

EFFECTO DE LAS VARIABLES FÍSICOQUÍMICAS EN LA COMUNIDAD DE COLEÓPTEROS ACUÁTICOS EN UN HUMEDAL COSTERO, LIMA, PERÚ

Effect of physical-chemical variables on the aquatic Coleoptera community in a Coastal Wetland, Lima, Peru

Carolina A. CORDOVA-TELLO^{1*} , Ana A. HUAMANTINCO-ARAUJO¹ .

¹ Laboratorio de Invertebrados Acuáticos, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Ciudad Universitaria, Av. Carlos Germán Amézcaga 375, Cercado de Lima, Perú.

* For correspondence: carolina.cordova@unmsm.edu.pe

Received: 12th January 2022. Returned for revision: 20th July 2022. Accepted: 30th August 2022.

Associate Editor: Gabriel Antonio Pinilla Agudelo

Citation/ citar este artículo como: Córdova-Tello, C. A. y Huamantincó-Araujo, A. A. (2023). Efecto de las variables físicoquímicas en la comunidad de coleópteros acuáticos en un humedal costero, Lima, Perú. *Acta Biol Colomb*, 28(2), 204-219. <https://doi.org/10.15446/abc.v28n2.99534>

RESUMEN

El Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa (RVSLPV) es el único humedal costero ubicado dentro del área urbana de Lima que es reconocido como sitio Ramsar. Poco se conoce sobre la diversidad de macroinvertebrados que habitan la zona y qué factores ambientales tienen influencia sobre estos organismos. El objetivo de este estudio fue determinar la composición de la comunidad de coleópteros acuáticos y evaluar sus relaciones con las variables físicoquímicas del agua. Para ello se establecieron 12 estaciones de muestreo en seis lagunas del RVSLPV y se evaluaron *in situ* los parámetros: oxígeno disuelto (OD), conductividad eléctrica (CE), temperatura del agua (T), potencial de hidrógeno (pH) y turbidez (Turb). Se identificaron 1475 coleópteros acuáticos agrupados en tres familias y 13 especies, reportando dos nuevos registros para el Perú: *Desmopachria challeti* K. B. Miller (Dytiscidae) e *Hydraena quechua* Perkins (Hydraenidae). Los Análisis de Componentes Principales (ACP) y de Correspondencia Canónica (ACC) mostraron que las variables físicoquímicas de mayor influencia fueron CE, pH y turbidez; además, encontramos que las especies de Hydrophilidae se asocian a una alta tolerancia a la CE. Por el contrario, relacionados con valores menores al promedio de T, CE, Turb, OD y una alcalinidad ligeramente alta, ocurren las especies de Dytiscidae e Hydraenidae (excepto *G. peruvianus*); estas requerirían de otras condiciones probablemente relacionadas al tamaño y profundidad de las lagunas, así como con la diversidad florística.

Palabras clave: Ecología acuática, escarabajos acuáticos, nuevo registro, Pantanos de Villa, parámetros abióticos

ABSTRACT

Pantanos de Villa (RVSLPV) is the only coastal wetland located within the urban area of Lima that is recognized as a Ramsar site. Little is known about the diversity of macroinvertebrates that inhabit the area and what environmental factors influence them. The objective of this study was to determine the composition of the community of aquatic beetles and evaluate their relationships with the physicochemical variables of the water. For this, 12 sampling stations were established in six lagoons of Pantanos de Villa and there were evaluated *in situ*: dissolved oxygen (DO), electrical conductivity (EC), water temperature (T), hydrogen potential (pH), and turbidity (Turb). 1475 aquatic beetles grouped into three families and 13 species were identified, reporting two new records for Peru: *Desmopachria challeti* K. B. Miller (Dytiscidae) and *Hydraena quechua* Perkins (Hydraenidae). Principal Component Analysis (PCA) and Canonical Correspondence (CCA) show that the physicochemical variables with the greatest influence were CE, pH, and turbidity. In this sense, Hydrophilidae species were associated with a high tolerance to CE. On the contrary, related to values lower than the average of T, CE, Turb, OD, and with slightly high alkalinity, we found the species of Dytiscidae and Hydraenidae (except *G. peruvianus*); they would require other conditions, probably related to the size and depth of the lagoons, as well as the floristic diversity.

Keywords: Abiotic parameters, aquatic beetles, new record, Pantanos de Villa, water ecology

INTRODUCCIÓN

Los humedales constituyen uno de los ecosistemas más valiosos del planeta debido a que cumplen un rol importante en el mantenimiento y la regulación hídrica de las cuencas hidrográficas, estuarios y aguas costeras por medio de la regulación de la disponibilidad del agua, la mitigación del impacto por inundaciones, la absorción de contaminantes y la retención de sedimentos. Adicionalmente, presentan un gran potencial turístico por su valor paisajístico y son importantes en el ámbito de la educación y la investigación (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2015), además de actuar como refugio de biodiversidad e influir en el control de la erosión (Moss, 2006). En la actualidad hay más de 2 400 humedales reconocidos como de importancia internacional o “Sitios Ramsar” en todo el mundo; 13 de estos se encuentran en Perú (Pulido, 2010), cinco de los cuales corresponden a humedales costeros, dentro de los que se destaca el Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa por ser el único humedal urbano reconocido como un Área Natural Protegida (ANP) en el Perú.

La mayoría de las investigaciones realizadas en estos ecosistemas han sido sobre aves acuáticas; por ello se sabe de la estrecha y vital relación de estos ambientes con dichas comunidades. Sin embargo, se conoce poco sobre otras comunidades como la de los macroinvertebrados acuáticos y su relación con su entorno abiótico.

Entre los distintos taxones de macroinvertebrados acuáticos, los coleópteros constituyen un grupo notable debido a que presentan gran abundancia, alta diversidad ecológica, rangos de distribución restringidos y alto endemismo, constituyendo buenos indicadores de la biodiversidad de un territorio (Vergara *et al.*, 2006).

A pesar de los estudios realizados sobre coleópteros acuáticos, se han establecido pocas correlaciones entre estos y las distintas variables fisicoquímicas. No obstante, se conoce la tolerancia de *Enochrus* a la salinidad (Kefford *et al.*, 2003) y la correlación negativa entre la riqueza específica de coleópteros y la conductividad eléctrica (Epele and Archangelsky, 2012). Sin embargo, estos estudios fueron realizados en diferentes ambientes, desde sistemas lóticos en Australia (Kefford *et al.*, 2003), hasta grandes lagos de USA (Arnott *et al.*, 2006) y de Turquía (Özdamar and Kiyak, 2018). Muy pocos se han hecho en humedales propiamente dichos, como los realizados en Inglaterra (Juliano, 1991) y en Argentina (Epele y Archangelsky, 2012).

Armin *et al.* (2009) indicaron que la fisicoquímica del agua influye en la estructura comunitaria de los coleópteros acuáticos; además, investigar la relación de esta comunidad con el entorno abiótico puede dar información importante sobre eventos recientes ocurridos en su hábitat (Marques *et al.*, 2003). En consecuencia, el objetivo de este estudio fue determinar la composición de la comunidad de coleópteros acuáticos presentes en el Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa y evaluar la influencia de las

variables fisicoquímicas del agua en la distribución espacial y temporal de esta comunidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El presente estudio se realizó en el Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa (RVSLPV), ubicado al sur de Lima Metropolitana, en el distrito de Chorrillos (Perú), el cual cuenta con una extensión de 263,27 hectáreas ubicadas entre las coordenadas 12°11'42"- 12°13'18" S y 76°58'42"- 76°59'42" W. Según el Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú, se ubica en la Región Costa y pertenece al ecosistema Humedal Costero (MINAM, 2019). Esta área corresponde a una depresión plana entre los 0 y 5 m.s.n.m., rodeados de colinas entre los 100 y 300 m.s.n.m. y una línea de playa recta. La temperatura presenta un rango entre 15,6 °C y 25,8 °C y las precipitaciones totales mensuales son de 60 mm en promedio. El sitio corresponde a una llanura formada por depósitos aluviales moderadamente profundos, de textura franco-arenosa con problemas de excesiva salinidad (mayor a 16 mmhos/cm). Sus factores limitantes son el drenaje pobre y la alta salinidad, entre los más importantes (Instituto Nacional de Recursos Naturales [INRENA], 1998).

Los cuerpos de agua de esta ANP se alimentan de la filtración y escurrimiento de los acuíferos subterráneos provenientes de la cuenca del Río Rímac (Torres, 1999). Por otro lado, el flujo de agua es regulado por la entidad municipal a través de la extensa red de canales y drenes que recorren el RVSLPV (Pulido y Bermúdez, 2018).

