

Artículo

Biodiversidad y composición espacial de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos del humedal Huacho-Hualmay-Carquín, Lima, Perú

Biodiversity and spatial composition of the aquatic macroinvertebrate community of the Huacho-Hualmay-Carquín wetland, Lima, Peru

urn:lsid:zoobank.org:pub:C7710EEF-341F-4786-A29C-1C942AF79514

Rodolfo M. Castillo-Velásquez* , Ana A. Huamantínco-Araujo 

Laboratorio de Invertebrados Acuáticos, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Av. Venezuela s/n, cuadra 34. Lima, Perú.
E-mails: rodolfo.castillo.velasquez@gmail.com* abuamantincos1@unmsm.edu.pe

Resumen

En las últimas décadas se ha hecho evidente a nivel mundial la pérdida y reducción de humedales debido a diversas presiones relacionadas al aumento de la población humana y sus actividades. Esta situación también se presenta en los humedales costeros del Perú, sobre todo en cuerpos poco extensos, por lo que se hace necesario investigar su biodiversidad y ecología, a fin de proporcionar información útil para planes de manejo y conservación de estos ambientes. El objetivo de la presente investigación fue describir la biodiversidad y composición espacial de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos del humedal costero Huacho-Hualmay-Carquín. La recolección se realizó en agosto de 2018, en quince puntos, divididos en cinco sectores, registrándose el pH, conductividad eléctrica, salinidad, sólidos disueltos totales y oxígeno disuelto de cada estación. Se recolectó un total de 3 550 macroinvertebrados distribuidos en 67 géneros, con un predominio de los órdenes Díptera, Coleoptera y Hemiptera, grupos citados ampliamente como dominantes en ambientes lénticos costeros. Este pequeño humedal presentó valores de conductividad eléctrica del agua menores en comparación con valores reportados en otros humedales costeros peruanos; asimismo, una mayor riqueza de géneros, principalmente en áreas poco impactadas, con profundidad considerable y valores de oxígeno disuelto altos, por lo que es un ecosistema diverso e importante dentro del gran corredor costero peruano.

Palabras clave: biodiversidad, riqueza de géneros, desierto costero, insectos acuáticos, variación espacial

Abstract

In the last decades, the loss and reduction of wetlands have become evident worldwide due to various pressures related to the increase in human population and their activities. This situation is also present in the coastal wetlands of Peru, especially in small bodies, which makes it necessary to investigate their biodiversity and ecology in order to provide useful information for management and conservation plans for these environments. The objective of this study was to describe the biodiversity and spatial composition of the aquatic macroinvertebrate community of the Huacho-Hualmay-Carquín coastal wetland. Collection was carried out in August 2018 at fifteen sites, divided into five sectors, recording the pH, electrical conductivity, salinity, total dissolved solids, and dissolved oxygen of each station. A total of 3 550 macroinvertebrates were collected, distributed in 67 genera, with a predominance of the orders Diptera, Coleoptera, and Hemiptera, which are widely cited as dominant groups in coastal lentic environments. This small wetland showed lower water electrical conductivity values compared to values reported in other Peruvian coastal wetlands; furthermore, it exhibited greater genus richness, especially in less impacted areas with considerable depth and high dissolved oxygen values, making it a diverse and important ecosystem within the large Peruvian coastal corridor.

Additional keywords: aquatic insects, biodiversity, coastal ecosystems, genus richness, spatial variation.

Recibido: 19-X-2023, Revisado: 4-XII-2023, Aceptado: 15-I-2024

CASTILLO-VELÁSQUEZ RM, HUAMANTINCO-ARAUJO AA. 2024. Biodiversidad y composición espacial de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos del humedal Huacho-Hualmay-Carquín, Lima, Perú. ENTOMOTROPICA, 39:17-25.

on line Junio-2024

Introducción

Los humedales costeros son fuente de importantes servicios ecosistémicos, como la regulación hídrica, protección contra inundaciones, actividades turísticas, calidad del agua y conservación de la biodiversidad (Sutton-Grier y Sandifer 2019). Es de resaltar la capacidad que tienen de degradar contaminantes de procedencia agrícola, ganadera e industrial (Maltby y Acreman 2011) y, dependiendo de su ubicación, son importantes para el mantenimiento de la biodiversidad, inclusive si son de tamaño reducido (Blackwell y Pilgrim 2011, Semlitsch y Bodie 1998). Uno de estos pequeños sistemas lénticos, con una extensión de aproximadamente 12 hectáreas, es el humedal costero Huacho-Hualmay-Carquín o también llamado Huahualca, ubicado en la costa central del Perú, departamento de Lima, provincia de Huaura, entre los distritos de Huacho, Hualmay y Caleta de Carquín (Paredes et al. 2022).

Como ocurre con otros humedales ubicados en el desierto costero del Perú, estos cuerpos de agua son alimentados principalmente por acuíferos provenientes de ríos cercanos, en este caso particular del río Huaura (Hoyos-Gonzales 2021). La fisiografía, tipo de suelo y profundidad del nivel freático son factores que determinan la formación de lagunas permanentes o temporales que constituyen el humedal. La variación del nivel del agua en las lagunas, a lo largo del año, va a depender de la recarga de los acuíferos en las partes altas de la cuenca. Diversos impactos ambientales producto del crecimiento y avance de las urbanizaciones, como el uso del agua para lavandería de ropa y autos, drenado de desagües, quemadas de vegetación, ganadería, arrojado de residuos sólidos y de construcción, habrían modificado la superficie del humedal en las últimas décadas (Hoyos-Gonzales 2021, Hoyos-Gonzales et al. 2022, Ramos-Asunción et al. 2023).

