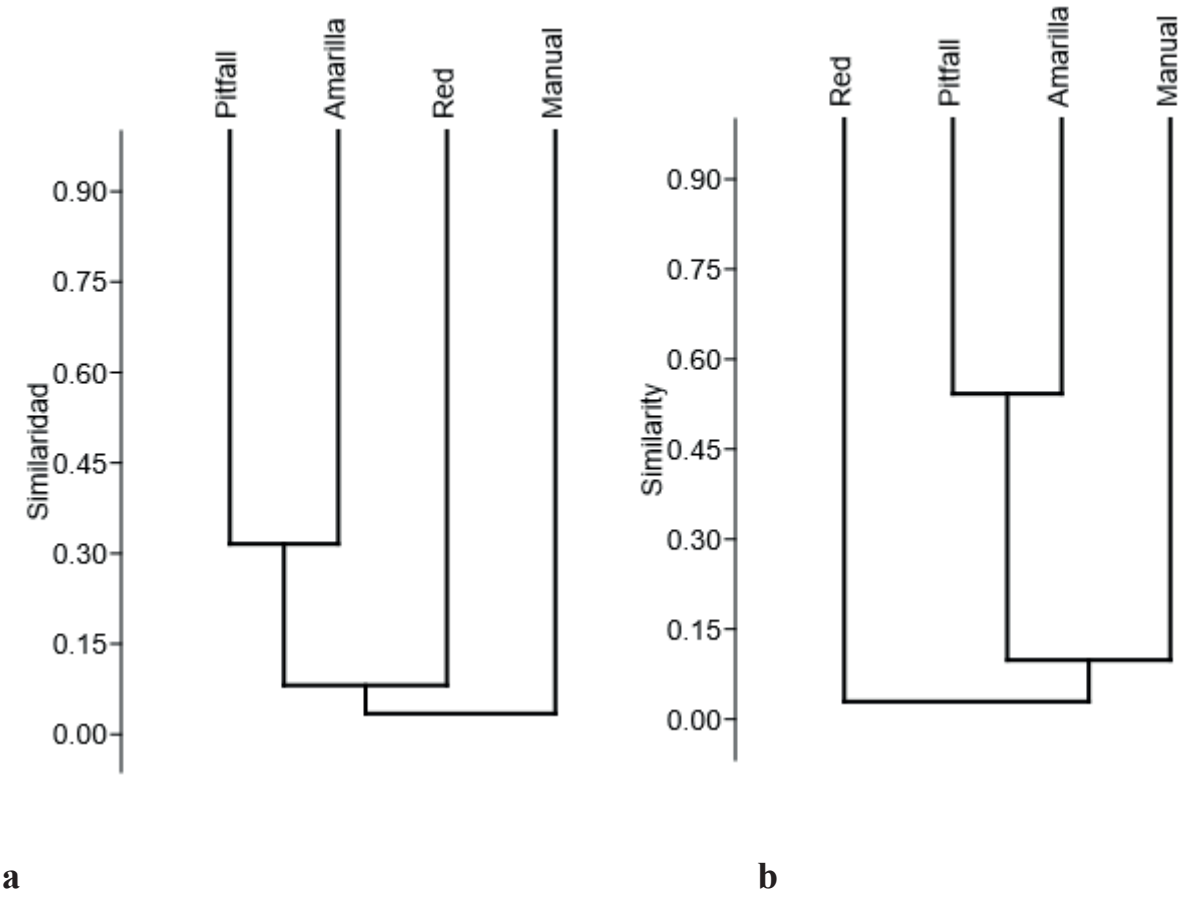
Diversidad de la artropofauna relacionada a métodos de trampeo de recolecta

Diversidad alfa: Los índices de diversidad asociados a los cuatro métodos de trampeo, muestran que la R, N, d, H`, C_1 presentaron valores altos para la trampa amarilla (Tabla 3). El índice J fue más alto para la red manual, y el índice D fue más alto para la trampa pitfall (Tabla 3).

Al comparar entre métodos de trampeo de recolecta, para los valores de H` se observó que presentó diferencias entre trampa amarilla-recolecta manual (t=2,47; p= 0,01), trampa amarilla-trampa pitfall (t=5,13; p=0,001), y recolecta manual-trampa pitfall (t=2,85; p=0,005). Sin embargo, no se observaron diferencias significativas para el resto de comparaciones de métodos de trampeo de recolecta (t=0,44-1,13; p=0,08-0,57). De igual forma al comparar entre métodos de trampeo de recolecta, para los valores de D se evidenciaron diferencias significativas para los valores trampa amarilla-trampa pitfall (t=4,36; p=0,001), y entre recolecta manual-trampa pitfall (t=2,77; p=0,007).

Finalmente, no se vieron diferencias para D en el resto comparaciones (t=0,15-1,98; p=0,06-0,86).

