

Macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua en el Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, Callao

Aquatic macroinvertebrates and water quality in the Ventanilla Wetlands Regional Conservation Area, Callao

Harry Canales Cuadros¹, Carlos Cabrera Carranza², Jerry Arana Maestre³

Recibido: 15/10/2021 – Aprobado: 12/04/2022 – Publicado: 30/06/2022

RESUMEN

Se evaluaron 10 cuerpos de agua en los Humedales de Ventanilla ubicados en la región Callao, en Perú, en los meses de marzo y agosto del 2018. Se tuvo como objetivo el estudio de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos y su aplicación para determinar la calidad de agua. Para ello se registraron parámetros fisicoquímicos *in situ* y para la colecta biológica se utilizó una red D-net de 500µm. Los valores de los parámetros fisicoquímicos estuvieron de acuerdo con lo recomendado en la normativa nacional, con excepción de la conductividad eléctrica, que superó el límite en los cuerpos de agua cercanos al mar. Los macroinvertebrados acuáticos estuvieron representados por 17 taxones entre gasterópodos y artrópodos de los cuales los primeros fueron los más abundantes (85,5% en marzo con 2555 organismos/m² y 74,2% en agosto con 4422 organismos/m²), y los segundos, los más diversos. El Índice Biótico con Macroinvertebrados para los Humedales de Wisconsin (WWMBI por sus siglas en inglés) categorizó los cuerpos de agua como de calidad "muy pobre" y "pobre" debido probablemente a la presencia de materia orgánica, dominancia de gasterópodos o contaminación por metales pesados. Finalmente se reportó que la conductividad eléctrica influyó en la distribución de los macroinvertebrados acuáticos. Asimismo, se sugiere elaborar índices bióticos para humedales costeros de nuestro país.

Palabras claves: calidad de agua; conductividad; Humedal; índices bióticos; macroinvertebrados acuáticos.

ABSTRACT

Ten bodies of water were evaluated in the Ventanilla Wetlands located in the Callao region, in Peru, in the months of March and August 2018. The objective was to study the community of aquatic macroinvertebrates and their application to determine the quality of Water. For this, physicochemical parameters were recorded *in situ* and a 500 µm D-net was used for the biological collection. The values of the physicochemical parameters were in accordance with what is recommended in the national regulations, except for electrical conductivity, which exceeded the limit in water bodies near the sea. The aquatic macroinvertebrates were represented by 17 taxa, including gastropods and arthropods, of which the former were the most abundant (85.5% in March with 2555 organisms/m² and 74.2% in August with 4422 organisms/m²), and the latter, the most diverse. The Wisconsin Wetland Macroinvertebrate Biotic Index (WWMBI) categorized water bodies as "very poor" and "poor" quality, probably due to the presence of organic matter, gastropod dominance, or heavy metal contamination. Finally, it was reported that electrical conductivity influenced the distribution of aquatic macroinvertebrates. Likewise, it is suggested to develop biotic indices for coastal wetlands in our country.

Keywords: aquatic macroinvertebrates; biotic indices; conductivity; wetland; water quality.

- 1 Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Escuela de Ingeniería de Minas. Lima, Perú. Egresado de la Maestría en Ciencias Ambientales. Autor para correspondencia: harry.canales@unmsm.edu.pe - ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8405-7116>
- 2 Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Escuela de Ingeniería de Minas. Lima, Perú. Asesor de Tesis. E-mail: ccabrera@unmsm.edu.pe - ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5821-5886>
- 3 Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Museo de Historia Natural, Departamento de Limnología. Lima, Perú. E-mail: jaranam@unmsm.edu.pe - ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1555-2735>

I. INTRODUCCIÓN

Los humedales costeros resaltan en importancia entre los ecosistemas acuáticos peruanos; lamentablemente éstos han disminuido sus extensiones a tasas incrementadas desde hace más de un siglo principalmente por el drenaje del agua con fines agrícolas. Estos ecosistemas son importantes debido a los múltiples servicios ecosistémicos que brindan como ser fuentes de recursos alimenticios o hídricos, producción de oxígeno, reducción de la contaminación, purificación de las aguas, etc. (Mitsch, William J, Gosselink, 2015), siendo esta última aprovechada para el tratamiento de aguas residuales mediante la construcción de humedales artificiales (Llagas Chafloque & Guadalupe Gómez, 2006). Adicionalmente, el crecimiento descontrolado del casco urbano ha generado un deterioro en la calidad ambiental de las aguas en detrimento de las partes en interacción, por un lado, las personas se privan de los servicios ecosistémicos y por otro lado, el ecosistema acelera su desaparición junto con sus riquezas naturales (Moschella Miloslavich, 2013).