En los últimos años se han realizado varios estudios sobre la composición, estructura y diversidad de macroinvertebrados acuáticos en humedales costeros peruanos (Iannacone et al. 2003, Vizcardo y Gil-Kodaka 2015, Castillo-Velásquez y Huamantínco-Araujo 2020, 2022), algunos de ellos se enfocaron principalmente en evaluar su aplicación como bioindicadores de la calidad del agua (Peralta-Argomeda y Huamantínco-Araujo 2014, Román-Villavicencio 2018, Cuadros et al. 2022). La fauna

acuática encontrada en muchos de estos sistemas lénticos está compuesta principalmente de insectos acuáticos, donde los órdenes Coleoptera, Diptera, Odonata y Hemiptera presentaron una mayor riqueza y abundancia en humedales como Pantanos de Villa y Santa Rosa (Peralta-Argomeda y Huamantínco-Araujo 2014, Castillo-Velásquez y Huamantínco-Araujo 2020). Algunos de estos trabajos, por el contrario, han reportado una gran abundancia relativa de gasterópodos (e.g. familia Hydrobiidae) e inclusive una riqueza menor de macroinvertebrados que los anteriores humedales evaluados, como es el caso de Puerto Viejo, Ventanilla y Chilca (La Encantada), lo cual ha sido asociado en parte con el grado de alteración que estos humedales poseerían en el primer caso (Iannacone et al. 2003, Vizcardo y Gil-Kodaka 2015, Cuadros et al. 2022) y por valores de conductividad eléctrica del agua muy elevados que limitarían la distribución de determinados taxones poco tolerantes a estas condiciones en el segundo caso (Castillo-Velásquez y Huamantínco-Araujo 2022, Cuadros et al. 2022).

En cuanto a las investigaciones realizadas en el humedal Huacho-Hualmay-Carquín podemos mencionar estudios sobre sus comunidades vegetales (Aponte y Cano 2018), aves (Paredes et al. 2022), evaluaciones de la variación de su superficie (Hoyos-Gonzales et al. 2022) y estado de conservación (Ramos-Asunción et al. 2023), donde se ha resaltado, en síntesis, la gran riqueza biológica que posee a pesar de su reducido tamaño, además de remarcar su vulnerabilidad debido a los diversos impactos que afectan a sus componentes ambientales. En este sentido, se pretende aportar información relevante de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, que a la fecha solo presenta un estudio sobre su dipterofauna (Castillo-Velásquez et al. 2021). El objetivo del presente estudio fue describir la biodiversidad y composición espacial de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos del humedal costero Huacho-Hualmay-Carquín.

Materiales y Métodos

Área de estudio y recolecta de macroinvertebrados:

La recolección de macroinvertebrados se realizó en agosto del 2018. Los puntos de recolecta fueron seleccionados entre las zonas de Huacho y Hualmay, pues la zona de Carquín presentó un nivel del agua demasiado bajo. Las evaluaciones comprendieron un tramo del humedal en la parte sur, de 570 m por 100 m de ancho en promedio,

el cual presentó una forma irregular y discontinua, con cinco sectores lagunares conectados de manera estrecha o desconectados por terreno arenoso (un sector cada 140-150 m aproximadamente). Se seleccionó un total de 15 puntos de recolecta, tres puntos de recolecta por cada sector (Fig. 1A). Los parámetros fisicoquímicos del agua se evaluaron por cada punto de recolecta: pH, conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), sólidos totales disueltos (ppm) y oxígeno disuelto (ppm). A continuación, los macroinvertebrados se recolectaron con una red tipo D con malla de 250 μm , a través de tres barridos de 1 m perpendiculares al borde de la laguna y hacia adentro, en un área de 0,3 m². Las muestras fueron fijadas en alcohol al 96 % y transportadas al Laboratorio de Invertebrados Acuáticos de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, donde se realizó la separación e identificación de los organismos. La identificación taxonómica se realizó hasta el nivel de género en la mayoría de los taxones utilizando las claves de Hamada et al. (2018); Domínguez y Fernández (2009), Merrit et al. (2008), entre otras.

Análisis de datos: Los datos obtenidos por sector fueron resumidos en tablas y figuras: parámetros fisicoquímicos del agua, riqueza, abundancia, diversidad de Shannon-Wiener (H') y equidad de Pielou (J'). Luego, fueron sometidos a pruebas de normalidad y homocedasticidad, de cumplir con los supuestos anteriores fueron comparados para verificar si existe diferencias significativas entre sectores a través de un análisis de varianza (ANOVA). De no cumplir con los supuestos, los datos fueron comparados mediante la prueba de Kruskal Wallis, estos análisis fueron calculados mediante el software Past v3.26 (Hammer et al. 2001). Para identificar y relacionar las variables ambientales más representativas con los sectores de muestreo del humedal, se realizó un análisis de componentes principales (ACP) con ayuda del software Past v3.26 (Hammer et al. 2001), se incluyó en el análisis las variables fisicoquímicas evaluadas y la profundidad. En cuanto al análisis multivariado, al no cumplir con los supuestos de normalidad, los datos biológicos se transformaron a $\log(x + 1)$ y luego fueron sometidos