Diversidad beta: El índice cualitativo de Jaccard y el índice cuantitativo de Bray-Curtis indican que hay una similitud de 0,61 y 0,54 (Fig. 4ab), respectivamente. La Fig. 4ab señala para el índice cualitativo de Jaccard, y para el índice cuantitativo de Bray-Curtis entre la trampa amarilla y pitfall la mayor similitud, y en cambio la recoleta manual, presentó la menor similitud con el resto de métodos de recolecta de artropofauna.



a **b**

Figura 4. Diversidad beta con el análisis de similitud a nivel de morfoespecies de artropofauna en cuatro métodos de recolecta, provincia de Huarochirí, en una gradiente altitudinal andina del Perú. a. Jaccard. b. Bray Curtis.

DISCUSIÓN

Los Órdenes de insectos más representativas en este estudio a lo largo de una gradiente altitudinal andina, fueron Hemiptera, seguida de Coleoptera y Diptera (Girón *et al.*, 2018). Los resultados obtenidos con la mayor representatividad de estos cuatro órdenes de la artropofauna pudieran ser explicados debido a que la elevación altitudinal integra los efectos de la gradiente de diversos factores ambientales como la luz, la temperatura, la humedad y la precipitación. Los diversos ordenes, familias y especies de la artropofauna se utilizan ampliamente como indicadores para evaluar la biodiversidad de los ecosistemas y para el monitoreo ambiental, principalmente porque son relativamente pequeños, están ampliamente distribuidos, habitan entornos complejos y diversos, y son muy sensibles a los cambios ambientales (Girón *et al.*, 2018; Zhao *et al.,* 2023). De igual forma la literatura científica muestra diversos efectos directos de la gradiente de altitud en las especies de insectos y artrópodos relacionados: (1) polimorfismo y variación del tamaño de las alas; (2) polimorfismos de color, absorbancia y reflectancia espectral; (3) variación en el tamaño de los artrópodos; (4) tolerancia y requerimientos térmicos; (5) respuesta a la disminución de la disponibilidad de oxígeno; (6) variación en el ciclo de vida de los artrópodos y la importancia de la diapausa, y (7) fecundidad, entre otros (Hodkinson, 2005).

El taxón Cicadellinae sp2 fue el más abundante en el monitoreo en la provincia de Huarochiri, Lima en una

gradiente altitudinal andina en el Perú, seguidamente de Cicadellinae sp3. *Ceresa* sp. (Membracidae) fue la tercera especie con más abundancia en el censo de artropofauna. Los cicadélidos al igual que la especie *Ceresa* sp, son considerados insectos fitófagos plaga, de los cuales se deduce que se encuentran en mayor número en el punto cinco debido a la carencia de diversos controladores biológicos para estos taxones. P4 a 3250 msnm y P5 a 3500 msnm presentan las mayores coberturas vegetales y humedades, al encontrarse cercanos a cuerpos de agua. Diversos autores señalan que la composición y diversidad de especies de Cicadellidae y Membracidae pueden varían con la altitud, presentando generalmente menor riqueza y abundancia de especies en las zonas más elevadas, si bien esta tendencia puede variar según las características específicas de la montaña y las condiciones ambientales. Factores como la disponibilidad de plantas hospedadoras, las adaptaciones fisiológicas y el cambio climático también influyen en las especies presentes a diferentes altitudes (Eyre *et al.*, 2001; Le Cesne *et al.*, 2015). El presente estudio presentó un patrón opuesto a lo señalado por otras investigaciones para Cicadellidae y Membracidae con relación a la gradiente altitudinal.

Carabinae sp. fue la cuarta especie más abundantes en el muestreo en la gradiente altitudinal andina. La familia Carabidae cuenta a nive mundial con más de 45.000 especies descritas, y 8.000 especies se encuentran en el neotrópico, debido a su historia evolutiva, taxonomía relativamente estable, alta riqueza de especies, sensibilidad a cambios en el ambiente, métodos de recolección fácil y amplia distribución en los Andes, esta familia puede ser usada tanto en estudios poblacionales, así como también en ecología, fragmentación y monitoreos de hábitat, y biología de la conservación (Atiencia-Puca *et al.*, 2023). Por ende, es uno de los taxones más usados en estudios de ecología, fragmentación y monitoreos de hábitat, así como también biocontroles potenciales de herbívoros de plagas agrícolas (Atiencia-Puca *et al.*, 2023). Los carábidos son grupo de insectos propicios para poder estudiar los efectos del Cambio Climático, la contaminación ambiental, efectos del turismo, incendios, sobrepastoreo y también estudios básicos sobre biogeografía, ecología, fisiología (Atiencia-Puca *et al.*, 2023). La literatura académica señala que la abundancia de Carabidae en seis puntos de muestreo en una gradiente altitudinal en Sierra Nevada de Colombia, determinó que el P de máxima altitud (2620 msnm) fue el que presentó la mayor abundancia de este grupo debido al gran nivel de conservación del ecosistema, a ausencia de actividad humana y a la presencia de cobertura vegetal (Camero, 2003; Sanders *et al.*, 2003). Nuestros resultados son concordantes con este patrón, en la que cinco especies de carabidos estuvieron presentes en la presente investigación, predominando Carabinae sp. en P5 que fue el de mayor altitud. Sin embargo, se ha encontrado que sobre los 4.200 msnm en los parámos de los andes ecuatorianos, el rango altitudinal de las especies de Carábidos tiende a disminuir globalmente a lo largo del gradiente vertical, pero con importantes variaciones locales debido a factores microambientales, especialmente la tasa de humedad (Moret, 2009). Maveety et al. (2011) observó una correlación negativa significativa entre la riqueza de especies y la altitud en el bosque nuboso del Parque Nacional del Manu, Perú, con una disminución del número de especies de carábidos a razón de una especie por cada 100 m de aumento de altitud.