Los macroinvertebrados acuáticos son útiles como bioindicadores y pueden servir para determinar la calidad del ecosistema acuático haciendo uso de su tolerancia o sensibilidad a determinadas características de calidad del agua (Roldán-Pérez, 2016); (Arana Maestre & Cabrera Carranza, 2017), además su implementación no requiere el uso de gran inversión en recursos humanos ni logísticos (Lanza Espino et al., 2011), también pueden ser utilizados como herramienta de monitoreo de fácil uso (Flores Rojas & Huamantínco Araujo, 2017).

Al Oeste de Lima, en la región Callao, se ubican los humedales de Ventanilla, parte de los cuales se encuentran protegidos dentro del Área de Conservación Regional (ACR) Humedales de Ventanilla creada el año 2006 mediante Decreto Supremo N° 074-2006-AG (MINAGRI, 2006), forma parte del llamado “Corredor Biológico de Aves Migratorias de la Costa del Perú”. En la presente investigación se colectaron macroinvertebrados acuáticos y midieron algunos parámetros fisicoquímicos en los cuerpos de agua del ACR Humedales de Ventanilla con el objetivo de evidenciar posibles relaciones entre las 2 temporadas el 2018.

II. MÉTODOS

Durante los meses de marzo y agosto del 2018 se evaluaron 10 cuerpos de agua de los Humedales de Ventanilla, 9 de ellos dentro del Área de Conservación Regional y uno en la cercanía. Los muestreos se realizaron tomando en cuenta el régimen hidrológico de los humedales siendo la época de menor nivel de agua el periodo abarcado de noviembre a marzo y la época de mayor nivel, de junio a agosto. En la figura 1 se muestra la ubicación de los puntos de muestreo.

Los datos fisicoquímicos del agua (pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y temperatura) fueron medidos *in situ* por personal de un laboratorio acreditado, utilizando equipos debidamente calibrados ante la autoridad competente. Con estos datos se elaboraron isólinas mediante un proceso de interpolación con los valores obtenidos en campo para ver su distribución sobre la superficie.

Los macroinvertebrados acuáticos se colectaron con una red D-net con apertura de malla de 500µm, luego se preservaron con alcohol al 70% para después ser trasladados al Departamento de Limnología del Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos donde se realizó la determinación taxonómica y cuantificación de los organismos encontrados. Con los resultados se calcularon los índices comunitarios: diversidad de Shannon-Wiener (H'), Riqueza de Margalef (d), Equidad de Pielou (J) y para determinar la calidad del agua se calculó el Índice Biótico con macroinvertebrados para los Humedales de Wisconsin (WWMBI) (Hauxwell et al., 2004) que no hace uso de familias comunes en ríos y de organismos del zooplancton. También se calculó el índice de similitud de Bray y Curtis para evaluar similitudes entre las estaciones de muestreo en función de su estructura comunitaria (riqueza y abundancia), finalmente se usó la media de grupos para elaborar un dendrograma de similitud.

III. RESULTADOS

3.1 Parámetros Fisicoquímicos

En relación, con los parámetros fisicoquímicos el muestreo durante la época de menor nivel de agua (marzo del 2018), los valores de oxígeno disuelto estuvieron por encima del mínimo establecido (≥ 5) por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, Categoría 4: Conservación del ambiente acuático (MINAM, 2017). En relación, con el pH los valores se encontraron dentro del intervalo recomendado (6,5 a 9,0) para la conservación de lagunas y lagos con excepción de la estación B-03 (Laguna Mayor) con pH=9,25. La conductividad superó en todos los casos los valores presentes en la norma (1mS/cm); y la temperatura promedio del agua fue 28,63 C°.

Para la época de mayor nivel de agua (agosto del 2018) los valores del oxígeno disuelto estuvieron por encima del mínimo recomendado (≥ 5) (MINAM, 2017); el pH se encontró dentro del rango (6,5 a 9,0); la conductividad superó el ECA agua (1mS/cm) en todos los casos y la temperatura promedio del agua fue 22,09 C°.