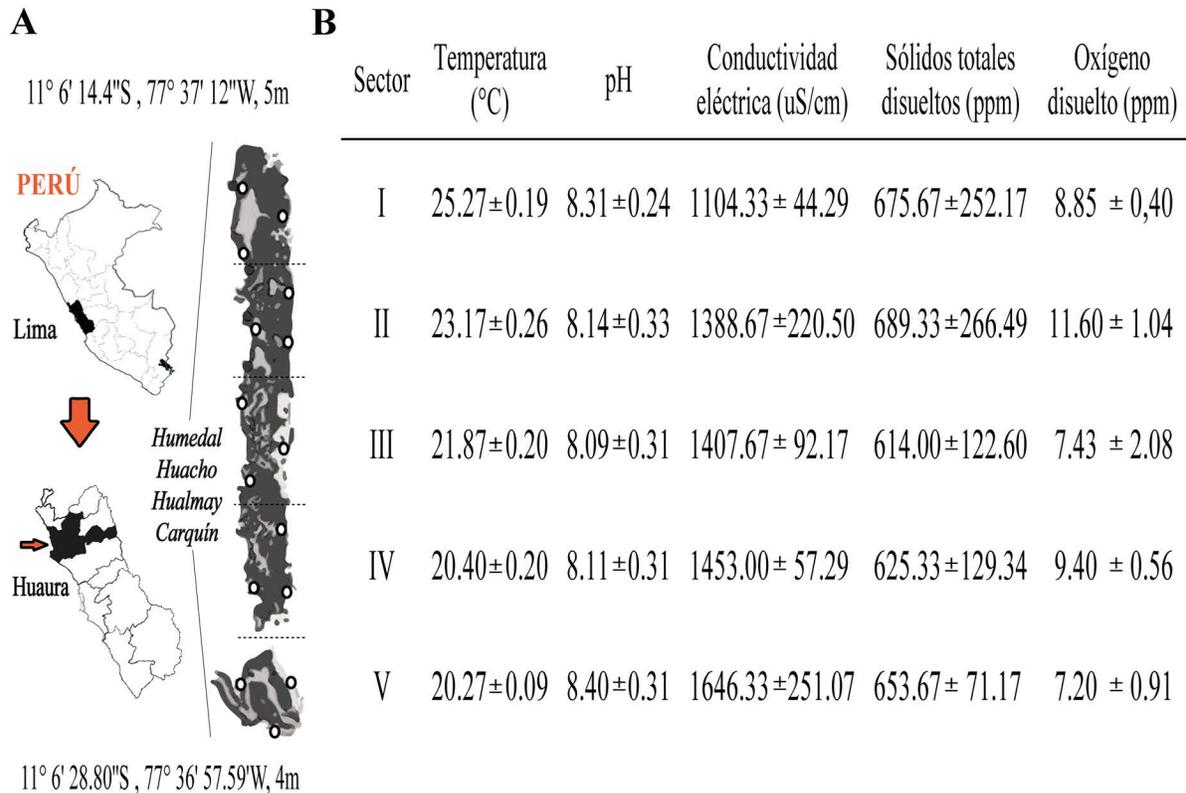


Figura 1. Variables abióticas por sector de muestreo. Humedal costero Huacho-Hualmay-Carquin (Lima, Perú). Agosto de 2018.

a pruebas no paramétricas (Wantzen y Rueda-Delgado 2009). Se realizó el Análisis de Similitud (ANOSIM) para evaluar diferencias significativas a nivel espacial ($p < 0,05$) mediante una matriz de similitud, la cual fue creada a partir de las abundancias por estación de muestreo, aplicando el índice de Bray-Curtis y utilizando como factor los sectores evaluados (Herrera, 2000), luego se trazaron las distancias desde cada punto de muestreo con la rutina de escala multidimensional no métrica (nMDS). El nivel de estrés, o una medida de que tan bien está representado un ordenamiento espacial para su interpretación, se calculó para el ordenamiento del nMDS, recordando que valores por debajo de 0,2 son apropiados para una buena interpretación del gráfico de ordenamiento generado por el software (Clarke et al. 2014). Todos estos análisis se realizaron a través del software Primer 6 (Clarke y Gorley 2006).

Resultados

Se contabilizaron 3550 macroinvertebrados, distribuidos en 45 familias y 67 géneros; 45 de estos géneros son nuevos registros para este humedal costero (Tabla 1). En cuanto a la composición de macroinvertebrados, el orden Diptera con 23 géneros y 11 familias, fue el de mayor riqueza, siendo Ephydriidae y Chironomidae las familias con mayor número de géneros, siete y cinco respectivamente cada una. Siguieron los órdenes Coleoptera y Hemiptera con 13 y 9 géneros cada uno, siendo Dytiscidae, la familia de coleópteros de mayor riqueza, con seis géneros (Tabla 1).

La mayoría de los parámetros fisicoquímicos del agua no variaron significativamente entre los sectores, con excepción de la temperatura del agua (KW, $p < 0,05$), la cual fue significativamente más alta en el sector I (Fig. 1B). La mayoría de los puntos de recolecta presentaron baja profundidad a un metro de la orilla ($< 0,3$ m), siendo los puntos de recolecta del sector II los que presentaron una profundidad considerablemente mayor (0,5 – 1 m); además, en este sector se registraron valores elevados de oxígeno disuelto ($> 9,5$ mg/L), una mayor riqueza de géneros de macroinvertebrados y ausencia de impactos cercanos al cuerpo de agua. En contraste, cerca de los sectores I y V se observaron ciertos impactos tales como, desagües, residuos sólidos, y cercanos a estos puntos, canales con un caudal regular de agua y el desarrollo de las actividades de lavandería (Fig. 1B).