Sarcophaga sp. fue la quinta especie con mayor abundancia en evaluación, encontrada en cuatro de los cinco P de muestreo en una gradiente altitudinal andina. Los sarcofágidos incluye principalmente especies sarcosaprófagas, que se distribuyen globalmente, comprendiendo 173 géneros y más de 3.000 especies (Andrade-Herrera & Mello-Patiu, 2022). Este taxón tiene la función ecológica de ser descomponedores (Magni *et al.*, 2023) y estar presentes en estiércol, y se les encontró en los cuatro P de muestreo, debido a la presencia de ganado en la zona (Aballay *et al.*, 2011). De igual forma, podemos señalar que entre los insectos que colonizan por primera vez un cadáver en descomposición suelen presentarse de forma abundante especies de la familia Sarcophagidae, junto con Calliphoridae y Muscidae (Hidalgo-Pozo, 2021; Andrade-Herrera & Mello-Patiu, 2022; Chamochumbi-Rodríguez *et al.*, 2022). Los Sarcophagidae con especies de importancia médica y forense, presentan además especies sensibles a los cambios en la calidad ambiental y a la contaminación orgánica (Flores & Dale, 1996; Andrade-Herrera & Mello-Patiu, 2022).

Los GT presentaron la siguiente secuencia de importancia de mayor a menor: depredador (43,75%) > fitófago (25%) > polinizador (21.86%) > omnívoro (3.13%) = detritívoro (3.13%) = parasitoide (3.13%). La literatura académica sugiere que los gremios tróficos pudieran varían con la altitud, ya que responden de manera diferente a factores ambientales como la temperatura, la disponibilidad de recursos del ecosistema y la estructura del hábitat. La riqueza de detritívoros puede aumentar con la altitud debido al incremento de la biomasa de vegetal muerta, mientras que la riqueza de depredadores puede disminuir debido a las bajas temperaturas. Estos cambios no son universales y las respuestas dependen del ecosistema específico, las características de cada gremio y las variables ambientales asociadas (Binkenstein *et al.*, 2018; Xu *et al.*, 2018; Uemori *et al.*, 2022).

La investigación determinó que la presencia y abundancia de morfoespecies aumentaba en el nivel de más altitud, siendo lo contrario a lo descrito por Hölldobler & Wilson (1990) donde explican que, a una menor altitud, la presencia de N y Riq de la artropofauna aumenta. Otros investigadores señalan empleando los resultados del análisis de redundancia (RDA) y del análisis de correlación, que las propiedades fisicoquímicas del suelo están estrechamente relacionadas con la distribución y la diversidad de los órdenes taxonómicos de insectos a lo largo del gradiente altitudinal, y que la temperatura del suelo es el factor ambiental más significativo que afecta la estructura y la diversidad de la comunidad de insectos en dicho gradiente. Estos resultados sugieren que los efectos interactivos de la altitud y las variables ambientales desempeñan un papel importante en la determinación de la estructura comunitaria, los patrones de distribución y la diversidad de las poblaciones de la artropofauna (Zhao *et al*., 2023).

El P5 de mayor altitud presentó los mayores valores para cuatro los índices de diversidad alfa: número de individuos de la artropofauna, Shannon-Wienner (H`), riqueza de Margalef, Chao-1 y Chao-2 en comparación a los otros cuatro puntos de muestreo. Con respecto a estos ìndices, d indicó una diversidad significativamente alta junto con H`. Al obtener índices altos se puede indicar que el ecosistema evaluado presenta una alta diversidad, debido a que la composición y riqueza de artrópodos terrestres puede evidenciar la diversidad biológica de este ecosistema altoandino (Iannacone & Alvariño, 2006). El P5 (3500 msnm) presentó la mayor N y Riq de artrópodos en comparación a los otros cuatro P de muestreo, los cuales presentaron diferencias marcadas con P5 para H` y D. La discrepancia encontrada en los índices de diversidad de los artrópodos entre los P, podrían tratarse a las diversas características en cada punto, como la altitud y la cobertura vegetal y la presencia poblacional presente en cada uno (Zhao *et al*., 2023). Otros investigadores han evaluado la diversidad, la riqueza y la abundancia de insectos a diferentes altitudes en tres hábitats forestales del Himalaya occidental, y encontraron que el sitio situado a menor altitud y los sitios con las temporadas de lluvias más largas presentaron la mayor diversidad de Shannon-Wiener (Joshi *et al.,* 2008).