Adicionalmente, las isólinas de conductividad eléctrica mostraron, en ambas temporadas, una clara tendencia al aumento en sentido noreste-suroeste; es decir los mayores valores se registraron más próximos al mar. En la figura 2 se muestra las isólinas de conductividad para el mes de marzo y agosto del 2018.

3.2 Macroinvertebrados Acuáticos y Calidad de Agua

En relación con los macroinvertebrados, en el mes de marzo se registraron 14 taxones entre artrópodos y gasterópodos con un total de 2987 organismos/m², y en el mes de agosto 11 taxones también de gasterópodos y artrópodos con un total de 5959 organismos/m².

Respecto a la abundancia de macroinvertebrados en ambas temporadas, los gasterópodos (familias Hydrobiidae y Thiaridae) fueron los más abundantes (85,5 % con 2555 organismos/m² en marzo y 74,2 % con 4422 organismos/m² en agosto). Para los artrópodos solo se registraron insectos acuáticos en ambas temporadas, dentro de los

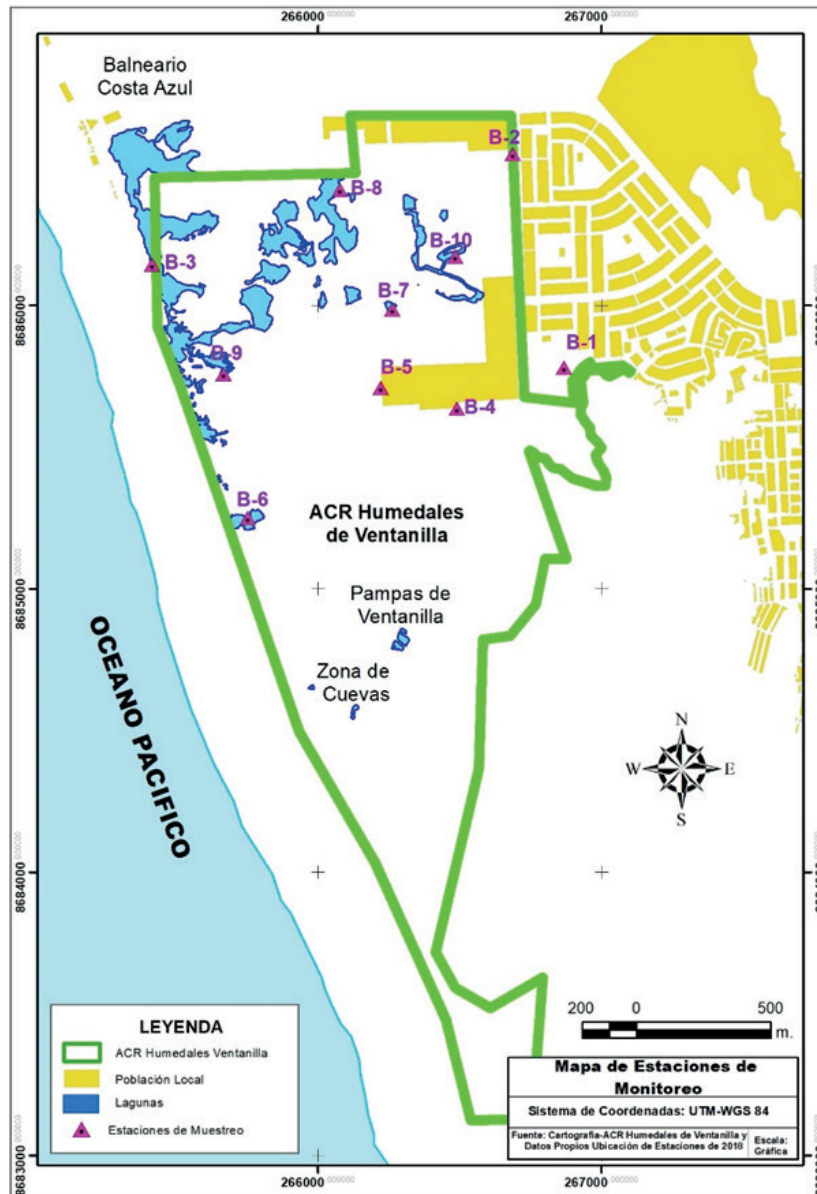


Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo en el ACR Humedales de Ventanilla en marzo y agosto del 2018.

cuales los más abundantes fueron los pertenecientes a la familia Corixidae (233 organismos/m² en marzo y 1488 organismos/m² en agosto) seguido por Chironomidae (111 organismos/m² en marzo y 8 organismos/m² en agosto). Los odonatos se registraron en ambas temporadas y los coleópteros solamente en el mes de agosto en la estación B-03 (familia Dytiscidae). En la figura 3 se observa la abundancia relativa de familias en ambas temporadas.