Muestreo en campo y análisis en laboratorio

Las recolectas de macroinvertebrados acuáticos se realizaron en seis lagunas del RVSLPV: Delicias, Génesis, Marvilla, Mayor, Refugio y Sur, estableciéndose dos estaciones de muestreo (A y B) dentro de cada laguna (Fig. 1). Las estaciones de muestreo se seleccionaron según la representatividad y accesibilidad dentro del RVSLPV. Así, se incluyeron lagunas como Delicias por encontrarse en la zona de recuperación del ANP (SERNANP, 2016) y estar rodeada por viviendas en casi toda su extensión; además, se encuentra separada del resto del ANP por una de las principales avenidas del distrito; Génesis, por ser parte del circuito turístico y su facilidad de acceso; Marvilla, por ser la más próxima al mar, colindar con viviendas, tener la mayor presencia de aves comparada con las otras lagunas y también ser parte del recorrido turístico; la laguna Mayor se seleccionó por ser la más extensa y atractiva para turistas e investigadores; se tomaron muestras en Refugio por encontrarse fuera del circuito de turístico y lejos de zonas urbanas; y se incluyó a la laguna Sur por su extensión, ubicación y acceso. Se obtuvieron cinco réplicas en cada

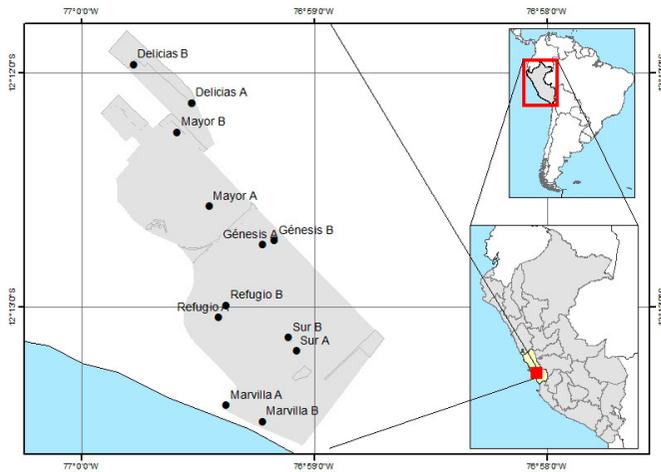


Figura 1. Ubicación de las estaciones de muestreo en el Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa.

estación y se realizaron cuatro campañas de muestreo (12 de julio, 30 de setiembre y 15 de diciembre del 2017 y 10 de febrero del 2018). Se analizaron un total de 240 muestras.

Se midieron *in situ* en cada estación y campaña de muestreo (entre las 9 y 14 horas del día, previo al muestreo de macroinvertebrados) la conductividad eléctrica (CE) y la turbidez (Turb) con un multímetro modelo KL 1385; el potencial de Hidrógeno (pH) y la temperatura (T) con un potenciómetro/termómetro modelo KL-009 (III) ATC y el oxígeno disuelto (OD) mediante un oxímetro portátil HANNA modelo HI9146-04, sumergiendo la sonda a aproximadamente 5 cm de profundidad.

Las muestras de coleópteros acuáticos se recolectaron en el borde del cuerpo de agua con una red Surber (250 µm, 30 cm x 30 cm) removiéndolo vigorosamente el fondo y sobre la vegetación sumergida. El área muestreada por estación (considerando las cinco réplicas tomadas en cada una) fue de 0,45 m². El material obtenido se fijó en alcohol al 96% y posteriormente cada muestra se lavó con agua potable en un tamiz de 500 µm de abertura de malla para eliminar el exceso de detrito fino. Para la identificación taxonómica se utilizaron un estereomicroscopio marca Zeiss modelo Stemi DV4 con 80X de aumento y un microscopio compuesto marca Zeiss modelo Primo Star con 400X de aumento. Para la determinación de las especies se realizaron disecciones del edeago en machos adultos, previamente tratados en KOH al 10% en baño térmico por 3-4 minutos para limpiar las estructuras de tejido e impurezas, y se conservaron en microviales con solución de alcohol al 96%. Se utilizaron las claves taxonómicas de Perkins (1980), Trémouilles (1984), Ferreira-Jr (1995), Hansen (1995), Miller (2001), White and Roughley (2008), Archangelsky *et al.* (2009) y Balke *et al.* (2017). Los coleópteros acuáticos identificados se depositaron en la colección de macroinvertebrados bentónicos del Laboratorio de Invertebrados Acuáticos (Labinac), Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM).



Figura 2. Estaciones de muestreo (diciembre 2017): a Delicias A; b. Delicias B; c. Génesis A, d. Génesis B; e-f. Marvilla A; g. Marvilla B; h. Mayor A; i. Mayor B; j. Refugio A; k. Refugio B; l. Sur A; m. Sur B.

Análisis de datos

Luego de evaluar la normalidad de los datos, se utilizaron las pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis para estimar las diferencias significativas de la riqueza y abundancia entre estaciones de muestreo y entre lagunas. Se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) para determinar

las relaciones entre las estaciones de muestreo y las variables fisicoquímicas del agua, previamente se normalizaron los datos en el software PRIMER-E Ltd v6.1.6 (Clarke and Gorley, 2006). Se evaluó la similitud biótica entre las estaciones con el método de agrupamiento jerárquico (Cluster) (Rivera, 2011) y se realizó el análisis de escalamiento multidimensional no paramétrico (nMDS) agregando la variable “dummy” para agrupar las estaciones en las que no hubo conteo de organismos (Clarke *et al.*, 2006). Ambos análisis se trabajaron en el software PRIMER-E Ltd

v6.1.6 a partir de los datos transformados al aplicarles raíz cuadrada. Se graficó la curva de acumulación de especies con los estimadores no paramétricos Chao1 (basado en abundancia) y Jackknife1 (basado en incidencia) utilizando el programa PRIMER-E (Clarke and Gorley, 2006). Se evaluó el nivel de significancia entre las variables bióticas (riqueza y abundancia) y abióticas (variables fisicoquímicas) a nivel global y por campaña de muestreo, mediante la correlación de Spearman (por tratarse de datos con distribución no paramétrica) utilizando el programa Minitab 18.1. Se

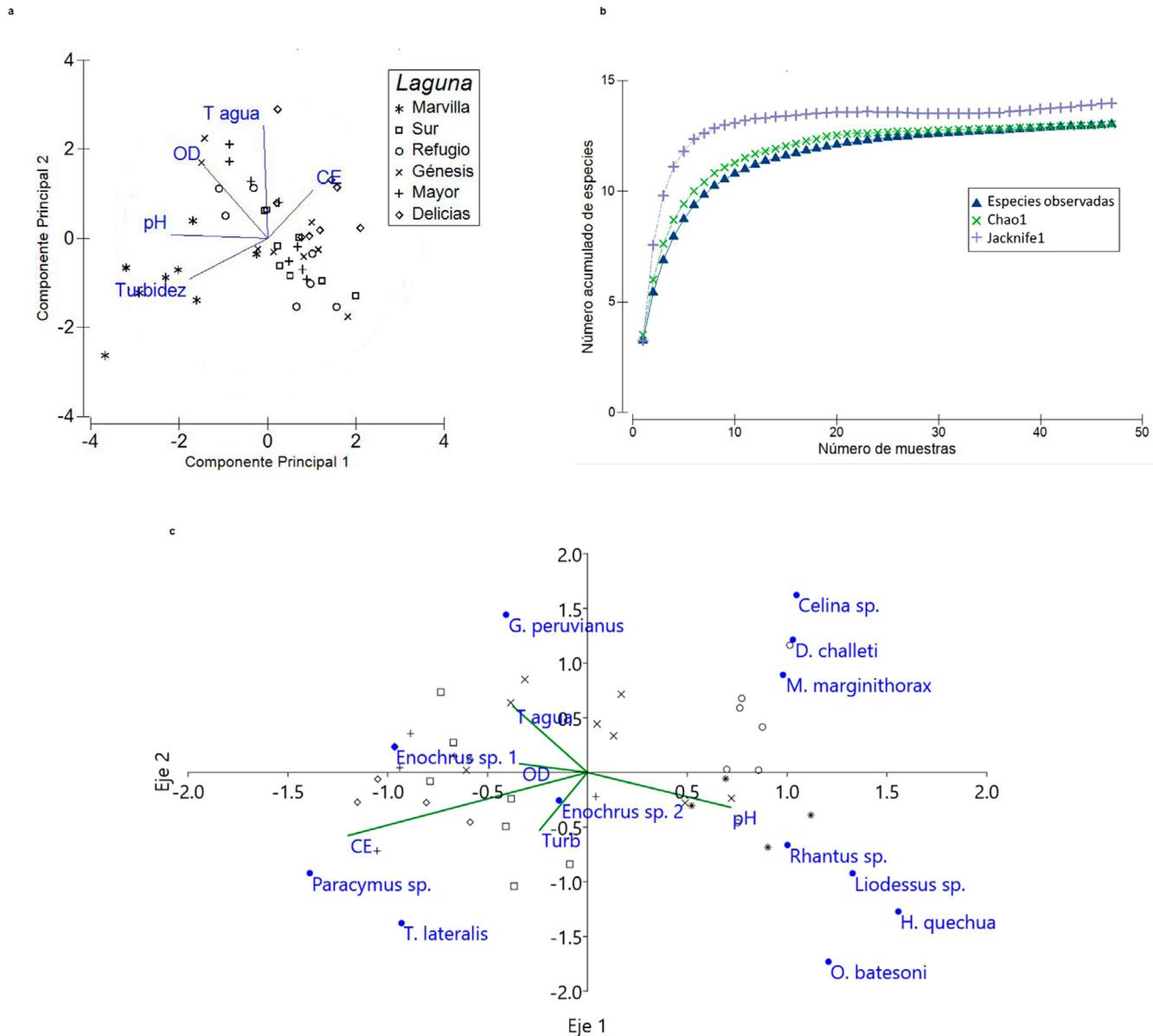


Figura 3. a. Análisis de componentes principales (ACP) de lagunas y variables fisicoquímicas, b. Curva de acumulación de especies de coleópteros acuáticos, y c. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) de los coleópteros acuáticos y las variables fisicoquímicas en el Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa (Lima, Perú) de julio 2017 a febrero 2018.

Tabla 1. Ubicación, parámetros físicos y unidades de vegetación por estación de muestreo en el Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa (Lima, Perú). Julio 2017 – febrero 2018.

