

# COVER PAGE IN ENGLISH

(solo para artículos en español, portugués o francés)

---

## EVALUATION OF THE SURFACE WATER QUALITY OF THE RAMSAR WETLAND LOS PANTANOS DE VILLA DURING THE COVID-19 PANDEMIC

Astrid Valdivia-Correa<sup>1</sup> & Dámaso W. Ramirez<sup>1</sup>

1: Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad Científica del Sur, Lima, Peru. [100023452@cientifica.edu.pe](mailto:100023452@cientifica.edu.pe);  
[dramirez@cientifica.edu.pe](mailto:dramirez@cientifica.edu.pe)

**Abstract**– *The document assesses surface water quality in the Los Pantanos de Villa Ramsar wetland during the COVID-19 pandemic (2021). Three bodies of water were analyzed: spring (Las Palmeras), canal (Sangradero) and lagoons (Las Delicias and Mayor), using physicochemical and microbiological parameters. The results show favorable conditions in terms of pH (7.0 to 8.5) and electrical conductivity (2630 to 10,390  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), typical characteristics of a coastal wetland. However, high levels of biochemical oxygen demand (BOD), nitrates, oils and fats, and dissolved oxygen were identified, which exceed Peru's water quality standards and international standards such as ASEAN, CONAGUA and Ecological Water Quality Criteria. The Water Quality Index (ICA-PE) determined that spring has a regular quality, while the canal and lagoons have a poor quality, indicating constant contamination with possible risks to the health and ecosystem services of the wetland. The study highlights the need to implement integrated management plans, environmental education and conservation strategies to reduce negative impacts on this key ecosystem.*

**Keywords**– Coastal wetlands, water pollution, water quality, lagoons, WQI.

# EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL DEL HUMEDAL RAMSAR LOS PANTANOS DE VILLA DURANTE LA PANDEMIA COVID-19

Astrid Valdivia-Correa<sup>1</sup> & Dámaso W. Ramirez<sup>1</sup>

1: Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad Científica del Sur, Lima, Peru. [100023452@cientifica.edu.pe](mailto:100023452@cientifica.edu.pe); [dramirez@cientifica.edu.pe](mailto:dramirez@cientifica.edu.pe)

**Resumen**– El documento evalúa la calidad de agua superficial en el humedal Ramsar Los Pantanos de Villa durante la pandemia de COVID-19 (2021). Se analizaron tres cuerpos de agua: manantial (Las Palmeras), canal (Sangradero) y lagunas (Las Delicias y Mayor), utilizando parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

Los resultados muestran condiciones favorables en términos de pH (7.0 a 8.5) y conductividad eléctrica (2630 a 10,390  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), características típicas de un humedal costero. Sin embargo, se identificaron niveles elevados de demanda bioquímica de oxígeno (DBO), nitratos, aceites y grasas, y oxígeno disuelto, que superan los estándares de calidad de agua de Perú y normas internacionales como ASEAN, CONAGUA y Criterios Ecológicos de Calidad de Agua. El Índice de Calidad del Agua (ICA-PE) determinó que el manantial presenta una calidad regular, mientras que el canal y las lagunas tienen una calidad mala, lo que indica una contaminación constante con posibles riesgos para la salud y los servicios ecosistémicos del humedal. El estudio resalta la necesidad de implementar planes de manejo integral, educación ambiental y estrategias de conservación para reducir los impactos negativos en este ecosistema clave.