En el caso de la riqueza, abundancia, diversidad de

Shannon-Wiener (H') y equidad de Pielou (J'), fue solo la riqueza de géneros la que presentó diferencias significativas según la prueba de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), siendo el sector II el que presentó los mayores valores de riqueza y abundancia, en contraste, el sector V presentó valores de riqueza y abundancia más bajos (Fig. 2A, 2B). Además, del gráfico de abundancias relativas se observó que más del 45 % de los especímenes recolectados por sector, pertenecieron a los órdenes Diptera, Coleoptera, Odonata y Hemiptera (Fig. 2C). El análisis de componentes principales (ACP) explicó una variabilidad en los dos ejes de 60,51%, con una primera componente (35,64%) asociando los sectores II, V y parte del sector IV con los valores de oxígeno disuelto, conductividad eléctrica del agua y profundidad de la estación de muestreo, y una segunda componente (24,87%) asociando los sectores III y parte del sector I con los valores de sólidos totales y pH (Fig. 3). En cuanto al análisis de similitud (ANOSIM), la comunidad de macroinvertebrados acuáticos mostró diferencias significativas entre los sectores de muestreo ($R = 0,784$, $p < 0,05$), formándose en el análisis de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS) tres grupos separados con un nivel de similitud del 50 % y un valor de estrés aceptable (Stress 2D = 0,11) (Fig. 4).

Discusión

En el presente estudio se colectaron 67 taxones de macroinvertebrados, siendo 44 de estos nuevos registros para el humedal Huacho-Hualmay-Carquín; ya que, previamente se registraron 24 dípteros acuáticos y dos parasitoides (Castillo et al. 2021), lo cual incrementa su inventario total a 70 registros. Con la presente publicación se ubica como uno de los humedales costeros más ricos del país, en términos de riqueza de taxones de macroinvertebrados acuáticos en comparación con otros humedales (Iannacone et al. 2003, Vizcardo y Gil-Kodaka 2015, Castillo-Velásquez y Huamantínco-Araujo 2022); superado apenas por los inventarios de humedales como Santa Rosa, que a su favor cuentan con un esfuerzo de muestreo mayor (Castillo-Velásquez y Huamantínco-Araujo 2020) o como Pantanos de Villa, que ha sido objeto de diversas investigaciones sobre su fauna acuática (Blancas 1978, Vivar et al. 1996, Peralta-Argomeda y Huamantínco-Araujo 2014, Córdova-Tello y Huamantínco-Araujo 2023, entre otros).

Tabla 1. Lista de los géneros de macroinvertebrados acuáticos registrados en el humedal costero Huacho-Hualmay-Carquín (Lima, Perú). Agosto de 2018.

ORDEN	FAMILIA	GENERO			
Diptera	Ceratopogonidae Chironomidae	<i>Dasyhelea</i>			
		<i>Goeldichironomus</i> <i>Chironomus</i> <i>Larsia</i> <i>Parachironomus</i> <i>Tanytarsus</i>			
	Culicidae Ephydriidae	Culicidae	<i>Culex</i> <i>Brachydeutera</i> <i>Hydrellia</i> <i>Notiphila</i> <i>Scatella</i> <i>Setacera</i> <i>Mimapsilopa</i> <i>Paralimna</i>		
			Psychodidae	<i>Moruseodina</i> <i>Psychoda</i> <i>Pericoma</i>	
				Scyomizidae Stratiomyidae	<i>Sepedon</i> <i>Odontomyia</i>
			Syrphidae		<i>Eristalis</i>
			Tabanidae	<i>Tabanus</i>	
			Limoniidae	<i>Geranomyia</i>	
			Dolichopodidae	Dolichopodidae n.d.	
			Coleoptera	Curculionidae Dytiscidae	Curculionidae n.d. <i>Celina</i> <i>Copelatus</i> <i>Desmopachria</i> <i>Liodessus</i> <i>Megadytes</i> <i>Rhantus</i>
					Hydrophilidae
				Hydraenidae	
	Noteridae	<i>Suphisellus</i>			
	Scirtidae	<i>Scirtes</i>			
	Ephemeroptera	Baetidae		<i>Callibaetis</i>	
	Hemiptera	Belostomatidae		<i>Belostoma</i>	
		Corixidae		<i>Trichocorixa</i>	
		Gerridae		<i>Limnogonus</i>	
		Hydrometridae		<i>Hydrometra</i>	
		Mesoveliidae	<i>Mesovelia</i>		
Notonectidae		<i>Buenoa</i>			
Pleidae		<i>Paraplea</i>			
Veliidae		<i>Microvelia</i>			
Saldidae	<i>Saldula</i>				
Lepidoptera	Crambidae	Crambinae n.d.			
Hymenoptera	Fitigidae	Fitigidae n.d.			
	Trichogrammatidae	Trichogrammatidae n.d.			
Odonata	Coenagrionidae Libellulidae	<i>Ischnura</i> <i>Brachymesia</i> <i>Erythemis</i> <i>Erythrodiplax</i>			
		Aeshnidae	<i>Rhionaeschna</i>		

Tabla 1 cont. Lista de los géneros de macroinvertebrados acuáticos registrados en el humedal costero Huacho-Hualmay-Carquín (Lima, Perú). Agosto de 2018.

ORDEN	FAMILIA	GENERO
Amphipoda	Hyalellidae	<i>Hyalella</i>
Gastropoda**	Physidae	<i>Physa</i>
Gastropoda**	Lymnaeidae	Lymnaeidae n.d.
Gastropoda**	Thiaridae	<i>Melanoides</i>
Gastropoda**	Planorbidae	<i>Drepanotrema</i>
Rhynchobdellida	Glossiphonidae	<i>Helobdella</i>
Haplotaxida	Haplotaxidae	Haplotaxidae n.d.
Tricladida	Dugesidae	<i>Girardia</i>
Entomobryomorpha	Isotomidae	Isotomidae n.d.
Symphyleona	Sminthuridae	Sminthuridae n.d.
Sarcoptiformes	Hydrozetidae	Hydrozetes
Trombidiformes	n.d.	Trombidiformes n.d.
Nematoda*	n.d.	Nematoda n.d.