Baudino *et al.* (2020) evaluaron la diversidad de insectos Argentina, de los cuales el punto más alto denominado El Monte, tuvo la mayor abundancia de insectos en comparacion de los puntos mas bajos altitudinalmente. Esto pudiera deberse a que en ese nivel altitudinal se registró mayor vegetacion y humedad. En este trabajo la mayor diversidad se encontro en el punto mas alto que fue el de 3500 msnm. Los servicios ecosistémicos de los artrópodos más representativos en este estudio podrían ser factores determinantes para la presencia de estos (Ramos *et al*., 2020). Otro investigador, señala que la diversidad de la entomofauna de himenópteros de la región Piura en un rango altitudinal desde el nivel del mar hasta los 3100 m, podría deberse a la gran variedad de tipos de vegetación y paisajes ecológicos que posee, hechos que influenciarían en la distribución general de las especies (Noé & Coronado, 2018; Noé, 2021). En la familia Geometridae (Lepidoptera) cambios en la composición altitudinal en un ecosistema andino se pueden explicarse por la presencia de las plantas hospedadoras de las especies involucradas de este taxón (Brehm & Fiedler, 2003). La diversidad de Neuroptera localmente y entre sitios a través de un gradiente de elevación, encontró dos tendencias marcadas: (1) una disminución de la riqueza con el aumento de la altitud y (2) una mayor diversidad y riqueza potencial a una elevación intermedia (Cancino-López *et al*., 2022).

La curva de acumulación de Riq de especies y de N en relación con los cinco P, indicó que debe incrementarse el esfuerzo de muestreo y el número de trampas de recolecta de artropofauna para futuras evaluaciones. El análisis de acumulación de morfoespecies nos detalla la efectividad sobre los métodos de colecta y el esfuerzo realizado en cada punto evaluado. En este estudio los valores de la curva de acumulación en base a Chao-1 y Chao-2 indican que los métodos usados y el esfuerzo que se obtuvo de ellos, no permitieron tener un buen registro de mayoría de morfoespecies presentes en los diversos P altitudinales de muestreo (Martín, 2000; Peña *et al*., 2020).

El P5 presentó los mayores valores para cuatro índices de diversidad alfa: número de individuos de la artropofauna, Shannon-Wienner (H`), riqueza de Margalef, Chao-1 y Chao-2 en comparación a los otros cuatro P de muestreo. La gradiente altitudinal hacia las Lagunas Gemelas de Orcococha, Huarochirí, Lima, Perú únicamente encontró asociada positivamente con base al coeficiente de correlación de Pearson con el índice de Chao-1 y Chao-2, lo que evidencia una mayor abundancia estimada a 3500 msnm. Los índices de diversidad beta de similaridad cualitativo (Jaccard) y cuantitativo (Bray-Curtis) muestran una ausencia de un patrón con la gradiente altitudinal entre los puntos de muestreo de la artropofauna. Otras investigaciones han encontrado empleando el análisis del Modelo Lineal General que la gradiente altitudinal favorece una alta diversidad, pero desfavorece la abundancia poblacional de insectos acuáticos. El análisis de agrupamiento jerárquico reveló que tres grupos de insectos bentónicos, son indicadores altitudinales. Los dípteros y efemerópteros en las estaciones aguas abajo son reemplazados principalmente por coleópteros en las estaciones aguas arriba (Benzina *et al*.,

2019). En comunidades de abejas y avispas se ha encontrado que la temperatura, las precipitaciones, la presión de vapor de agua y la velocidad del viento influyeron en la riqueza y abundancia de especies, y estuvieron correlacionadas con la altitud, lo que da como resultado patrones de menor riqueza de especies en algunos grupos de especies a medida que aumenta la altitud (Hoiss *et al.*, 2012; Perillo *et al.*, 2017).