	Latitud (S)	Longitud (W)	Extensión* (ha)	Profundidad* (m)	Unidades de vegetación
DELICIAS A	12°12'08"	76°59'31"	3,53	1,5	Total
DELICIAS B	12°11'57"	76°59'46"			Gramadal
GENESIS A	12°12'41"	76°59'12"	2	0,5	Total
GENESIS B	12°12'42"	76°59'09"			Juncal y gramadal, espejos de agua cubiertos por plantas del género <i>Hydrocotyle</i>
MARVILLA A	12°13'25"	76°59'21"	3,56	1,5	Gramadal
MARVILLA B	12°13'28"	76°59'14"			Gramadal
MAYOR A	12°12'32"	76°59'27"	52	3	Total
MAYOR B	12°12'14"	76°59'35"			Total
REFUGIO A	12°12'58"	76°59'17"	0,1	-	Juncal, gramadal y salicornial
REFUGIO B	12°12'57"	76°59'16"			Juncal, espejos de agua cubiertos por plantas del género <i>Bacopa</i>
SUR A	12°13'09"	76°59'05"	5,15	1	Gramadal
SUR B	12°13'06"	76°59'06"			Hierbas no graminoideas

*Fuente: SERNANP (2016).

realizó el Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) para determinar el grado de correlación entre las variables fisicoquímicas y la distribución de los coleópteros acuáticos entre las estaciones de muestreo; para este análisis los datos se transformaron previamente aplicándoles la raíz cuadrada; no se consideró a *Meridiorhantus calidus*, dado que solo se recolectó un individuo. La significancia estadística de los autovalores obtenidos en el ACC y las correlaciones entre especies y las variables fisicoquímicas se evaluaron con la prueba de Montecarlo basadas con 999 permutaciones. Este análisis se realizó en el programa estadístico Past 3.26 (Hammer *et al.*, 2001).

RESULTADOS

Caracterización fisicoquímica del agua

Los valores de oxígeno disuelto y conductividad eléctrica fueron altos en todas las estaciones y los valores de pH medidos mostraron tendencia a la alcalinidad, mientras que la temperatura del agua varió dentro de estrechos rangos en todas las lagunas estudiadas. En general, los valores de turbidez fueron menores a 100 NTU, con excepción de las estaciones de la laguna Marvilla (Tabla 2).

La estación con los niveles más altos de CE fue Delicias B (presentó 43 535 $\mu\text{S}/\text{cm}$, casi cuatro veces el valor promedio de todas las lagunas), donde se evidenció el mayor impacto antropogénico en el área estudiada, por la gran cantidad de residuos sólidos varados en la orilla y la pérdida de cobertura vegetal en sus bordes (Fig. 2b). A su vez, resaltan

las estaciones de la laguna Marvilla por presentar los valores más altos, tanto para pH como de turbidez (Tabla 2).

Composición y estructura de la comunidad de coleópteros acuáticos

Se identificaron 13 especies de coleópteros acuáticos, agrupadas en tres familias, siendo Dytiscidae la de mayor riqueza con seis especies, seguida por Hydrophilidae con cuatro especies e Hydraenidae con tres especies. La curva de acumulación de especies observada se mantuvo próxima a las curvas estimadas, indicando un muestreo representativo (Chao1: 100%; Jackknife1: 92,99%; Fig. 3c). En abundancia, se destacó la familia Hydrophilidae, mientras que Hydraenidae presentó la menor cantidad de individuos (Tabla 3). En cuanto a las especies reportadas, se destacan *Desmopachria challeti* K. B. Miller, 2001 (Dytiscidae) e *Hydraena quechua* Perkins, 1980 (Hydraenidae), ya que constituyen nuevos registros para el Perú. Se encontraron dos morfoespecies dentro del género *Enochrus*; sin embargo, estas no pudieron ser identificadas a nivel de especie ante la falta de publicaciones actualizadas para este grupo de coleópteros en el neotrópico americano.

Se observó una distribución agregada de las especies de coleópteros entre las lagunas y estaciones. Las lagunas Génesis, Marvilla y Sur no se destacaron ni en riqueza, ni en abundancia para la comunidad estudiada. La mayor riqueza y abundancia de los Dytiscidae ocurrió en las estaciones de la laguna Refugio, donde sobresalieron *Liodesus* sp. y *D. challeti* por ser las más abundantes. Con respecto a los

Tabla 2. Variables fisicoquímicas por estación de muestreo en el Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa (Lima, Perú). Julio 2017 – febrero 2018.

	OD (mg/L)	CE ($\mu\text{S/cm}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	pH	Turb (NTU)
DELICIAS A	12,3 \pm 4	15 187,5 \pm 328,8	26,9 \pm 3,9	7,7 \pm 0,2	57,6 \pm 94
DELICIAS B	12,8 \pm 1,8	43 535 \pm 7 714,8	26,2 \pm 5,6	7,8 \pm 0,5	137,3 \pm 63,3
GENESIS A	20,4 \pm 7,4	4 807,5 \pm 126,9	26,2 \pm 3,5	8,3 \pm 0,3	40,1 \pm 25
GENESIS B	7,9 \pm 5,9	4 752,5 \pm 168,6	25,3 \pm 3,8	7,5 \pm 0,2	37,4 \pm 43,2
MARVILLA A	12,2 \pm 2,4	4 387,5 \pm 898,1	22,3 \pm 2,8	8,9 \pm 0,3	413,3 \pm 395,7
MARVILLA B	15,9 \pm 1,8	5 005 \pm 595,1	23,3 \pm 2,9	9,4 \pm 0,3	361,4 \pm 179,4
MAYOR A	13,3 \pm 1,1	10 797,5 \pm 501,3	26,1 \pm 5,2	8,2 \pm 0,5	46,8 \pm 24,8
MAYOR B	14,5 \pm 4,2	11 065 \pm 519,8	26,6 \pm 5	8,2 \pm 0,4	41,9 \pm 20,3
REFUGIO A	18,3 \pm 3,8	5 940 \pm 511	27,3 \pm 3,5	8,5 \pm 0,2	42,3 \pm 21,6
REFUGIO B	5,3 \pm 1,7	6 487,5 \pm 1 423,3	23,1 \pm 2,1	8 \pm 0,3	12 \pm 19,2
SUR A	12 \pm 2,3	15 575 \pm 669,6	23,2 \pm 2,6	8,1 \pm 0,2	84,4 \pm 43,1
SUR B	9,2 \pm 3,3	15 470 \pm 628,3	24,1 \pm 3,7	8 \pm 0,4	75,9 \pm 53,3

OD: Oxígeno disuelto, CE: conductividad eléctrica, T: temperatura del agua, pH: potencial de Hidrógeno, Turb: turbidez. Se muestra la media y desviación estándar para cada variable fisicoquímica.

Hydrophilidae, tanto su riqueza como su abundancia fueron mayores en Delicias B y Mayor A. De las tres especies de Hydraenidae, *H. quechua* y *O. batesoni* se encontraron principalmente en Refugio B, mientras que *G. peruvianus* alcanzó una mayor distribución, con presencia en nueve de las 12 estaciones.

Las pruebas estadísticas de Kruskal-Wallis evidenciaron diferencias significativas para la riqueza (rq) y la abundancia (ab) entre estaciones de muestreo ($p_{rq}=0,005$ y $p_{ab}=0,003$) y entre lagunas ($p_{rq}=0,010$ y $p_{ab}=0,021$), pero no entre campañas de muestreo ($p_{rq}=0,92$ y $p_{ab}=0,66$).

Los resultados del análisis Cluster mostraron que las lagunas evaluadas se asociaron en tres grupos (Anexo 5), de forma que el grupo de la izquierda (representado por las lagunas Marvilla y Refugio) alberga una alta riqueza de coleópteros, sobre todo ditiscidos. En el grupo de la derecha, con 40% de similaridad, se asocian las estaciones de menor riqueza de coleópteros acuáticos (Sur A y B, Mayor B y Delicias A), con dominio de los hidrofílicos. Por su parte, el grupo central muestra valores intermedios de riqueza y la presencia de las tres familias de coleópteros. Con respecto al nMDS, este presentó un stress de 19%, lo que representa un ordenamiento moderadamente ajustado y muestra gráficamente que no habría diferencias significativas a nivel temporal (Anexo 6).

LA COMUNIDAD DE COLEÓPTEROS ACUÁTICOS Y LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS

El ACP explicó el 63,9% de la variación de datos a través de sus dos primeros ejes. El componente principal 1 (37,6%) presentó correlación negativa con el pH y la turbidez, mientras que la temperatura del agua y el OD tuvieron correlaciones

positivas con el componente principal 2 (26,2%). Al hacer la evaluación por lagunas, se observó que Marvilla mostró una clara correlación positiva con la turbidez y el pH; por su parte, la CE estuvo correlacionada con la laguna Delicias, mientras que, con un patrón menos claro, se observó una correlación negativa de la laguna Sur con el OD (Fig. 3a).

El análisis de correlación de Spearman no mostró resultados significativos ($p<0,05$) entre los factores bióticos (riqueza y abundancia) y los abióticos (variables fisicoquímicas) durante este estudio (Anexo 4), excepto al evaluar las relaciones por campaña de muestreo, en las que se encontró la única correlación significativa ($p=0,046$) entre la abundancia de coleópteros y el pH (Rho= -0,585) en la campaña de diciembre del 2017.