Según los índices comunitarios de Shannon-Wiener, Margalef y Equidad de Pielou, mostraron una tendencia similar (en ambas temporadas) pero con valores ligeramente menores en la segunda temporada (agosto). En relación, con el índice WWMI mostró valores bajos correspondientes a condiciones de calidad de agua “muy pobre” y “pobre”, figura 4.

Finalmente, el análisis de similitud de Bray y Curtis mostró un gráfico en donde la estación B-06 se encontró en un agrupamiento exterior con respecto a las demás estaciones para ambas temporadas, tal como se puede apreciar en la figura 5.

IV. DISCUSIÓN

En ambas temporadas los gasterópodos representaron más del 70% de la abundancia relativa de los organismos registrados. Esto difiere a lo comúnmente encontrado en ambientes lénticos, donde los predominantes son los órdenes Hemiptera, Diptera, Odonata y Coleoptera (Rico-Sánchez et al., 2014); (Castillo Velásquez & Huamantín Araujo, 2020) ; sin embargo, está acorde con lo que se

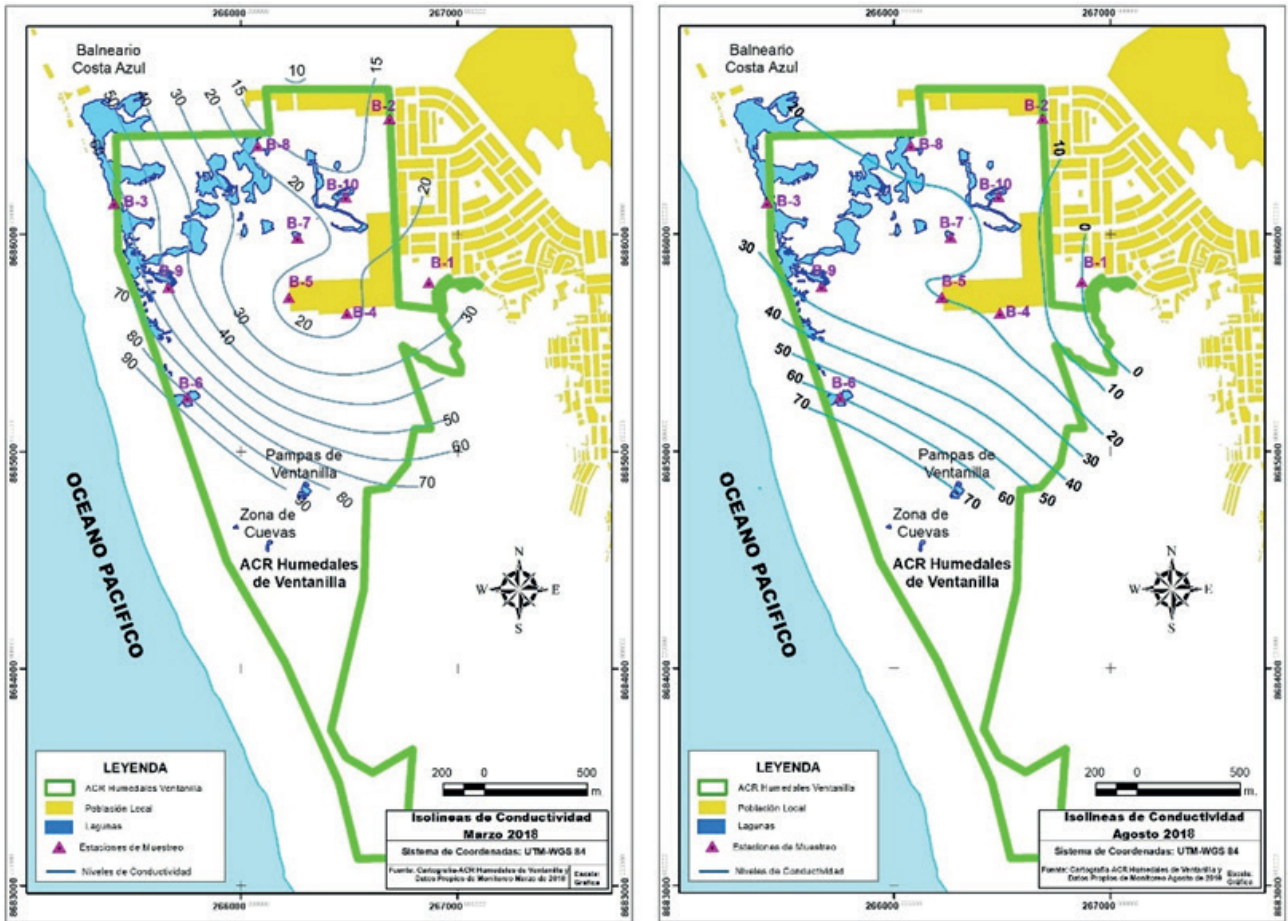


Figura 2. Mapa con isolíneas de conductividad en marzo y agosto del 2018.

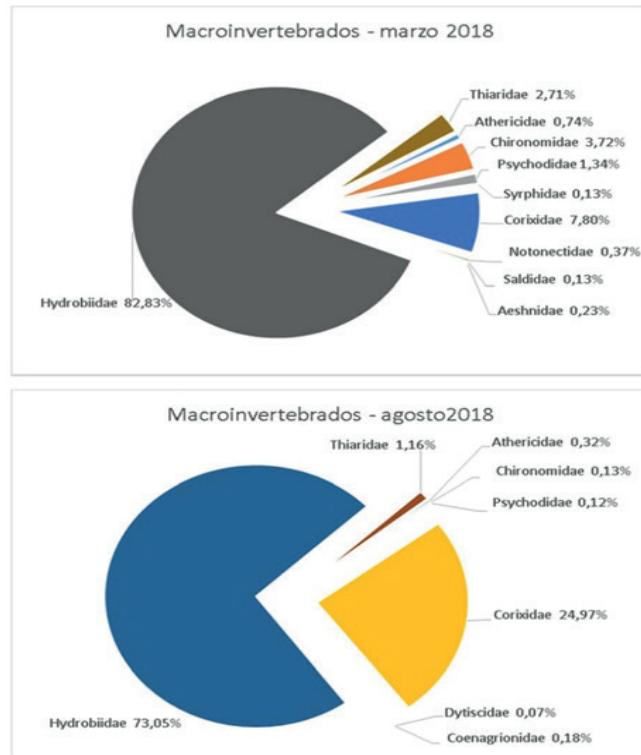


Figura 3. Abundancia relativa de familias de macroinvertebrados registradas en el ACR Humedales de Ventanilla en marzo y agosto del 2018.

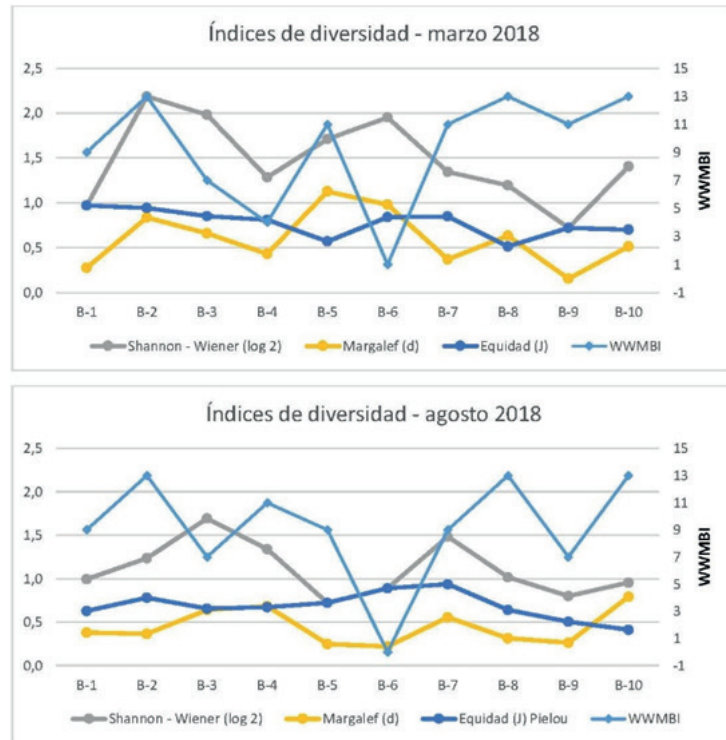


Figura 4. Índices de diversidad y calidad en el ACR Humedales de Ventanilla en marzo y agosto del 2018.