En lo correspondiente a la composición, Diptera, Coleoptera, Hemiptera y Odonata fueron los órdenes de mayor abundancia y riqueza de géneros, lo cual suele ser un patrón característico de ambientes lénticos en el lado oeste del continente americano, aunque con variaciones en humedales con características particulares y/o con impacto antrópico (Batzer y Ruhí 2013). Adicionalmente, géneros como *Copelatus* y *Phaenonotum* (Coleoptera), *Mimapsilopa* y *Paralimna* (Diptera) son registros nuevos o poco usuales en humedales costeros del país, reforzando la importancia de estudiar humedales de poca extensión, pues poseen una diversidad acuática característica que todavía está por conocerse (Castillo-Velásquez et al. 2021). De hecho, en otros estudios de lagunas pequeñas ya se ha encontrado no solo una gran diversidad de macroinvertebrados acuáticos, sino también nuevos registros para humedales costeros peruanos, como es el caso de *Hydrophilus* sp. en la laguna La Encantada, Salinas de Chilca (Castillo-Velásquez y Huamantínco-Araujo 2022) e *Hydraena quechua* en la laguna Refugio, Pantanos de Villa (Córdova-Tello y Huamantínco-Araujo 2023). De la medición de los parámetros fisicoquímicos, solo la temperatura varió de forma significativa entre los sectores de muestreo. Respecto a este punto, la temperatura puede afectar los valores de oxígeno disuelto, disminuyendo su solubilidad a medida que sus valores aumentan (Abarca 2007). Si revisamos los valores de temperatura y oxígeno disuelto de los sectores I y II esta relación se cumpliría, más no en los demás sectores, pues la temperatura y oxígeno disuelto presentaron valores más bajos que en el

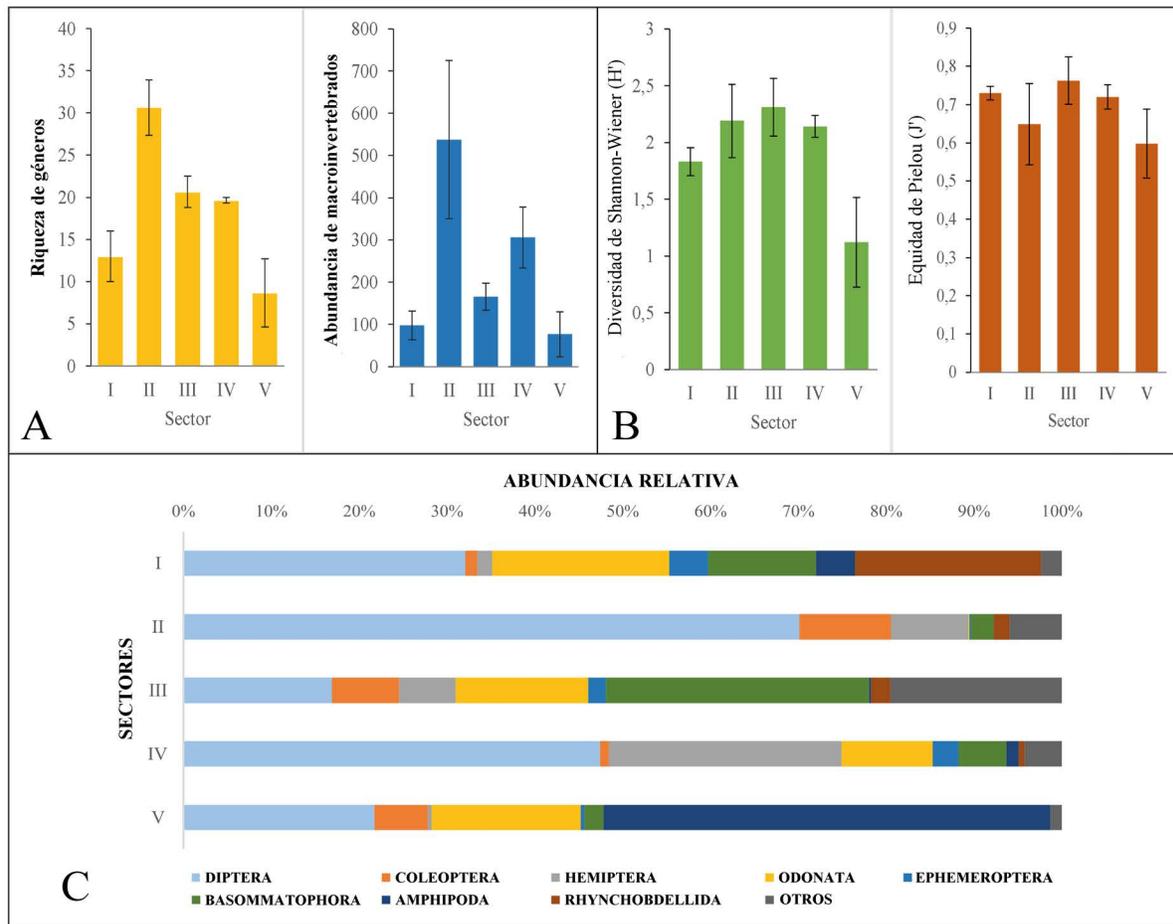


Figura 2. (A, B) Riqueza, abundancia, diversidad de Shannon-Wiener (H') y equidad de Pielou (J') de macroinvertebrados por sector de muestreo (media \pm error estándar). (C) Abundancia relativa de ordenes de macroinvertebrados por sector de muestreo. Humedal costero Huacho-Hualmay-Carquín (Lima, Perú). Agosto de 2018.

sector II (Fig. 1). No obstante, en la literatura especializada se menciona que existen otros factores que pueden afectar negativamente los niveles de oxígeno disuelto, tal como el crecimiento acelerado de plantas acuáticas de *Eichhornia crassipes* (Rodríguez-Lara et al. 2022), el cual ya ha sido reportado en el humedal (Aponte y Cano 2018), por lo que sería importante evaluar otros parámetros que puedan descartar una posible eutrofización de estos cuerpos de agua.