Con respecto al ACC, los ejes 1 y 2 recogieron el 79,45% de varianza acumulada, aportando cada uno el 61,08% y el 18,37%, respectivamente. En la Figura 3c, cuatro de las cinco variables medidas se relacionan con el lado izquierdo del Eje 1, de las que destaca la CE por su mayor influencia; además, asociadas a esta variable se encuentran tres especies de Hydrophilidae: *Enochrus* sp1, *Paracymus* y *T. lateralis*, así como las lagunas Delicias y Mayor. Por otra parte, en el lado derecho del gráfico, relacionado con valores alcalinos del pH y registros menores al promedio de temperatura, OD, CE y turbidez, se ubican las especies de Dytiscidae e Hydraenidae (excepto *G. peruvianus*), asociadas a la laguna Refugio (Fig. 3c).

A nivel de especies, se destaca *Liodessus* por su aparente tolerancia a altos niveles de pH (9,36) y turbidez (413,33 NTU), ya que fue la especie dominante en la laguna Marvilla al presentar hasta 52 individuos por estación, mientras que las demás especies alcanzaban abundancias de entre 1 y 5 individuos en esta misma laguna (Tabla 3).

DISCUSIÓN

Caracterización fisicoquímica del agua

De los factores fisicoquímicos medidos, algunos se destacaron por mostrar valores relativamente altos, comparados con otros ecosistemas dulceacuícolas. Entre estos se tiene el oxígeno disuelto. Los altos valores de OD encontrados en este estudio podrían deberse a los amplios espejos de agua de las lagunas evaluadas, tal como indica Rivera (2011); además, Metcalf and Eddy (1996) mencionan que hay una relación positiva entre el tamaño del espejo de agua y el aumento de la concentración de oxígeno ganado por procesos biológicos como la fotosíntesis y físicos como el intercambio gaseoso. Lo anterior se refuerza con lo reportado por Seki *et al.* (1979) al evaluar una floración algal en un lago en Japón; estos autores deducen que en lagos eutrofizados o hipereutrofizados, el oxígeno disuelto presenta variaciones importantes dependiendo de la hora, debido a la fotosíntesis y a la respiración vegetal, con la fotosíntesis como la responsable del aumento del OD por encima de los 60 cm de profundidad y con los valores más altos al mediodía. Wang *et al.* (2000) también registraron una fuerte correlación entre el OD y la abundancia de algas en aguas eutrofizadas, mientras que Zang *et al.* (2011) encontraron una correlación positiva entre el OD y la clorofila *a*. Así mismo, estos valores de OD concuerdan con lo reportado por Peralta (2012) en este mismo ambiente (el RVSLPV) y por Castillo y Huamantínco (2020) en el Humedal Santa Rosa.

A partir del ACP se pueden destacar dos relaciones entre las lagunas y las variables fisicoquímicas: (1) Delicias y su fuerte correlación positiva con la CE, lo que se explicaría por la permanente presión urbana a la que está sometida esta laguna al estar rodeada por viviendas en casi toda su extensión, pues estudios previos han demostrado que la CE se eleva en casos de contaminación antropogénica (Matienco, 2014). Sin embargo, esta alta conductividad también podría relacionarse a otros factores no evaluados en este estudio. (2) Marvilla y su fuerte correlación con el pH y la turbidez, lo cual se debería a que esta es la laguna más próxima al mar y se extiende en paralelo a la orilla de playa, y esto generaría un aumento en la entrada de sales por escorrentía (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico [INGEMMET], 2019). Además, Contreras and Kerekes (1993) señalan que en los sistemas costeros los valores de pH están dados por el intercambio del CO₂ atmosférico con los cuerpos de agua, ya que cuando este interactúa con el agua de mar, resulta en valores ligeramente alcalinos (Broecker, 1974). Otra característica importante de esta laguna es el intenso color verde del agua, lo que evidenciaría un proceso de eutrofización, probablemente relacionado con una floración o *bloom* de cianobacterias, ya que estas se adaptan fácilmente a ambientes de pH alcalino (Chorus

et al., 2000), tal como lo registró Mendoza (2016) en la laguna Huacachina. Sería justamente esta floración de cianobacterias la que explicaría los elevados valores de turbidez, pues Vargas y Romero (2006) indican que el plancton (además de otros sólidos suspendidos y partículas coloidales) es uno de los responsables de la turbidez del agua.

Composición y distribución de la comunidad de coleópteros acuáticos

Estudios realizados por Pérez *et al.* (2014) y Guareschi *et al.* (2015) en humedales en España encontraron que las familias de coleópteros acuáticos con mayor riqueza específica en estos ambientes son Dytiscidae e Hydrophilidae. Las investigaciones de Von Ellenrieder and Fernández (2000) y Torres *et al.* (2008) en Argentina, así como de Peralta (2012) y Castillo y Huamantínco (2020) en Perú, obtuvieron resultados similares.

Los Dytiscidae, además de los Hydraenidae *Ochthebius batesoni* e *Hydraena quechua*, demostraron su preferencia por ambientes de poca profundidad y con vegetación que cubre gran parte del espejo de agua, como sucedió en la laguna Refugio. Estas condiciones son favorables no solo para el desarrollo de estos hidraénidos (Perkins, 1980), sino también para ditiscidos como *Liodessus* y *Desmopachria* (Larson *et al.*, 2001).

Las pruebas estadísticas de Kruskal-Wallis para la riqueza, la abundancia y la estructura comunitaria no mostraron diferencias significativas a nivel temporal entre las estaciones ni entre las lagunas. De manera general, se esperaría que se verificara alguna variación en la comunidad de coleópteros acuáticos como consecuencia de cambios en el nivel de agua de las lagunas, pero dado que estas son extensas (excepto la laguna Refugio), las variaciones en el nivel de agua parecen no ser suficiente como para ejercer un cambio detectable en la composición y estructura de la comunidad de coleópteros acuáticos. Además, en Pantanos de Villa los niveles de agua son regulados por PROHVILLA (autoridad municipal) a través de canales y drenajes (Pulido y Bermúdez, 2018), por lo que no habría un cambio natural en la hidrología de estos cuerpos de agua. Por otro lado, recientemente se ha registrado la ausencia de diferencias significativas a nivel temporal para la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en otros humedales costeros cercanos, como los Humedales de Ventanilla (Román, 2018 y Canales *et al.*, 2022) y Santa Rosa (Castillo y Huamantínco, 2020).

INFLUENCIA DE LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS EN LA DISTRIBUCIÓN DE LOS COLEÓPTEROS ACUÁTICOS

Uno de los hallazgos de este estudio es la tolerancia de las especies de Hydrophilidae a los valores elevados de CE (43 535 μS/cm). La estación que mostró estos registros

Tabla 3. Composición, riqueza y abundancia de coleópteros acuáticos por estación de muestreo en el Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa (Lima, Perú). Julio 2017 – febrero 2018.

Familia	Especie	Abundancia												Total
		DEL		GEN		MAR		MAY		REF		SUR		
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	
	<i>Celina</i> sp. Aubé, 1837	0	0	2	0	0	0	0	0	2	1	0	0	5
	<i>Desmopachria challeti</i> K. B. Miller, 2001 ^N	0	0	2	4	0	5	4	0	56	106	0	1	178
Dytiscidae	<i>Liodessus</i> sp. Guignot, 1939	0	1	15	0	17	52	25	0	41	112	0	1	264
	<i>Megadytes marginithorax</i> (Perty, 1830)	0	0	0	6	2	0	0	0	11	12	1	3	35
	<i>Meridiorhantus calidus</i> (Fabricius, 1792)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	<i>Rhantus</i> sp. Dejean, 1833	0	0	0	0	3	0	3	0	17	20	0	0	43
	Total de Dytiscidae	0	1	19	10	22	57	33	0	127	251	1	5	526
	<i>Enochrus</i> sp. 1 Thomson, 1859	20	69	9	8	1	0	124	16	15	4	20	8	294
Hydrophilidae	<i>Enochrus</i> sp. 2 Thomson, 1859	0	37	23	13	0	1	23	0	1	26	0	0	124
	<i>Paracymus</i> sp. Thomson, 1867	5	25	0	1	0	0	116	1	0	1	2	0	151
	<i>Tropisternus lateralis</i> (Brullé, 1837)	0	15	0	0	1	0	25	3	1	0	6	31	82
	Total de Hydrophilidae	25	146	32	22	2	1	288	20	17	31	28	39	651
	<i>Gymnochthebius peruvianus</i> (Balfour-Browne, 1971)	1	16	9	19	0	1	134	0	2	20	18	0	220
	Hydraenidae	<i>Hydraena quechua</i> Perkins, 1980 ^N	0	0	2	0	0	0	0	0	20	0	1	23
<i>Ochthebius batesoni</i> Blair, 1933		0	1	0	0	0	0	0	0	1	52	0	1	55
Total de Hydraenidae		1	17	11	19	0	1	134	0	3	92	18	2	298
Riqueza específica		3	7	7	6	5	4	9	3	10	11	5	7	13
	Abundancia	26	164	62	51	24	59	455	20	147	374	47	46	1475

DEL: Delicias, GEN: Génesis, MAR: Marvilla, MAY: Mayor, REF: Refugio, SUR: Sur.

^N Nuevo registro para el Perú.