**Palabras clave**– Humedales costeros, contaminación hídrica, calidad del agua, lagunas; ICA.

## I. INTRODUCCIÓN

Los humedales son ecosistemas que han recibido una gran atención ya que se han constituido en reguladores hidrológicos, además de contener hábitats con una flora y fauna representativa [1]. Dado su importancia en el abastecimiento de agua y la producción de alimentos, los humedales son clave para alcanzar los objetivos de alivio de la pobreza y la sostenibilidad. Sin embargo, diversos estudios científicos muestran que desde el siglo XX se ha perdido el 64% de los humedales existentes en el planeta, a consecuencia de ello dos mil millones de personas pierdan el acceso de agua dulce [2]. Por otro lado, de acuerdo con el uso de agua en los humedales; el 70% del agua superficial y subterránea que se extrae a escala global tiene fines agrícolas [3]. Por lo cual, se ha generado una pérdida de humedales, y su disminución en su capacidad de almacenamiento o regulación hídrica [4]. Los humedales costeros regulan los recursos hídricos, además son

una fuente para la alimentación, producción artesanal y turismo [5], por lo que su buen estado de conservación resulta importante [6].

Los humedales en el Perú son reconocidos como un ecosistema amenazado y son propensos a padecer impactos negativos que afectan su equilibrio [7]. En Lima se han identificado que el 100% de los humedales son impactados por escombros y basura, y el 75% por incremento de la urbanización, introducción de especies, degradación por ganadería y pastoreo [8]. Los humedales costeros son de gran importancia por su potencial acuífero, pero frecuentemente presentan problemas ambientales debido a la intervención del hombre, convirtiéndose en lugares de acumulación de residuos sólidos y aguas negras provenientes de las comunidades cercanas [9]. Los humedales costeros del Perú, según la Estrategia Nacional de Humedales aprobada mediante DS-N°-004-2015, representan un área de 0.15% del país, de los cuales los más reconocidos en la costa son Los Pantanos de Villa, Humedales de Ventanilla, Laguna Mejía, entre otros [10].

Debido a la importancia de los humedales, el Perú tiene nueve de los trece humedales reconocidos internacionalmente (Ramsar) en Áreas Protegidas por el Estado, en el cual está incluido el “Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa” [11]. Sin embargo, el crecimiento poblacional constante y la expansión del área urbana ocasiona la reducción de sus hábitats y de la superficie [12, 13]. Los “Pantanos de Villa” es un humedal costero con abundancia de flora y fauna: la flora se caracteriza básicamente por la totora (*Schoenoplectus californicus*), junco (*Juncus*) y otras gramíneas como la grama salada (*Distichlis spicata*), ya que predomina por su adaptabilidad a suelos salobres; mientras que la avifauna está conformada por más de 250 especies de aves [14]. De esta forma, se demuestra que es una zona que conserva un hábitat natural y una biodiversidad de especies que puede ayudar a generaciones futuras por los servicios ecosistémicos que brinda.

Por lo cual, la presente investigación evalúa la calidad del agua superficial del humedal los Pantanos de Villa durante un año de la Pandemia Covid-19 (2021), considerando tres cuerpos de agua; manantiales, canales y lagunas, mediante parámetros físicos, químicos y biológicos, así como índices de calidad de agua, considerando su condición de cuerpo receptor básico de los ecosistemas acuáticos, que puedan representar riesgos significativos para la salud de las personas y la biodiversidad existente. La presente investigación ayudará a la toma de decisiones y conservación del ecosistema ya que la calidad del agua es un recurso vital para la sobrevivencia de todas las especies de flora y fauna del humedal y del propio bienestar humano.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### A. Área de estudio