Es importante destacar, los valores bajos de los sólidos totales disueltos y en especial, de la conductividad eléctrica del agua, registrados en el humedal Huacho-Carquín-Hualmay, en comparación con la mayoría de los valores registrados en otros estudios de humedales (Peralta-Argomeda y Huamantínco-Araujo 2014, Román

Villavicencio 2018, Castillo-Velásquez y Huamantínco-Araujo 2020, 2022). En otros estudios, se ha mencionado que en humedales que poseen valores de conductividad eléctrica muy elevados, solo ciertos grupos de macroinvertebrados que poseen adaptaciones fisiológicas para tolerar estas “barreras abióticas” se mantendrían (e.g. Diptera y Hemiptera), lo que dará como resultado una diversidad de macroinvertebrados menor (Pérez et al. 2015, Castillo-Velásquez y Huamantínco-Araujo 2022). En el humedal Huacho-Carquín-Hualmay, los valores bajos de conductividad eléctrica, aunados a otros factores, como los valores de oxígeno disuelto en su mayoría altos y la diversidad de la flora vascular reportada en otros estudios (Aponte y Cano 2018), proporcionarían un refugio ideal para el desarrollo de la fauna acuática.

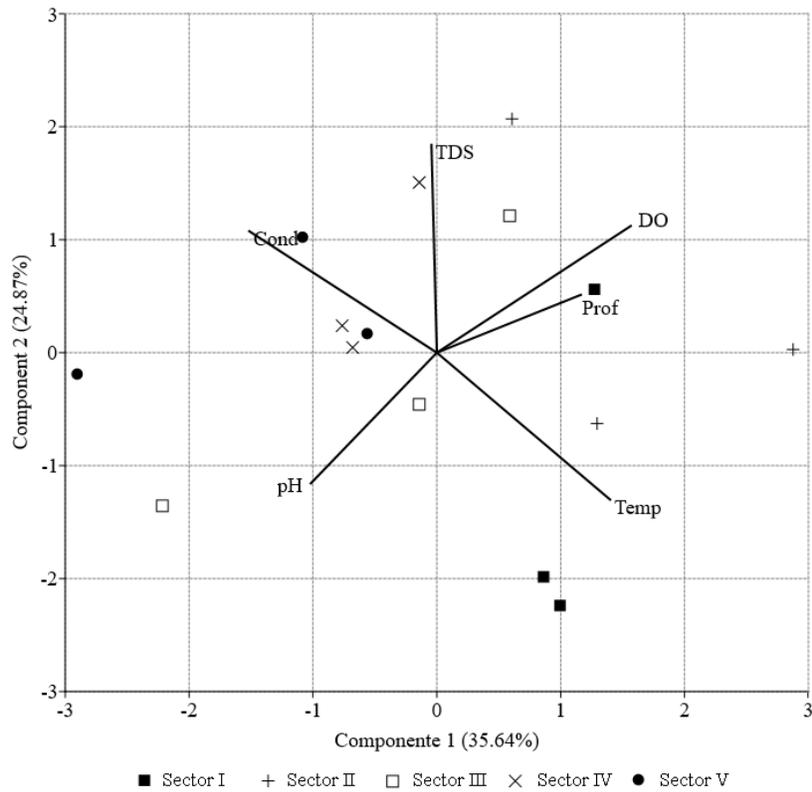


Figura 3. Análisis de componentes principales (ACP) de las variables ambientales de los cinco sectores de muestreo. Humedal costero Huacho-Hualmay-Carquín (Lima, Perú). Agosto de 2018.

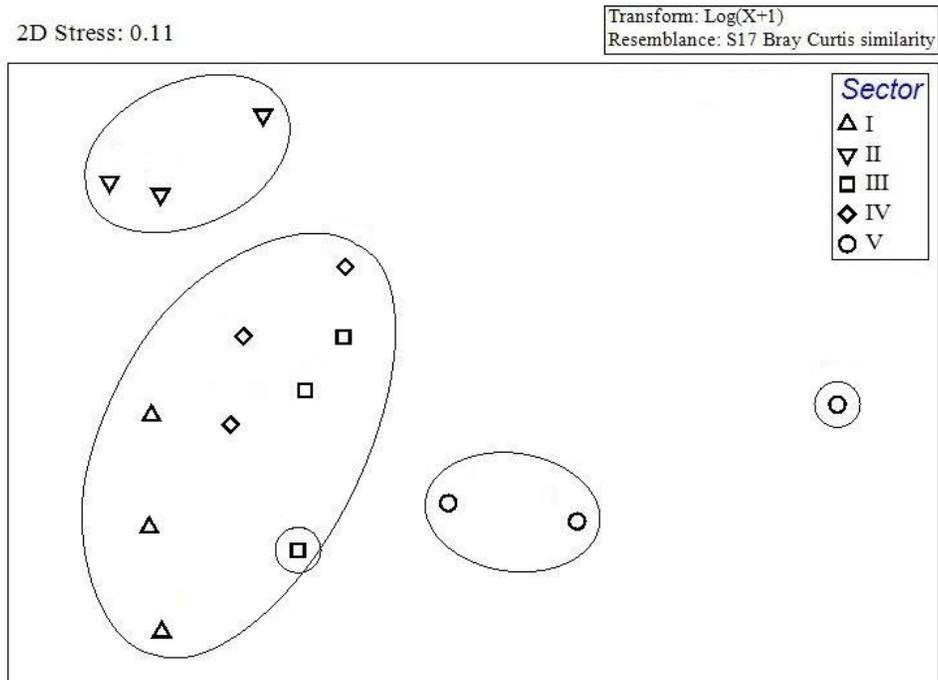


Figura 4. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS) en cinco sectores de muestreo. Humedal costero Huacho-Hualmay-Carquín (Lima, Perú). Agosto de 2018.