(Delicias B) fue la tercera en abundancia de coleópteros acuáticos, de los cuales el 89% fueron hidrofílicos. Algunos estudios muestran que los valores altos de conductividad eléctrica afectan la abundancia y riqueza de insectos acuáticos (Braukmann and Böhme, 2011); sin embargo, las especies de Hydrophilidae de este estudio podrían no solo tolerar sino también prosperar en estas condiciones. Además, estudios realizados por Kefford *et al.* (2003) en Australia, encontraron que los Hydrophilidae presentan una gran tolerancia a los altos niveles de CE, atribuyéndole a *Enochrus* una tolerancia >15 000 uS/cm (LC50), lo que coincide con los resultados encontrados en este estudio.

Por su parte, autores como Juliano (1991) y Epele and Archangelsky (2012) han identificado el pH como un factor ambiental clave que afecta la distribución espacial de los coleópteros en algunos hábitats de humedales. Ya en 1986, Eyre *et al.* habían indicado que el pH y la conductividad eléctrica son los factores más importantes que afectan la distribución de la familia Dytiscidae, lo que coincide con los resultados aquí obtenidos; así, en el RVSLPV esta familia, junto con los Hydraenidae (excepto *G. peruvianus*), tendieron a prosperar en ambientes de baja

CE y pH relativamente alcalino, comportándose como familias sensibles a la contaminación (Samir, 2017). No obstante, Kumar *et al.* (2018) señalan que los ditiscidos tienen un amplio rango de tolerancia a los valores de pH, pero este varía de acuerdo a la especie, siendo unas más sensibles que otras. Esto explicaría la correlación positiva encontrada entre el pH y la abundancia de los coleópteros en general, de los cuales la familia Dytiscidae fue la más abundante en la campaña de diciembre 2018, a pesar de los altos niveles de pH.

Es importante mencionar que las especies de Hydraenidae, a diferencia de lo que sucede en las otras familias, presentarían una respuesta diferenciada, ya que por un lado *G. peruvianus* parece ser capaz de colonizar más lagunas (incluso Delicias B que muestra una alta conductividad eléctrica), mientras que *H. quechua* y *O. batesoni* estarían restringidos a cuerpos de agua someros, con plantas acuáticas sumergidas y algas. Estos resultados concuerdan con las características abióticas de los ambientes reportados para algunas especies de Hydraena, como cuerpos de agua permanentes y poco profundos (Delgado *et al.*, 1992) o aguas estancadas eutróficas y poco oxigenadas (Aguilera y Gerend, 1995).

En la presente investigación, la turbidez también fue un factor particularmente elevado en la laguna Marvilla. Al respecto, algunos estudios señalan que la floración de cianobacterias y la turbidez asociada afectan a la comunidad de macroinvertebrados, incluso algunas especies de cianobacterias producen sustancias tóxicas (Robin *et al.*, 2014). De los resultados mostrados en la Tabla 3 se podría suponer que la elevada turbidez afectaría a los coleópteros acuáticos, dado que la riqueza y abundancia en esta laguna mostraron valores comparativamente bajos en relación con los otros sitios de muestreo.

Con respecto al Cluster, se puede inferir, a partir de las observaciones en campo, que las lagunas en el agrupamiento derecho, en las que predominan los ditiscidos, se distinguen por la presencia notoria de organismos fotosintéticos, tanto en la superficie como en la columna de agua. Tal vez esta característica podría contribuir positivamente al desarrollo de esta familia de coleópteros. Por el contrario, las lagunas del sector derecho del dendrograma, que son las de menor riqueza en este estudio, no albergan ditiscidos pero sí hidrófilos. Tanto la laguna Delicias A como Mayor B están sujetas a una fuerte presencia humana, representada por una carretera de alta circulación, así como por fábricas y viviendas. De lo anterior, se podría inferir que estas condiciones, que van en detrimento de los organismos, efectivamente afectan la riqueza, pero que algunas especies de hidrófilos pueden tolerarlas.

Algunos factores que no se midieron en este estudio, como las características morfológicas de las lagunas y la cobertura vegetal, se consideran en la literatura como de importancia para las comunidades de coleópteros acuáticos (Yee, 2014). Llama la atención, por los resultados obtenidos en esta investigación, que la laguna más pequeña y con mayor presencia de vegetación acuática fuera la que albergara la mayor diversidad y abundancia de ditiscidos e hidraenidos. Podríamos inferir que, en el área de estudio, las lagunas con un espejo de agua pequeño, de poca profundidad y con vegetación emergente o sumergida y matas de algas, ofrecerían un ambiente adecuado para que prosperen algunas familias de escarabajos acuáticos. Al respecto, diversos autores señalan que la vegetación acuática ofrece lugares de refugio, oviposición y alimentación; además, los hábitats poco profundos albergarían menos depredadores, como peces y larvas de odonatos (Valladares *et al.*, 2002; Burghleale *et al.*, 2008; Yee 2014).

Tal como indicó Batzer (2013), aún falta conocer los patrones predecibles en la relación de los invertebrados con los factores ambientales en los humedales, y agregaríamos que esta carencia de información es más patente en Sudamérica, donde no se tiene mucha información sobre los humedales costeros. Por ello, los estudios en ecología de coleópteros acuáticos y de otros invertebrados serían muy valiosos como insumo para implementar planes de manejo y conservación de estos ambientes.

CONCLUSIONES

Se identificaron 13 especies de coleópteros acuáticos, distribuidos en tres familias, siendo Dytiscidae la de mayor riqueza de especies e Hydrophilidae la más abundante. Se reportan por primera vez para el Perú las especies *Desmopachria challeti* K. B. Miller (Dytiscidae) e *Hydraena quechua* Perkins (Hydraenidae).

De las variables fisicoquímicas medidas, las que más influyeron en la distribución de los coleópteros acuáticos en el Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa fueron la conductividad eléctrica, el potencial de hidrógeno (pH) y la turbidez.

Las especies de Hydrophilidae mostraron tolerancia a elevados valores de conductividad eléctrica, mientras que las especies de Dytiscidae (excepto *Liodessus*) e Hydraenidae prosperaron en condiciones de menores valores de CE y turbidez y con un pH ligeramente alcalino. Estas condiciones se verificaron en la laguna Refugio que, además, se distinguió por su pequeño tamaño y su vegetación hidrófila particular.

AGRADECIMIENTOS

A los biólogos y miembros del Labinac-UNMSM, Jorge Peralta y Manuel Silva, por su apoyo en los análisis estadísticos; a Rodolfo Castillo por su ayuda en las identificaciones taxonómicas y sus consejos para la elaboración de esta publicación. Al Ing. José Junco (Jefe Oficina de Investigación Científica y Desarrollo de Proyectos de los Pantanos de Villa en 2017) y al equipo que realizó la recolección de macroinvertebrados: Nataly Concha, Rodolfo Castillo y Manuel Silva.

A los investigadores Douglas Post del Aquatic Bioassessment Laboratory (California) por su constante apoyo para las identificaciones de la familia Dytiscidae; a Cheryl Barr, Liliana Fernández, Patricia Torres y Jennifer Giron, por su ayuda para las identificaciones de la familia Hydrophilidae. A los revisores anónimos por sus valiosos aportes que mejoraron significativamente el manuscrito.

Al Vicerrectorado de Investigación y Posgrado VRIP de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos por el financiamiento del proyecto "Evaluación de humedales costeros usando indicadores biológicos" con código: B17100301, a partir del cual se desprende este trabajo.

CONFLICTO DE INTERESES

Las autoras declaran no tener conflicto de intereses.

PARTICIPACIÓN DE AUTORES

Córdova-Tello: Identificación taxonómica, evaluación estadística, interpretación de resultados, revisión bibliográfica y redacción.

Huamantínco-Araujo: Concepción y diseño del estudio, toma de datos en campo, redacción, revisión bibliográfica y revisión del manuscrito.