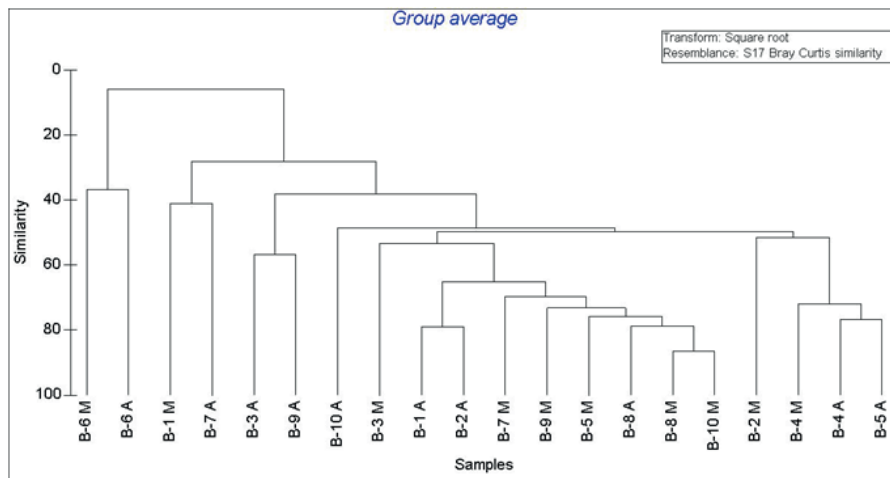


Figura 5. Dendrograma de similitud entre los puntos de muestreo en el ACR Humedales de Ventanilla en marzo y agosto del 2018.

encuentra frecuentemente en ambientes que han sufrido algún tipo de alteración como los humedales de Ventanilla (Vizcardo & Gil-Kodaka, 2015) o las Lagunas de Puerto Viejo (Iannacone et al., 2003). Cabe recalcar, que en la estación B-06 no se reportaron gasterópodos en ambas temporadas de muestreo, y presentó los mayores valores de conductividad para ambos períodos hidrológicos. Los gasterópodos generalmente se encuentran en aguas con abundante carbonato de calcio y materia vegetal en descomposición (Roldán & Ramírez, 2008), por lo que

estos factores podrían diferir notablemente con relación a las demás estaciones de muestreo.

Los insectos acuáticos fueron el grupo más diverso, así tenemos que Hemiptera, Diptera y Odonata estuvieron presentes en ambas temporadas, y los coleópteros solamente se registraron en el mes de agosto. Ningún taxón estuvo presente en todas las estaciones de muestreo, y los inectos más abundantes fueron los hemípteros o chinches acuáticos, donde la familia Corixidae registró 54% y 97% de abundancia relativa de los insectos en marzo y agosto,

respectivamente. Estos hemípteros debido a su principal modo alimenticio suelen depender de la vegetación presente (Dominguez et al., 2005).

Los factores ambientales normalmente dan forma a la estructura comunitaria, así como también lo hace el régimen hidrológico, manifiesto en cambios en el nivel de agua en el humedal (Camacho-Reyes & Camacho-Rozo, 2010); de igual manera la composición de especies puede estar influenciada (Roldán & Ramírez, 2008).

En el presente estudio no se evidenció diferencias significativas en la abundancia y riqueza entre temporadas (Prueba de Mann-Whitney, sig: 0,850 y 0,328 respectivamente); sin embargo, es de notar que los gasterópodos incrementaron su abundancia en la segunda temporada (agosto), Corixidae aumentó notablemente solo en la estación B-03 durante la segunda temporada mientras que la familia Chironomidae disminuyó su presencia de 6 a 2 estaciones para la segunda temporada, y no se registraron en las estaciones B-03, B-06 y B-09 (más cercanas al mar, figura 1) siendo éstas las que presentaron los mayores valores de conductividad en ambas temporadas (figura 2). De esta manera la conductividad condiciona la variabilidad observada en gasterópodos, Chironomidae y Corixidae, algo que se ha registrado en algunas investigaciones previas (Rivera Usme, 2012), y para este caso estaría determinada por la cercanía al mar.