Los índices de diversidad asociados a los cuatro métodos de trampeo, muestran que la R, N, d, H`, C_1 presentaron valores altos para la trampa amarilla. Rossi-La Torre (2022) señala para la artropofauna recolectada en los humedales del distrito de Ventanilla, provincia constitucional del Callao, departamento de Lima, Perú, que la curva de acumulación reflejó un mejor desempeño con las trampas amarillas en comparación a las trampas pitfall. En esta investigación, el uso de una menor cantidad de trampas amarillas que de trampas pitfall permitió recolectar una cantidad mayor de insectos. Sin embargo, este autor sugiere el empleo combinado de varios métodos de trampeo, considerándolos fundamental para obtener una muestra representativa de la riqueza de la artropofauna de un determinado ecosistema (Rossi-La Torre, 2022). De igual forma reconoce la capacidad de captura de las trampas amarillas y las trampas pitfall frente a otros procedimientos de recolecta de artrópodos; sin embargo, no señala una cantidad precisa o recomendada para emplearlas en el biomonitoreo o los inventarios biológicos (Rossi-La Torre, 2022), porque depende de los taxones de interés y los hábitats a censar. En nuestra investigación empleamos en forma combinada cuatro métodos de trampeo de recolecta: trampas amarillas, manual, pitfall y red entomológica. Las trampas amarillas, al presentar el color amarillo atrae la mayoría de los insectos voladores, sobre todo de las familias del orden Diptera lo que pudo observarse en este trabajo, y es concordante con lo señalado por Rossi-La Torre (2022). Estas trampas cromáticas son importantes porque pueden atraer fitófagos, parasitoides y predadores, son fácil de ubicar en el campo y han demostrado ser eficientes (Rossi-La Torre, 2022). Un estudio en humedales costeros determinó mediante una curva de acumulación que el método de trampas pitfall fue el que presentó la mayor diversidad y abundancia de familias y ordenes de artropofauna en los habitats terrestres en Pantanos de Villa, Lima, Perú (Alarcón & Iannacone, 2014). En el presente estudio, la trampa pitfall, fue el segundo tipo en capturar el mayor numero de artropodos (Rossi-La Torre, 2022)

Se concluye que el total de morfoespecies encontradas fue de 32 con 165 individuos, el morfotipo Cicadellinae sp2 fue el más abundante, seguidamente de Cicadellinae sp3. Los gremios tróficos presentaron la siguiente secuencia de importancia de mayor a menor: depredador (43,75%) > fitófago (25%) > polinizador (21.86%) > omnívoro (3.13%) = detritívoro (3.13%) = parasitoide (3.13%). El punto de mayor altitud presentó los mayores valores para cuatro los índices de diversidad alfa: número de individuos de la artropofauna, Shannon-Wienner (H`), riqueza de Margalef, Chao-1 y Chao-2 en comparación a los otros cuatro puntos de muestreo. La gradiente altitudinal hacia las Lagunas Gemelas de Orcococha únicamente se encontró asociada positivamente con los índices de Chao-1 y Chao-2, lo que evidencia una mayor diversidad estimada a 3500 msnm. Los índices de diversidad beta de similaridad cualitativo (Jaccard) y cuantitativo (Bray-Curtis) muestran una ausencia de un patrón con la gradiente altitudinal entre los puntos de muestreo de la artropofauna.

Authors contribution: CREdiT (Contributor Roles Taxonomy)

PO = Paola Olano

JLLB = Jorge Luis López-Bulnes

DM = David Minaya

LA = Lorena Alvariño

JI = José Iannacone

Conceptualization: PO, JLLB, DM, JI, LA

Data curation: PO

Formal Analysis: PO

Funding acquisition: PO

Investigation: PO, JLLB, DM, JI, LA

Methodology: PO, JLLB, DM, JI,

Project administration: JLLB, DM, JI

Resources: PO, JLLB, DM, JI, LA

Software: PO

Supervision: JLLB, DM, JI

Validation: PO, JLLB, DM, JI, LA

Visualization: PO, JLLB, DM, JI, LA

Writing-original draft: PO, JLLB, DM, JI, LA

Writing-review & editing: PO, JLLB, DM, JI, LA

AGRADECIMIENTOS

Se contó con el financiamiento del Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Nacional Federico Villarreal y el soporte del Laboratorio de Investigación de Ecología y Biodiversidad Animal (LEBA) de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú a través del uso de los equipos requeridos para el análisis de las muestras e identificación taxonómica de los artrópodos recolectados.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Aballay, F., Fernández, F., Mulieri, P. & Urquiza, S. (2011). Sarcophagidae (Diptera) de importancia forense en la puna de Catamarca, Argentina: a ovoviviparidad como ventaja en condiciones de extrema aridez. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, *70,* 255-266.

Alarcón, G., & Iannacone, J. (2014). Artropofauna terrestre asociada a formaciones vegetales en el refugio de vida silvestre Pantanos de Villa, Lima, Perú. *The Biologist (Lima), 12*, 253-274.

Andrade-Herrera, K.N., & Mello-Patiu, C.A. (2022). Contribution to the knowledge of flesh flies (Diptera: Sarcophagidae: Sarcophaginae) attracted to carcasses in Piura, Peru. *Papéis Avulsos de Zoologia (São Paulo), 62*, e202262012.

Aquino, W., La Torre, M. I., Condo, F., Romero, J., & Ramírez, J. (2017). Flora vascular del anexo de marachanca del distrito de Matucana, Provincia de Huarochirí, Lima, Perú. *The Biologist (Lima), 15*, 359–377.

Aquino, W., Condo, F., Romero, J., Yllaconza, R., & La Torre, M. I. (2018). Composición florística del distrito de Huarochirí, provincia de Huarochirí (Lima, Perú). *Arnaldoa*, 25, 877-922.