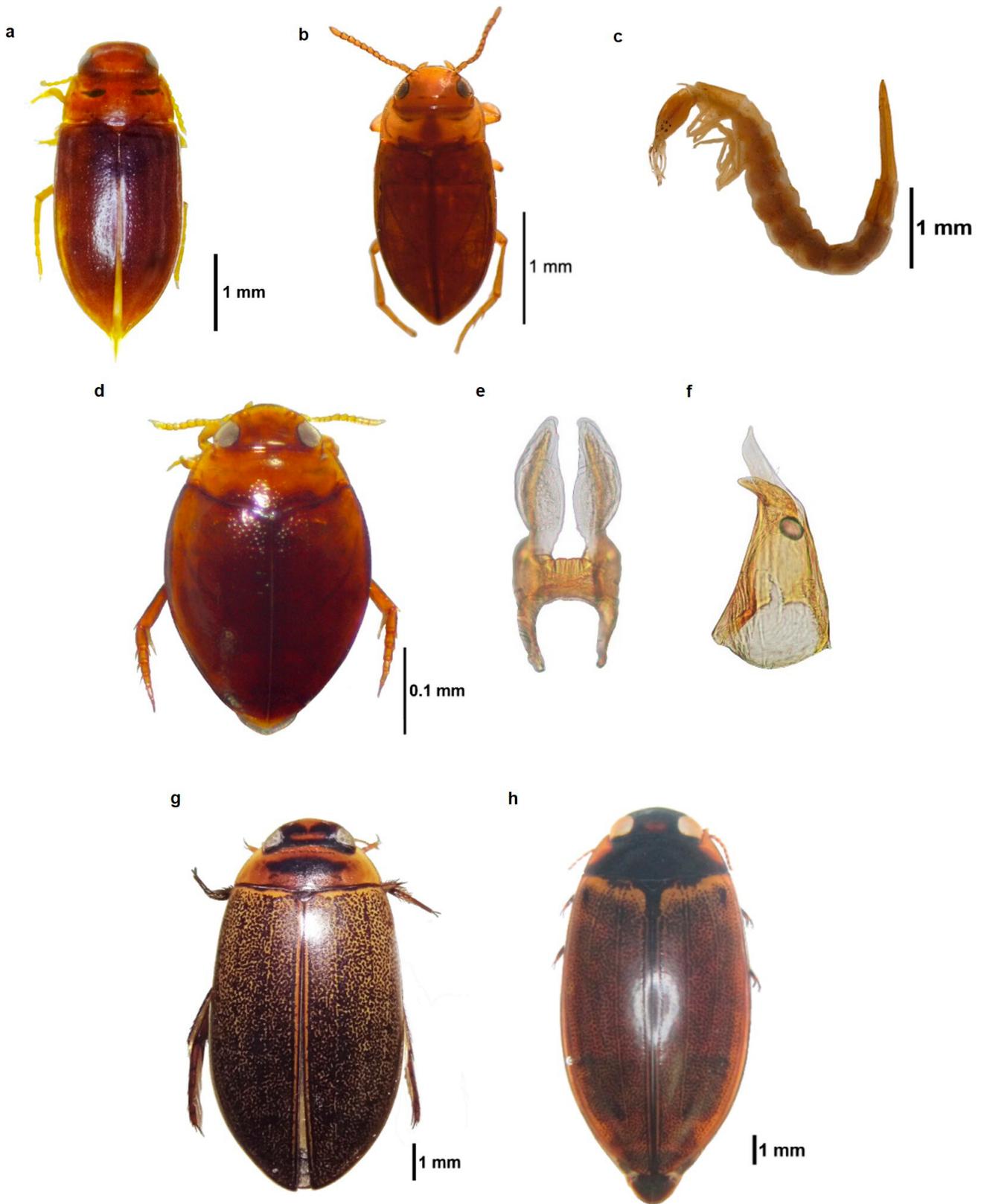
REFERENCIAS

- Aguilera, P. y Gerend, R. (1995). El género *Hydraena* Kugelann, 1794 (Col., Hydraenidae) en el conjunto orográfico del Sistema Ibérico (España). *Zapateri, Revista Aragonesa de Entomología*, 5, 63-74.
- Archangelsky, M., Manzo, V., Michat, M. C. y Torres, P. L. M. (2009). Coleoptera. En: E. Domínguez y H. R. Fernández (Eds.), *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología* (pp. 411-468). Fundación Miguel Lillo.
- Armin, B., Stefan, K., Barbara, P. and Albert, M. (2009). Abundance, diversity and succession of aquatic Coleoptera and Heteroptera in a cluster of artificial ponds in the North German Lowlands. *Limnologica*, 40, 215-225.
- Arnott, S. E., Jackson, A. B., Alarie and Y. (2006). Distribution and potential effects of water beetles in lakes recovering from acidification. *Journal of the North American Benthological Society*, 25, 811-824.
[https://doi.org/10.1899/0887-3593\(2006\)025\[0811:DAP EOW\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1899/0887-3593(2006)025[0811:DAP EOW]2.0.CO;2)
- Balke, M., Hájek J and Hendrich L. (2017). Generic reclassification of species formerly included in *Rhantus* Dejean (Coleoptera, Dytiscidae, Colymbetinae). *Zootaxa*, 4258(1), 91-100.
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.4258.1.7>
- Batzer, D. P. (2013). The seemingly intractable ecological responses of invertebrates in North American wetlands: a review. *Wetlands*, 33, 1-15.
- Braukmann, U. and Böhme, D. (2011). Salt pollution of the middle and lower sections of the river Werra (Germany) and its impact on benthic macroinvertebrates. *Limnologica*, 41, 113-124.
<https://doi.org/10.1016/j.limno.2010.09.003>
- Broecker, W. S. (1974). *Chemical oceanography*. Harcourt Brace Jovanovich, Inc.
- Burghlea, C., Zaharescu, D. and Palanca, A. (2008). Spatial and temporal distribution of three aquatic beetles (Dytiscidae) in Monegros arid zone, NE Spain. *Analele Stiintifice ale Universitatii Alexandru Ioan Cuza Iasi, Seria Noua, Sectiunea I. Biologie Animala*, 54, 101-111.
- Canales, H., Cabrera, C. y Arana, J. (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.
<https://doi.org/10.15381/iigeo.v24i48.23013>
- Castillo, R. M. y Huamantínco, A. A. (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.
<https://doi.org/10.15517/rbt.v68i1.35233>
- Chorus, I., Falconer, I. R., Salas, H. J. and Bartram, J. (2000). Health risks caused by freshwater cyanobacteria in recreational waters. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*, 3(4), 323-347.
<https://doi.org/10.1080/109374000436364>
- Clarke, K. R. and Gorley, R. N. (2006). PRIMER v7: User Manual/Tutorial. PRIMER-E: Plymouth.
- Clarke, K. R., Somerfield, P. J. and Chapman, M. G. (2006). On resemblance measures for ecological studies, including taxonomic dissimilarities and a zero-adjusted Bray-Curtis coefficient for denuded assemblages. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 330, 55-80.
- Contreras, E. F. and Kerekes, J. (1993). Total phosphorus-chlorophyll relationships in tropical coastal lagoons in Mexico. *Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie: Verhandlungen*, 25(1), 448-451.
<https://doi.org/10.1080/03680770.1992.11900161>
- Delgado, J. A., Millán, A. y Soler, A. G. (1992). El género *Hydraena* Kugelann, 1794 (Col., Hydraenidae) en la cuenca del río Segura. *Boletín de la Asociación española de Entomología*, 16, 71-81.
- Epele, L. B. and Archangelsky, M. (2012). Spatial variations in water beetle communities in arid and semi-arid Patagonian wetlands and their value as environmental indicators. *Zoological Studies*, 51(8), 1418-1431.
- Eyre, M. D., Ball, S. G. and Foster, G. N. (1986). An initial classification of the habitats of aquatic Coleoptera in North-East England. *Journal of Applied Ecology*. 23, 841-852.
<https://doi.org/10.2307/2403938>
- Ferreira-Jr, N. (1995). Description of the larvae of *Megadytes fallax* (Aubé) and *M. marginithorax* (Perty) (Coleoptera: Dytiscidae). *The Coleopterists Bulletin*, 49(4), 313-318.
- Guareschi, S., Velasco, J., Sánchez-Fernández, D., Picazo, F., Carbonell, J. A., Bruno D, Abellán, P. y Millán, A. (2015). Interés de conservación de los humedales Ramsar de España peninsular a través de sus comunidades de coleópteros acuáticos. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A.)*, (57), 361-364.
- Hammer, O., Harper, D. A. T. and Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological Statistical software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1), 1-9.
- Hansen, M. (1995). A review of the Hawaiian Hydrophilidae (Coleoptera). *Pacific Science*, 49(3), 266-288.
- INGEMMET (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico). (2019). Informe Técnico N° A6873: Estudio hidrogeológico del Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa, Chorrillos-Lima.
- INRENA (Instituto Nacional de Recursos Naturales). (1998). Plan Maestro Pantanos de Villa. Refugio de Vida Silvestre del periodo 1998-2003.