Los resultados obtenidos en el ACP relacionaron a las estaciones del sector de mayor riqueza genérica (II) con valores bajos de conductividad eléctrica y valores altos de oxígeno disuelto y de profundidad del agua a un metro de la orilla, mientras que las estaciones del sector de menor riqueza genérica (V) se asociaron a estos mismos parámetros de forma opuesta. El análisis ANOSIM y nMDS reforzaron la separación entre estos sectores, resaltando la importancia de parámetros fisicoquímicos como el oxígeno disuelto, que suelen mejorar la oxidación de la materia orgánica y, por ende, la calidad del agua (Montoya-Moreno y Aguirre 2013) y de la profundidad de los cuerpos de agua, la cual incrementa la capacidad de dilución de contaminantes de los cuerpos del agua (Peralta-Argomeda y Huamantínco-Araujo 2014).

Estas diferencias encontradas en la composición de la comunidad de macroinvertebrados, además de relacionarse con la respuesta de estos a las variaciones naturales de los parámetros fisicoquímicos en el ecosistema, también puede estar relacionado con problemas de impacto antropogénico, entre ellos la presencia de desmontes y descarte de agua con nutrientes provenientes de la actividad de lavandería. En la zona de Huacho y parte de la zona sur de Hualmay ya se han reportado valores que sobrepasan los estándares de calidad ambiental del agua para los parámetros fósforo y nitrógeno total en estas áreas (Hoyos-Gonzales 2021), por lo que sería importante realizar estudios para verificar si existe impacto de éstas y otras actividades antrópicas sobre los organismos acuáticos presentes en el humedal.

Conclusiones

Finalmente, en el presente trabajo se reportan 45 nuevos géneros para el humedal Huacho-Hualmay-Carquín, incrementando su inventario total a 70 géneros de macroinvertebrados, con predominio de los órdenes Díptera, Coleoptera y Hemiptera. Este humedal, a pesar de su área reducida y valores de conductividad eléctrica bajos comparado con otros humedales de la costa central del Perú, mantiene una riqueza de géneros importante, en especial en áreas poco impactadas, con suficiente profundidad y con valores elevados de oxígeno disuelto, por lo que es un ecosistema importante dentro de la región costera peruana.

Agradecimientos

A Adriana Laurent Ríos, Jhoany Mallqui Flores y Ernesto Alvarado García por su apoyo en la toma de datos y recolección de macroinvertebrados del humedal. A tres revisores anónimos por sus correcciones y sugerencias al manuscrito. El estudio fue autofinanciado por los autores.

Literatura Citada

- ABARCA FJ. 2007. Técnicas para evaluación y monitoreo del estado de humedales y otros ecosistemas acuáticos. En: Óscar Sánchez, Mónica Herzig, Eduardo Peters, Roberto Márquez-Huitzil y Luis Zambrano (Eds). *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México*. Instituto Nacional de Ecología. 297 p.
- APONTE H, CANO A. 2018. Flora vascular del humedal de Carquín-Hualmay, Huaura (Lima, Perú). *Ecología Aplicada*, 17:69–76. <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v17i1.1175>
- BATZER DP, RUHÍ A. 2013. Is there a core set of organisms that structure macroinvertebrate assemblages in freshwater wetlands? *Freshwater Biology*, 58(8):1647–1659. <https://doi.org/10.1111/fwb.12156>
- BLACKWELL MS, PILGRIM ES. 2011. Ecosystem services delivered by small-scale wetlands. *Hydrological Sciences Journal*, 56(8):1467–1484. <https://doi.org/10.1080/02626667.2011.630317>
- BLANCAS H. 1978. Insectos que habitan las aguas de Villa (Lima). *Revista Peruana de Entomología*, 21 (1):105-108.
- CASTILLO-VELÁSQUEZ RM, HUAMANTINCO-ARAUJO AA. 2020. Variación espacial de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la zona litoral del humedal costero Santa Rosa, Lima, Perú. *Revista de Biología Tropical*, 68(1):50–68. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v68i1.35233>
- CASTILLO-VELÁSQUEZ RM, HUAMANTINCO-ARAUJO AA. 2022. Variabilidad de la estructura comunitaria de macroinvertebrados acuáticos en las Salinas de Chilca, Lima, Perú. *Acta Biológica Colombiana*, 27(3). <https://doi.org/10.15446/abc.v27n3.90324>
- CASTILLO-VELÁSQUEZ RM, ALVARADO-GARCÍA EW, LAURENT-RÍOS AR, HUAMANTINCO-ARAUJO AA. 2021. Dípteros acuáticos de dos humedales de la costa central de Perú y obtención de adultos a partir de pupas en el laboratorio. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 45(176):795-805. <https://doi.org/10.18257/racefyn.1350>
- CLARKE KR, GORLEY RN. 2006. PRIMER V6: User Manual/Tutorial. PRIMER-E, Plymouth UK. <https://www.primer-e.com>