Atiencia-Puca, E., Barragán, A., & Guevara, D. (2023). Revisión bibliográfica de Carabidae (Coleoptera) en los Andes del Ecuador. *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas, 44*, 11-31.

Avila-Bocanegra, C.P., Bermúdez-Armas, J.M., Ramírez-Cruz, A.F., & Valderrama-Alfaro, S.M. (2023). Entomofauna terrestre en el sector minero La Arena, Huamachuco, Perú. *Agroindustrial Science, 13*, 67-74.

Baudino, F., Cecchetto, N., Buffa, L., & Visintin, A. (2020). De artrópodos y plantas: Diversidad de la artropodofauna en un gradiente de vegetación en Los Llanos riojanos, Argentina. *Ecología Austral, 30*, 63-76.

Benzina, I., Bachir, A.S., & Ghazi, C., Santoul, F., & Céréghino, R. (2019). How altitudinal gradient affects the diversity and composition of benthic insects in arid areas streams of northern East Algeria? *Biologia, 75*, 567-577.

Binkenstein, J., Klein, A.M., Assmann, T., Buscot, F., Erfmeier, A., Ma, K., Pietsch, K. A., Schmidt, K., Scholten, T., Wubet, T., Bruelheide, H., Schuldt, A., & Staab, M. (2018). Multi-trophic guilds respond differently to changing elevation in a subtropical forest. *Ecography, 41*, 1013–1023.

Borcard, D., Gillet, F., & Legendre, P. (2011). *Numerical ecology with Use r! Series*. Springer, NY.

Brehm, G., & Fiedler, K. (2003). Faunal composition of geometrid moths changes with altitude in an Andean montane rain forest. *Journal of Biogeography, 30*, 431–440.

Brehm, G., Süsenbach, D., & Fiedler, K. (2003). Unique elevational diversity patterns of geometrid moths in an Andean montane rainforest. *Ecography, 26*, 456–466.

Bronw, B., Bornket, A., Cumming, J., Wood, D., Woodley, N., & Zumbado, N. (Eds.). (2010). *Manual Central America Diptera.* NRC Research Press.

Brown, K. (1997). Diversity, disturbance and sustainable use of Neotropical Forest: insects as indicators for conservation monitoring. *Journal of Insect Conservation, 1*, 25-42.

Buenaventura, E., Camacho, G., García, A., & Wolff, M. (2009). Sarcophagidae (Díptera) de importancia forense en Colombia: claves taxonómicas, notas sobre su biología y distribución. *Revista Colombiana de Entomología*, *35,* 189-196.

Cancino-López, R.J., Moreno, C.E., & Contreras-Ramos, A. (2022). Diversity of Lacewings (Neuroptera) in an altitudinal gradient of the Tacaná Volcano, Southern Mexico. *Insects,13*, 652.

Camacho, L. F., & Avilés, L. (2019). Decreasing predator density and activity explains declining predation of insect prey along elevational gradients. *The American Naturalist, 194*, 334–343.

Camero, E. (2003). Caracterización de la fauna de carábidos (Coleóptera: Carabidae) en un perfil altitudinal de la sierra nevada de Santa Marta, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias, 27*, 491-516.

Ceballos, I. (1967). Sinopsis bibliográfica de los Membracidae (Hemiptera: Homoptera) del Perú. *Revista Peruana de Entomología, 10,* 3-12.

Ceballos, I. (1980). Nueva sinopsis de los Membracidae (Homoptera: Auchenorrhyncha) del Perú. *Revista Peruana de Entomología, 23,* 39-58.

Chakravarthy, A., & Sridhara, S. (2016). *Economic and ecological significance of arthropods in diversified ecosystems: Sustaining Regulatory Mechanisms*. Springer.

Chamochumbi-Rodríguez, C.E., Jara-Campos, C.A., Delgado-Vargas, S., Espinoza-Carbajal, J.G., Díaz-Sánchez, C.N., & Castillo-Zavala, J.L. (2022). Entomofauna de interés forense asociada al proceso de descomposición cadavérica de *Sus scrofa* en época de verano en un distrito del norte del Perú. *Rebiol, 42*, 141-146.

Collart, C. (2010). *Entomofauna del "Corredor biológico de uso múltiple Texiguat"* (Tesis de pregrado), Universidad Zamorano. https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/1040600

Colwell, R. (2013). *EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples.* Version 9. User's Guide and Application. http://purl.oclc.org/estimates

Cruz, L., Silva, D., & Vergara, C. (2019). Composición y fluctuación poblacional de la araneofauna en el algodonero de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. *Revista peruana de biología, 26,* 63-80.

Delgado, S., Vergara, C., & Arellano, C. (2008). Distribución de la riqueza, composición taxonómica y grupos funcionales de hormigas del suelo a lo largo de un gradiente altitudinal en el Refugio de Vida Silvestre Laquipampa, Lambayeque- Perú. *Ecología Aplicada, 7,* 89-103.