En adición, el gráfico de agrupamiento elaborado luego del análisis de similitud (figura 5) muestra a la estación B-06 (“espejo rojo”) como la más diferente de las demás, básicamente por su ausencia de gasterópodos; además hay que señalar que esta estación presentó los mayores valores de conductividad para ambas temporadas (figura 2), este resultado podría estar mostrando la relación inversa entre la conductividad y riqueza (Millán et al., 2011).

Investigaciones previas en cuerpos de agua como los humedales de Ventanilla o Pantanos de Villa, han hecho uso de una serie de índices tales como el índice para humedales de Wisconsin con macroinvertebrados (WWMBI), BMWP, Col, entre otros (Peralta Argomeda, 2012); (Román Villavicencio, 2018). En la presente investigación, el índice WWMBI (Hauxwell et al., 2004) mostró ambientes con calidad “pobre” quizás con relación a una elevada carga orgánica (asociados a las familias Chironomidae y Syrphidae), elevada abundancia de caracoles (por encima del 70%) o quizá aún persista el efecto de la contaminación por metales pesados en el área de estudio (Fajardo Vidal et al., 2017). En cualquier caso, el diagnóstico del estado ambiental de los cuerpos de agua de los humedales de Ventanilla es importante para poder realizar una adecuada gestión ambiental en un mayor ámbito geográfico (Alvarado Moreno, 2019). Asimismo, surge la necesidad de calibrar y validar índices bióticos basados en macroinvertebrados acuáticos para humedales costeros de nuestro país.

V. CONCLUSIONES

Ambientes lénticos con algún tipo de alteración pueden presentar elevadas abundancias de gasterópodos; asimismo, ciertas características en la distribución de los

macroinvertebrados acuáticos indicarían una marcada influencia de la conductividad eléctrica ya que los cuerpos de agua cercanos al mar mostraron los mayores valores demostrando la influencia del agua marina. Finalmente, los resultados de baja calidad ambiental encontrados estarían en relación con impactos actuales y pasados sobre el ACR Humedales de Ventanilla.

VI. AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial al laboratorio Servicios Analíticos Generales S.A.C. por el apoyo en los análisis físicoquímicos a través de su programa de Responsabilidad Social; así como al Departamento de Limnología del Museo de Historia Natural Javier Prado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y al personal de ACR Humedales de Ventanilla en la persona del ingeniero Fernando Gil Villacres por su apoyo durante el 2018.

VII. REFERENCIAS

- Alvarado Moreno, L. J. (2019). Sistema de Gestión Ambiental en el Distrito de Ventanilla. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 22(44), 39–46. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v22i44.17284>
- Arana Maestre, J., & Cabrera Carranza, C. (2017). Macroinvertebrados acuáticos y caracterización ecológica de los ambientes dulceacuicolas del área de influencia del gasoducto PERÚ LNG en los departamentos de Ica y Huancavelica. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 20(40), 86–93. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v20i40.14394>
- Camacho-Reyes, J. A., & Camacho-Rozo, C. P. (2010). Aspectos sobre la historia natural de macroinvertebrados en esteros semipermanentes de la altillanura en el departamento de Casanare. *Orinoquia*, 14(1). http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-37092010000300007
- Castillo Velásquez, R. M., & Huamantincó Araujo, 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>
- Dominguez, E., Molineri, C., & Nieto, C. (2005). *Macroinvertebrados bentónicos Sudamericanos. Sistemática y Biología* (Fundación Miguel Lillo, Ed.). www.lillo.org.ar
- Fajardo Vidal, N., Solís Acosta, H., & Gil Villacres, F. (2017). Determinación de metales pesados en los cuerpos de agua del Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, Región Callao, Perú. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 20(39), 149–158. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v20i39.14177>
- Flores Rojas, D., & Huamantincó Araujo, A. (2017). Desarrollo de una herramienta de vigilancia ambiental ciudadana basada en macroinvertebrados bentónicos en la Cuenca del Jequetepeque (Cajamarca, Perú). *Ecología Aplicada*, 16(2), 105–114. <https://doi.org/10.21704/REA.V16I2.1014>
- Hauxwell, J., Benthall, T., Lillie, R., Judziewicz, E., & Kenney, S. (2004). *Field testing the Wisconsin depressional wetland*

macroinvertebrate and plant indices of biological integrity for application by trained volunteers. Wisconsin. Department of Natural Resources. <https://www.wisstatedocuments.org/digital/collection/p267601coll4/id/26074/>