- CLARKE KR, GORLEY RN, SOMERFIELD PJ, WARWICK RM. 2014. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, 3rd edition. PRIMER-E: Plymouth, UK. 172 pp.
- CÓRDOVA-TELLO CA, HUAMANTINCO-ARAUJO AA. 2023. Efecto de las variables fisicoquímicas en la comunidad de coleópteros acuáticos en un humedal costero, Lima, Perú. *Acta Biológica Colombiana*, 28(2):204-219. <https://doi.org/10.15446/abc.v28n2.99534>
- CUADROS HC, CARRANZA CC, MAESTRE JA. 2022. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua en el Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, Callao. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, 25(49):295-301.
- DOMÍNGUEZ E, FERNÁNDEZ H. 2009. Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: Sistemática y biología. Fundación Miguel Lillo.
- HAMADA N, THORP J, ROGERS, D. 2018. Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates. 4th ed. Volume 3: Keys to Neotropical Hexapoda. Academic Press.
- HAMMER Ø, HARPER DAT, RYAN PD. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontología Electronica* 4:1-9. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- HERRERA A. 2000. La clasificación numérica y su aplicación en ecología. Santo Domingo, República Dominicana: Instituto Tecnológico de Santo Domingo. 88pp.
- HOYOS-GONZALES AI. 2021. Determinación del estado de conservación del humedal Huacho- Hualmay- Carquín, provincia de Huaura, departamento de Lima [Tesis]. Repositorio Institucional Digital UCSS. <https://hdl.handle.net/20.500.14095/1106>
- HOYOS-GONZALES AI, QUINTEROS-CAMACHO NL, CRISÓLOGO-RODRÍGUEZ ME. 2022. Evaluación multitemporal de la superficie del Humedal Huacho-Hualmay-Carquín entre los años 1986 y 2019. *South Sustainability*, 3(1), e053. <https://doi.org/10.21142/SS-0301-2022-e053>
- IANNACONE J, MANSILLA J, VENTURA K. 2003. Macroinvertebrados en las Lagunas de Puerto Viejo, Lima-Perú. *Ecología Aplicada*, 2(1-2):116-124. <https://doi.org/10.21704/REA.V2I1-2.258>
- MALTBY E, ACREMAN MC. 2011. Ecosystem services of wetlands: pathfinder for a new paradigm. *Hydrological Sciences Journal*, 56(8):1341-1359. <https://doi.org/10.1080/02626667.2011.631014>
- MERRITT R, CUMMINGS K, BERG M. 2008. An Introduction to the Aquatic Insects of North America. Hunt Publishing Company.
- MONTOYA-MORENO Y, AGUIRRE N. 2013. Estado de arte de conocimiento sobre perifiton en Colombia. *Revista Gestión y Ambiente*, 16(3):91-117.
- PAREDES MA, APONTE H, APEÑO AA. 2022. Alta diversidad de aves en humedales costeros pequeños: El caso de un hotspot del Neotrópico. *Ornitología Neotropical*, 33(2):170-176.
- PERALTA-ARGOMEDA JP, HUAMANTINCO-ARAUJO AA. 2014. Diversidad de la Entomofauna Acuática y su uso como indicadores biológicos en humedales de Villa, Lima, Perú. *Revista Peruana de Entomología*, 49(2):109-119.
- PÉREZ H, GARCÍA S, ROSAS-ACEVEDO JL. 2015. Análisis de Componentes Principales, como herramienta para interrelaciones entre variables fisicoquímicas y biológicas en un ecosistema léntico de Guerrero, México. *Revista Iberoamericana de Micología*, 2(3):43-53.
- RAMOS-ASUNCIÓN ML, ESCUDERO MIRANDA M, PITTMAN SANTOS NB, HERRERA CLAVIJO JA, GUZMÁN GARCÍA AJ, SANTOS HUACANI KJ, ARÉVALO VILLAFUERTE YY. 2023. Estado de conservación de los humedales costeros en la provincia de Huaura, Perú. *Peruvian Agricultural Research*, 5(1):14-21.
- RODRÍGUEZ-LARA JW, CERVANTES-ORTIZ F, ARÁMBULA-VILLA G., MARISCAL-AMARO LA, AGUIRRE-MANCILLA CL, ANDRIO-ENRÍQUEZ E. 2022. Lirio acuático (*Eichhornia crassipes*): una revisión. *Agronomía Mesoamericana*, 33(1):44201,1-12. <https://doi.org/10.15517/am.v33i1.44201>
- ROMÁN VILLAVICENCIO PJ. 2018. Insectos acuáticos como bioindicadores del estado ecológico de los humedales de Ventanilla-Callao, Perú [Tesis]. Repositorio Institucional UNFV. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/2853>
- SEMLITSCH RD, BODIE JR. 1998. Are small, isolated wetlands expendable? *Conservation biology*, 12(5):1129-1133. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1998.98166.x>
- SUTTON-GRIER AE, SANDIFER PA. 2019. Conservation of wetlands and other coastal ecosystems: a commentary on their value to protect biodiversity, reduce disaster impacts, and promote human health and well-being. *Wetlands*, 39(6):1295-1302. <https://doi.org/10.1007/s13157-018-1039-0>
- VIVAR R, LARREA H, HUAMAN P, YONG M, PERERA G. 1996. Some ecological aspects of the freshwater molluscan fauna of Pantanos de Villa, Lima, Perú. *Malacological review*, 29:65-68.
- VIZCARDO C, GIL-KODAKA P. 2015. Estructura de las comunidades Macrozoobentónicas de los Humedales de Ventanilla, Callao, Perú. *Anales Científicos*, 76(1):1-11. <https://doi.org/10.21704/AC.V76I1.7002>
- WANTZEN KM, RUEDA-DELGADO G. 2009. Técnicas de muestreo de macroinvertebrados bentónicos. En: Domínguez E, Fernández HR (Eds.). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: Sistemática y Biología. Fundación Miguel Lillo.