Esquivel, T. (2018). *Distribución de Insectos Necrófagos Bajo un Gradiente Altitudinal en el Monumento Nacional "Cerro de la Silla"*. (Tesis doctoral). Universidad Nacional de Nuevo León.

Eyre, M., Woodward, J. & Luff, M. (2001). The Distribution of Grassland Auchenorrhyncha assemblages (Homoptera: Cercopidae, Cicadellidae, Delphacidae) in Northern England and Scotland. *Journal of Insect Conservation, 5*, 37–45.

Fernández, E., & Sharkey, M. (Eds.). (2006). *Introducción a los Hymenoptera de la Región Neotropical.* Universidad Nacional de Colombia.

Figueroa, R., Valdovinos, C., Araya, E., & Parra, O. (2003). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad del agua de ríos del sur de Chile. *Revista Chilena de historia Natural, 76*, 275-285.

Flores, V.I., & Dale, W.E. (1996). Un estudio sobre ecología de las moscas Sarcophagidae_en la costa central peruana. *Revista Peruana de Entomología, 38*, 13-17.

Garay, D. A., Sotomayor, A. C., Alarcon, G., Hermoza, G. F., & Iannacone, J. A. (2022). Toxicidad de plaguicidas convencionales en los servicios ecosistémicos de la artropofauna terrestre en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) en San Martín, Perú. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina, 81*, 8-20.

Girón, Y., Calderón, C., & Noriega, J. (2018). Estructura del ensamblaje de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) a lo largo de un gradiente altitudinal en el Refugio de vida silvestre Laquipampa, Ferreñafe–Lambayeque, Perú. *Revista Científica, 7,* 83-98.

Grismado, C., Izquierdo, M., & Ramírez, M. (2014). Araneae: Taxonomía, diversidad y clave de identificación de familias. En S. Roig., L. Claps. Y J. Morrone, *Biodiversidad de Artrópodos Argentinos* (pp.55-93).

Hidalgo-Pozo, M. J. (2021). Entomotoxicología forense en cadáveres en estado de descomposición. *The Ecuador Journal of Medicine, 1*, 17-32.

Hodkinson, I. (2005). Terrestrial insects along elevation gradients species and community responses to altitude. *Biological reviews, 80*, 489-513.

Hoiss, B., Krauss, J., Potts, S.G., Roberts, S., & Steffan-Dewenter, I. (2012). Altitude acts as an environmental filter on phylogenetic composition, traits and diversity in bee communities. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 279*, 4447–4456.

Hölldobler, B., & Wilson, E. O. (1990). Host tree selection by the neotropical ant *Paraponera clavata* (Hymenoptera: Formicidae). *Biotropica, 22*, 213-214.

Iannacone, J., & Alvariño, L. (2006). Diversidad de la artropofauna terrestre en la Reserva Nacional de Junín, Perú. *Ecología Aplicada, 5,* 171-174.

Iqbal, S., Waseem, M., Arshad, R., Najaf, D.E., & Akram, A. (2025). Nature's sentinels: harnessing bioindicators for environmental health assessment: A review. *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences B. Zoology, 17*, 227-240.

Joshi, P., Kumar, K., & Arya, k. (2008). Assessment of insect diversity along an altitudinal gradient in Pinderi forests of Western Himalaya, India. *Journal of Asia-Pacific Entomology, 11*, 5-11.

Le Cesne, M., Wilson, S.W., & Soulier-Perkins, A. (2015). Elevational gradient of Hemiptera (Heteroptera, Auchenorrhyncha) on a tropical mountain in Papua New Guinea. *PeerJ, 3*, e978.

León, B., Pitman, N., & Roque, J. (2006). Introducción a las plantas endémicas del Perú. *Revista Peruana de Biología*, *13*, 9-22.

Magni, P.A., Harvey, A.D., & Guareschi, E.E. (2023). Insects associated with ancient human remains: how archaeoentomology can provide additional information inarchaeological studies. *Heritage, 6*, 435–465.

Malireddi, P., Jarpla, M., Rajesh, P., Bandhavi, H.L., & Desai H. R. (2025). Safeguarding insects as bio-indicators of environmental changes and pollution: a review. *Plant Archivees, 25*(Supplement 1), 1018-1032.

Márquez, J. (2005). Técnicas de colecta y preservación de insectos. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa, 37,* 385–408.

Martín, F. (2000). Estimaciones prácticas de biodiversidad utilizando taxones de alto rango en insectos. Hacia un proyecto CYTED para el inventario y estimación de la diversidad entomológica en Iberoamérica: *PRIBES*, *1*, 35-54.

Martínez, C. (2000). Escarabajos Longicornios (Coleóptera: Cerambycidae) de Colombia. *Biota Colombiana, 1,* 76-105.

Martínez, C. (2005). Introducción a los escarabajos Carabidae (Coleóptera) de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 546 p.