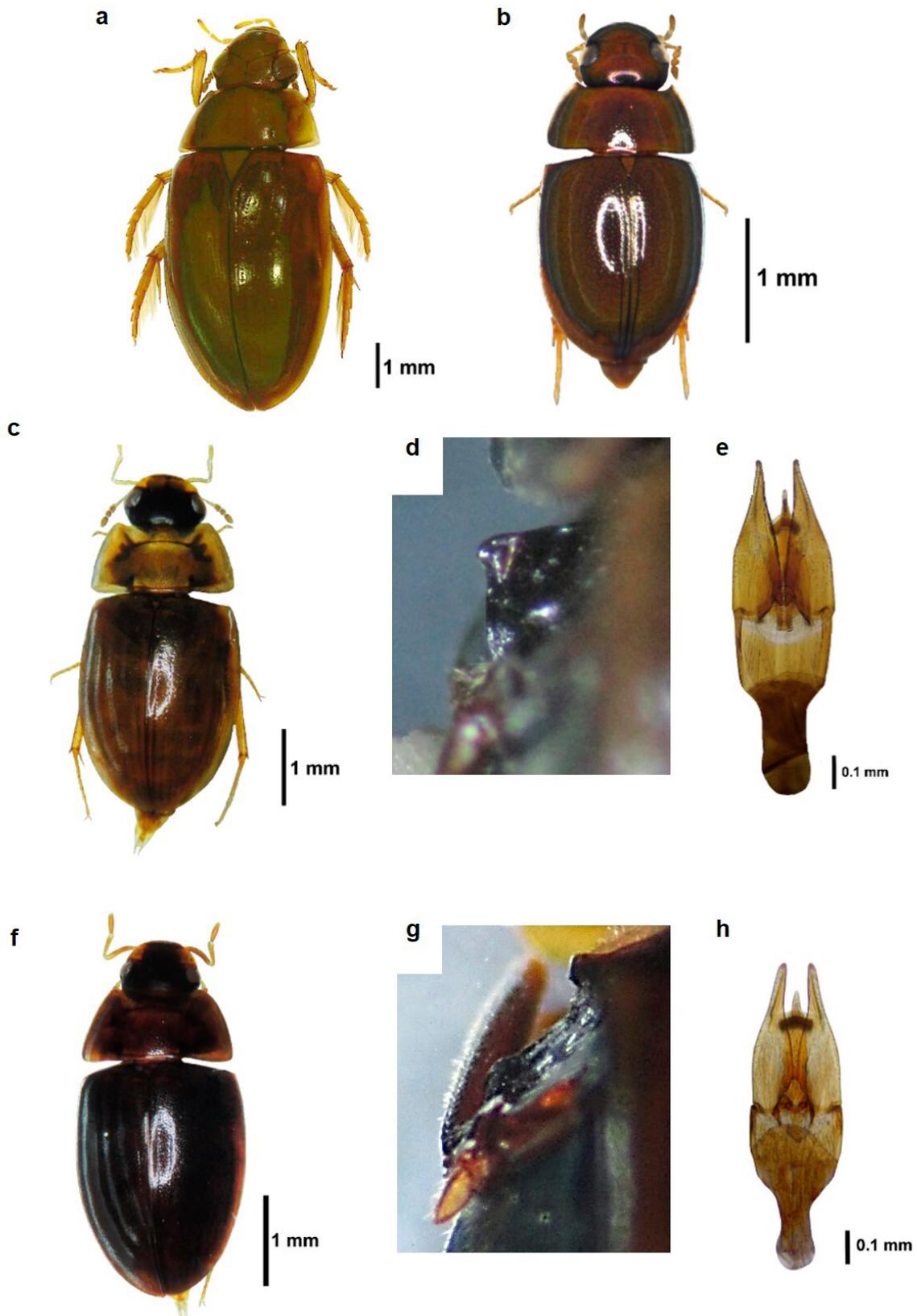
- Juliano, S. A. (1991). Changes in structure and composition of an assemblage of *Hydroporus* species (Coleoptera: Dytiscidae) along a pH gradient. *Freshwater Biology*, 25, 367-378.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.1991.tb00499.x>
- Kefford, B. J., Papas, P. J. and Nuggeoda, D. (2003). Relative salinity tolerance of macroinvertebrates from the Barwon River, Victoria, Australia. *Marine and Freshwater Research*, 54, 755-765.
<https://doi.org/10.1071/MF02081>
- Kumar, G. S., Kalaimagal. P., Issaquemadani, J. and Sugumaran, J. (2018). The influence of pH and salinity on the distribution of hydradephagan beetles. *International Journal of Zoology and Applied Biosciences*, 3(1), 9-17.
- Larson, D. J., Alarie, Y., Roughley, R. E. and Nilsson, A. N. (2001). Predaceous diving beetles (Coleoptera: Dytiscidae) of the Nearctic Region, with emphasis on the fauna of Canada and Alaska. *Annals of The Entomological Society of America*, 94(5), 769-770.
- Marques, M. J., Martinez, E. and Rovira, J. V. (2003). Effects of zinc and lead mining in the benthic macroinvertebrate fauna of a fluvial ecosystem. *Water, Air, and Soil Pollution*, 148, 363-388.
- Matienzo, R. A. (2014). Análisis de la influencia de la represa de Gallito Ciego en la calidad del agua del curso inferior del río Jequetepeque [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/6206>
- Mendoza, L. H. (2016). El género *Sphaerocavum* y dominancia de *S. brasiliense* y *Microcystis wesenbergii* (Microcystaceae, Cyanophyceae) en la floración algal de la laguna Huacachina, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 23(1), 053-060.
<http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v23i1.11835>
- Metcalf, A. and Eddy, J. (1996). *Ingeniería de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización*. McGraw-Hill/ Interamericana S.A.
- Miller, K. B. (2001). Descriptions of new species of *Desmopachria* Barington (Coleoptera: Dytiscidae: Hydroporinae: Hyphdrini) with a reassessment of the subgenera and species groups and a synopsis of the species. *The Coleopterists Bulletin*, 55(2), 219-240.
[https://doi.org/10.1649/0010-065X\(2001\)055\[0219:DON SOD\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1649/0010-065X(2001)055[0219:DON SOD]2.0.CO;2)
- MINAM (Ministerio del Ambiente). (2015). Estrategia nacional de humedales. Anexo DSN.° 004-2015-MINAM.
- MINAM (Ministerio del Ambiente). (2019). Mapa nacional de ecosistemas del Perú: Memoria descriptiva.
- Moss, R. (2006). *Guía de identificación y manejo para humedales en propiedades privadas en Costa Rica*. Costa Rica: Secretaría Técnica Nacional Ambiental.
- Özdamar, H. and Kiyak, S. (2018). The investigation of the some physicochemical parameters of water quality and aquatic coleoptera diversity in Işikli Lake (Denizli). *Munich Entomology & Zoology*, 13(2), 647-654.
- Peralta, J. L. (2012). Diversidad de la entomofauna acuática y su uso como indicadores biológicos en Humedales de Villa, Lima, Perú [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Mayor de San Marcos].
- Pérez, A., Benetti, C. and Garrido, J. (2014). Aquatic Coleoptera assemblages in protected wetlands of North-western Spain. *International Journal of Limnology*, 73(1), 81-91.
<https://doi.org/10.4081/jlimnol.2014.737>
- Perkins, P. D. (1980). Aquatic beetles of the family Hydraenidae in the western hemisphere: classification, biogeography and inferred phylogeny (Insecta: Coleoptera). *Quaestiones entomologicae*, 16, 3-554.
- Pulido, V. M. (2010). Conservación de humedales y aves acuáticas en la costa peruana. *Exégesis*, 77-85.
- Pulido, V. M. y Bermúdez, L. (2018). Estado actual de la conservación de los hábitats de los Pantanos de Villa, Lima, Perú. *Arnaldoa*, 25(2), 679-702.
<https://doi.org/10.22497/arnaldoa.252.25219>
- Rivera, J. J. (2011). Relación entre la composición y biomasa de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos y las variables físicas y químicas en el humedal Jaboque Bogotá-Colombia [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia].
- Robin, J., Wezel, A., Bornette, G., Arthaud, F., Angélibert, S., Rosset, V. and Oertli, B. (2014). Biodiversity in eutrophicated shallow lakes: determination of tipping points and tools for monitoring. *Hydrobiologia*, 723, 63-75.
<https://doi.org/10.1007/s10750-013-1678-3>
- Román, P. J. (2018). Insectos acuáticos como bioindicadores del estado ecológico de los Humedales de Ventanilla-Callao, Perú [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Federico Villarreal].
- Samir, T. (2017). Thoughts on water beetles in a Mediterranean environment. In Shields VDC (Ed.), *Insect physiology and ecology*. London, UK.
<https://doi.org/10.5772/66639>
- Seki, H., Takahashi, M., Hara, Y. and Ichimura, S. (1979). Dynamics of dissolved oxygen during algal bloom in lake Kasumigaura, Japan. *Water Research*, 14, 179-183.
- SERNANP (Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado). (2016). Plan Maestro Pantanos de Villa. Refugio de Vida Silvestre del periodo 2016-2020.
- Torres, J. (1999). *La gestión de las microcuencas, una estrategia para el desarrollo sostenible en las montañas del Perú*. Centro IDEAS, CCTA, CCAIJO.
- Torres, P. L., Mazzucconi, S. A., Michat, M. C. y Bachmann, A. O. (2008). Los coleópteros y heterópteros acuáticos del Parque Nacional Calilegua (Provincia de Jujuy, Argentina). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 67(1-2), 127-144.
- Trémouilles, E. R. (1984). El género *Rhantus* Dejean en la Argentina (Coleoptera, Dytiscidae). *Physis*, 42(102), 9-24.

- Valladares, L. F., Garrido, J. and García-Criado, F. (2002). The assemblages of aquatic Coleoptera from shallow lakes in the northern Iberian Meseta: Influence of environmental variables. *European Journal of Entomology*, 99, 289-298.
- Vargas, M. y Romero, L. G. (2006). Aprovechamiento de algunos materiales en el desarrollo de coagulantes y floculantes para el tratamiento de aguas en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 19(4), 37-41.
- Vergara, O. E. y Jerez, V. y Parra, L. E. (2006). Diversidad y patrones de distribución de coleópteros en la Región del Biobío, Chile: una aproximación preliminar para la conservación de la diversidad. *Revista Chilena de Historia Natural*, 79(3), 369-388.
- <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2006000300008>
- Von Ellenrieder, N., and Fernández, L. A. (2000). Aquatic Coleoptera in the subtropical-pampasic ecotone (Argentina, Buenos Aires): species composition and temporal changes. *The Coleopterists Bulletin*, 54, 23-35.
- Wang, Z. F., Zhang, Q., Lü, H. Y., Lu, Y., Hu, C. Y. and Zeng, J. (2000). The simple model of dissolved oxygen about red tide forecast in the Changjiang Estuary. *Acta Oceanologica SINICA*, 22(4), 125-129.
- White, D. and Roughley, R. E. (2008). Aquatic Coleoptera. In Merritt, R. W., Cummins, K. W. and Berg, M. B. (Eds.), *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. Kendall/Hunt Publishing Company.
- Yee, D. A., (Ed.). (2014). *Ecology, Systematics, and the Natural History of Predaceous Diving Beetles (Coleoptera: Dytiscidae)*. Springer Dordrecht.
- Zang, C., Huang, S., Wu, M., Du, S., Scholz, M., Gao, F., Lin, C., Guo, Y. and Dong, Y. (2011). Comparison of Relationships Between pH, Dissolved Oxygen and chlorophyll a for aquaculture and non-aquaculture waters. *Water, Air, and Soil Pollution*, 219, 157-174.
- <https://doi.org/10.1007/s11270-010-0695-3>