- Iannacone, J., Mansilla, J., & Ventura, K. (2003). Macroinvertebrados en las Lagunas de Puerto Viejo, Lima-Perú. *Ecología Aplicada*, 2(1-2), ág. 116-124. <https://doi.org/10.21704/REA.V2I1-2.258>
- Lanza Espino, G. de la., Hernández Pulido, Salvador., & Carbajal Pérez, J. Luis. (2011). Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores). *Plaza y Valdez*, (2a. ed.), 1-648. <http://www.plazayvaldes.com.mx/libro/organismos-indicadores-de-la-calidad-del-agua-y-de-la-contaminacion-bioindicadores/1796/>
- Llagas Chafloque, A. W., & Guadalupe Gómez, E. (2006). Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la UNMSM. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 9(17), 85-96. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v9i17.699>
- Millán, A., Velasco, J., Gutiérrez-Cánovas, C., Arribas, P., Picazo, F., Sánchez-Fernández, D., & Abellán, P. (2011). Mediterranean saline streams in southeast Spain: What do we know? *Journal of Arid Environments*, 75(12), 1352-1359. <https://doi.org/10.1016/J.JARIDENV.2010.12.010>
- MINAGRI.(2006).*Resolución Directoral N° 074-2006*.<http://www.psi.gob.pe/docs/%5Cadquisiciones%5C2006%5Crd07406.pdf>
- MINAM. (2017). *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias*. Sistema Nacional de Información Ambiental. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones>
- Mitsch, William J, Gosselink, J. G. (2015). *Wetlands*. Wiley (5th Edition), 91(5), 721. <https://www.wiley.com/en-us/Wetlands%2C+5th+Edition-p-9781118676820>
- Moschella Miloslavich, P. (2013). *Variación y protección de humedales costeros frente a procesos de urbanización: casos Ventanilla y Puerto Viejo* [Pontificia Universidad Católica del Perú]. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/4527>
- Peralta Argomeda, J. L. (2012). *Diversidad de la Entomofauna acuática y su uso como indicadores biológicos en humedales de Villa, Lima, Perú* [Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/4384>
- Rico-Sánchez, A. E. , Rodríguez-Romero, A. J. , López-López, E. , & Sedeño-Díaz, J. E. (2014). Patrones de variación espacial y temporal de los macroinvertebrados acuáticos en la Laguna de Tecocomulco, Hidalgo (México). *Rev. Biol. Trop*, 62(2). https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442014000600006
- Rivera Usme, J. J. (2012). *Relación entre la composición y biomasa de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos y las variables físicas y químicas en el humedal Jaboque Bogotá-Colombia* [Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/7752>
- Roldán, G. , & Ramírez, J. (2008). *Fundamentos de Limnología Neotropical* (Universidad de Antioquia, Ed.; 2 ed.). <http://www.untumbes.edu.pe/vcs/biblioteca/document/variostlibros/0742.%20Fundamentos%20de%20limnolog%C3%ADa%20neotropical.pdf>
- Roldán-Pérez, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.* , 40(155), 254-274. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.335>
- Román Villavicencio, P. J. (2018). *Insectos acuáticos como bioindicadores del estado ecológico de los humedales de Ventanilla-Callao, Perú* [Universidad Nacional Federico Villarreal]. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/2853>
- Vizcardo, C., & Gil-Kodaka, P. (2015). Estructura de las comunidades Macrozoobentónicas de los Humedales de Ventanilla, Callao, Perú. *Anales Científicos*, 76(1), ág. 1-11. <https://doi.org/10.21704/AC.V76I1.702>

Contribución de autoría:

Conceptualización: H.P.C.C.; Curación de datos: H.P.C.C. y J.O.A.M.; Análisis formal: H.P.C.C., J.O.A.M. y C.F.C.C.; Adquisición de fondos: H.P.C.C.; Investigación: H.P.C.C.; Metodología: J.O.A.M., H.P.C.C. y C.F.C.C.; Administración del proyecto: H.P.C.C. y C.F.C.C.; Supervisión: C.F.C.C.; Validación: J.O.A.M. y C.F.C.C.; Visualización: H.P.C.C.; Redacción - borrador original: H.P.C.C.; Redacción - revisión y edición: H.P.C.C., J.O.A.M. y C.F.C.C.