Maveety, S.A., Browne, R.A., & Erwin, T.L. (2011) Carabidae diversity along an altitudinal gradient in a Peruvian cloud forest (Coleoptera). In: Erwin, T. (Ed) Proceedings of a symposium honoring the careers of Ross and Joyce Bell and their contributions to scientific work. Burlington, Vermont, 12–15 June 2010. *ZooKeys, 147*, 651–666.

Maveety, S.A., Browne, R.A. & Erwin, T.L. (2014). Carabid beetle diversity and community composition as related to altitude and seasonality in Andean forests, *Studies on Neotropical Fauna and Environment, 48*, 165-174.

Montes, A. F., Minaya, D., & Iannacone, J. (2023). Impacto de los plaguicidas sobre la artropofauna asociada al cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en Cusco-Perú. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina, 82*, 45-55.

Moreno, C. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. *M &T-Manuales y Tesis SEA, 1*. 84 p.

Moret, P. (2009). Altitudinal distribution, diversity and endemicity of Carabidae (Coleoptera) in the páramos of Ecuadorian Andes. *Annales de la Société Entomologique de France, 45*, 500-510.

Noé, G.J. (2021). Actualización al listado de himenópteros (Insecta: Hymenoptera) de la región Piura, Perú. *Graellsia, 77*, e152.

Noé, G.J., & Coronado, U.G. (2018). Listado de himenópteros (Insecta: Hymenoptera) de la región Piura, Perú. *Folia Entomológica Mexicana (nueva serie), 4*, 48–65.

Peña, C., Castro, D., & León, D. (2020). Riqueza y abundancia de organismos del suelo en el gradiente altitudinal Andino-Amazónico del Camino Andakí, Caquetá (Colombia). *Revista Colombiana Amazónica, 12*, 148.

Perillo, L.N., Neves, F.S., Antonini, Y., & Martins, R.P. (2017). Compositional changes in bee and wasp communities along Neotropical mountain altitudinal gradient. *PLoS ONE, 12*, e0182054.

Pyrcz, T.W., Willmott, K., Garlacz, R., Boyer, P., & Gareca, Y. (2013). Latitudinal gradient and spatial covariance in species richness of tropical Lepidoptera in the Andes. *Insect Conservation and Diversity*, *7*, 355–364.

Ramos, D., Cunha, W., Evangelista, J., Lira, L., Rocha, M., Gomes, P., Frizzas, M.R., & Togni, P. (2020). Ecosystem services provided by insects in Brazil: What do we really know?. *Neotropical Entomology, 49*, 1-12.

Ríos-Touma, B., Cuesta, F., Rázuri-Gonzales, E., Holzenthal, R., Tapia, A., Calderón-Loor, M. (2022). Elevational biodiversity gradients in the Neotropics: Perspectives from freshwater caddisflies (Insecta: Trichoptera). *PLoS ONE, 17*, e0272229.

Rossi-La Torre, C. (2022). Comparación de la riqueza de insectos utilizando dos métodos de recolección en un humedal costero del Pacífico suramericano. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 46*, 947-958.

Sánchez, P., Alvariño, L., & Iannacone, J. (2019). Diversidad de Insectos Terrestres en Cuatro Comunidades Vegetales del Área de Conservación Regional (ACR) Humedales de Ventanilla, Callao, Perú. *The Biologist (Lima), 17,* 73-94.

Sanders, N., Moss, J., & Wagner, D. (2003). Patterns of ant species richness along elevational gradients in an arid ecosystem. *Global ecology and biogeography, 12*, 93-102.

Shewell, G. (1987). *Manual of Neartic Diptera: Volume 2*. Research Branch.

Snodgrass, R. (1935). *Principles of Insect Morphology. Cgraw-Hilii Book Company*.

StatSoft, Inc. (2011). Statistica (data analysis software system), version 10. www.statsoft.com.

Suhri, A.G.M.I., Jafar, J., Utami, R.B., Rahmah, M.H., & Salatnaya, H. (2025). Diversity and ecological role of aquatic insects as bioindicators of water quality in tropical streams. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries, 29*, 403–418.

Uemori, K., Mita, T., & Hishi, T. (2022). Differences in functional trait responses to elevation among feeding guilds of Aculeata community. *Ecology and Evolution, 12*, e9171.

Venero, J. (1981). Presencia de *Hippodamia convergens* Guerin (Col.: Coccinellidae) en la Puna del Perú. *Revista Peruana De Entomología*, *24*, 137–138.

Wilson, E. O. (1992). *The Diversity of Life.* Harvard University Press.

Xu, G., Zhang, S., Zhang, Y., & Ma, K. (2018). Environmental correlates underlying elevational richness, abundance, and biomass patterns of multi-feeding guilds in litter invertebrates across the treeline. *Science of The Total Environment, 633*, 529-538,

Zhao, L., Gao, R., Liu, J., Liu, L., Li, R., Men, L., & Zhang, Z. (2023). Effects of environmental factors on the spatial distribution pattern and diversity of insect communities along altitude gradients in Guandi Mountain, China. *Insects, 14*, 224.

Received August 2, 2025.

Accepted November 8, 2025.