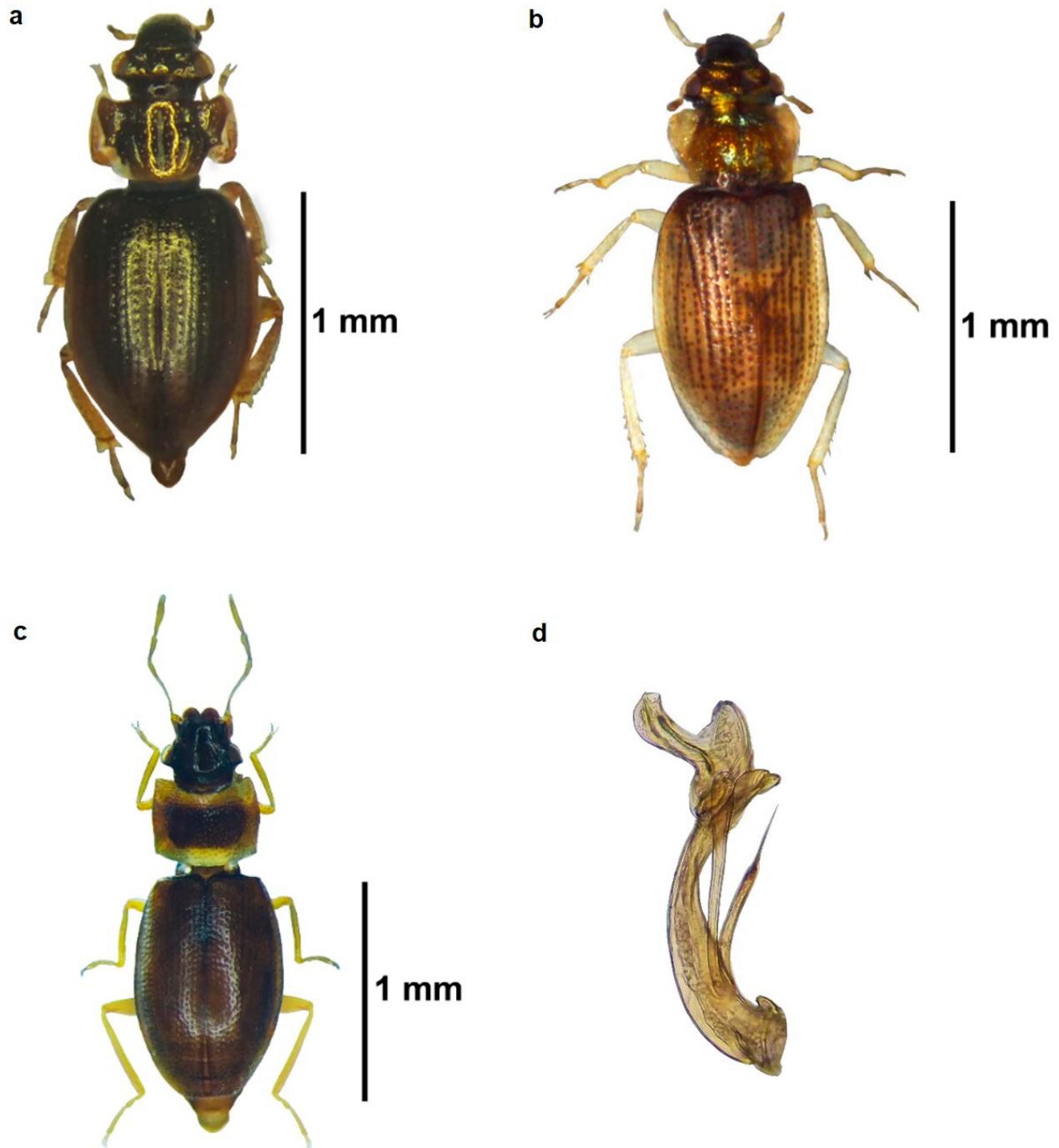
ANEXOS



Anexo 1. Especies de la familia Dytiscidae: a. *Celina* sp.; b. *Liodessus* sp.; c. *Megadytes marginithorax*; d-f. *Desmopachria challeti*: d. habitus, e. lóbulo medio del edeago, f. parámero derecho del edeago (vista del lado interno); g. *Rhantus* sp.; h. *Meridiorhantus calidus*.



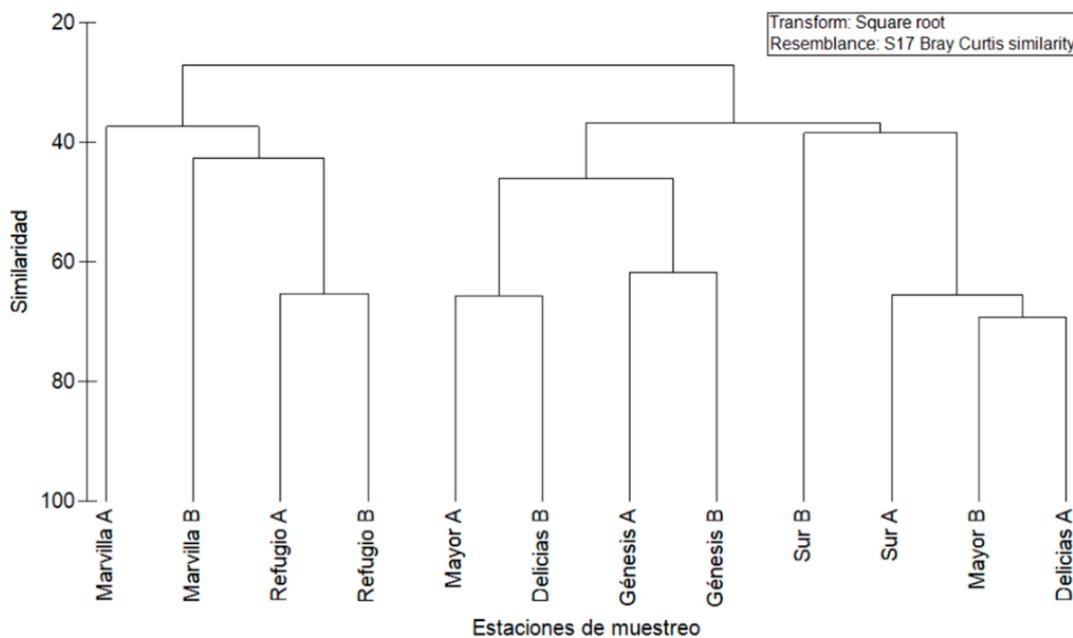
Anexo 2. Especies de la familia Hydrophilidae: a. *Tropisternus lateralis*; b. *Paracymus* sp.; c-e. *Enochrus* sp. 1: c. habitus, d. proyección del mesosterno en vista lateral, e. eedeago; f-h: *Enochrus* sp. 2: f. habitus, g. giba del mesosterno en vista lateral, h. eedeago.



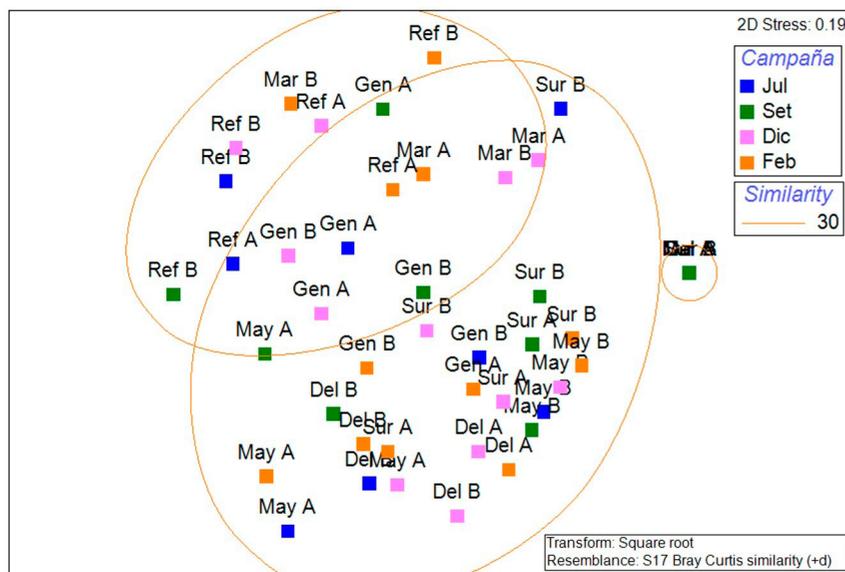
Anexo 3. Especies de la familia Hydraenidae: a. *Gymnochthebius peruvianus*; b. *Ochthebius batesoni*; c-d. *Hydraena quechua*: c. habitus, d. edeago.

Anexo 4. Correlaciones de Spearman entre variables bióticas y abióticas, julio 2017 a febrero 2018.

		OD	CE	T	pH	Turb
Riqueza	Rho de Spearman	-0.099	0.043	0.187	-0.123	-0.182
	Valor p	0.508	0.775	0.207	0.409	0.220
Abundancia	Rho de Spearman	-0.162	0.175	0.230	-0.166	-0.226
	Valor p	0.276	0.240	0.119	0.265	0.126



Anexo 5. Análisis de agrupamiento jerárquico (Cluster) en el Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa (Lima, Perú) basado en la composición de coleópteros acuáticos. Julio 2017 – febrero 2018.



Anexo 6. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS) basado en la comunidad de coleópteros acuáticos en el Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa (Lima, Perú). Julio 2017 – febrero 2018. Del: Delicias, Gen: Génesis, Mar: Marvilla, May: Mayor, Ref: Refugio, Sur: Sur.