Los Pantanos de Villa se encuentran en la ecorregión costera, entre los kilómetros 18 y 21 de la antigua carretera Panamericana Sur, en el distrito de Chorrillos (Lima, Perú), abarcando un área de 263.27 ha [15]. Se localiza hidrogeográficamente entre la Inter cuenca de los ríos Rímac y Lurín, próximo al Océano Pacífico [16]. El muestreo se realizó en cuatro cuerpos de agua: (1) un canal, (2) un manantial o afloramiento de agua subterránea, (3) la Laguna Principal (Laguna Mayor) y (4) Las Delicias, (Figura 1). El “Manantial de Las Palmeras” se encuentra en el sector Villa Baja, este proviene del agua subterránea del acuífero Rímac, cuyas fuentes de recarga son el cauce del mismo río, las áreas cultivadas en el Valle y los escurrimientos que se producen desde la red de canales de riego, llegando a saturar la Laguna Principal [13]. Por otra parte, la Laguna Principal se encuentra ubicada al lado del centro de interpretación, cuenta con una extensión de aproximadamente 50,000 m<sup>2</sup> y una profundidad promedio de 1.8 m [17]. La laguna Las Delicias se encuentra rodeada por áreas urbanas, ello se debe a que toda su extensión es colindante a la Avenida Defensores del Morro [18]. Durante la visita a campo se observó de manera frecuente residuos sólidos de diferentes clases (plástico, maderas, cartón, materia orgánica, detergentes, etc). El canal Sangradero tiene una longitud de aproximadamente 715 m, y está ubicado entre la Av. Defensores del Morro (Antes Av. Huaylas) y Jirón Altivas Canas, el canal alimenta a la Laguna Mayor, ubicada a una distancia de 500 m. En este canal, los pobladores realizan el lavado de ropa con el agua que llega del manantial Las Palmeras, en ambas épocas se pudo observar gente bañándose, lavando ropa y vehículos (Figura 1).

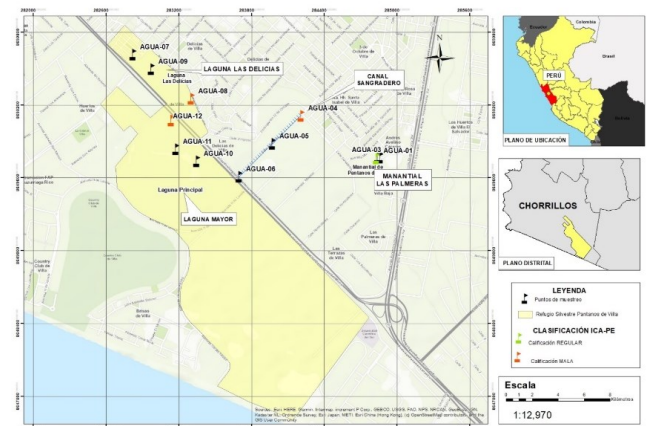


Figura 1: Mapa de ubicación del Refugio Silvestre Los Pantanos de Villa.

### B. Toma de muestra

Para el ingreso al “Área Natural Protegida Los Pantanos de Villa” se presentó una solicitud de permiso de investigación al “Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado” (SERNAMP) y a PROHVILLA. Posterior a ello, se establecieron 12 puntos de monitoreo, de los cuales tres fueron tomados en el afloramiento manantial Las Palmeras, tres en el canal Sangradero, tres en la Laguna Principal, y tres en la laguna Las Delicias. Los muestreos se realizaron en dos épocas del año 2021 considerando el incremento del nivel del agua en el mes de agosto (invierno) y descenso en el mes de marzo (verano) [19]. Se consideraron los 12 puntos de muestreo tomando como referencia los puntos establecidos previamente por PROHVILLA (“Autoridad Municipal de Los Pantanos de Villa”) en sus monitoreos mensuales de calidad de agua (Figura 1).

### C. Evaluación de los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos

Se evaluaron los parámetros de pH, temperatura (T), conductividad eléctrica (CE), oxígeno disuelto (OD), aceites y grasas, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), coliformes termotolerantes, sólidos disueltos totales (SDT), nitratos y fósforo total. Los parámetros de pH, CE, SDT y T se midieron en campo con un equipo multiparámetro Hanna HI 9813-6 y para el OD se utilizó el oxímetro Hach Pocket Pro. Para los otros parámetros se recolectaron muestras en recipientes y fueron enviados al Laboratorio SGS, acreditado por INACAL (Instituto Nacional de Calidad) y se aplicaron sus protocolos al momento de realizar el muestreo. Se obtuvieron 12 muestras por cada parámetro y época (húmeda y seca) que fueron llevadas al Laboratorio SGS. Los valores obtenidos se compararon con los valores establecidos en la “categoría 4 (conservación del ambiente acuático), subcategoría E1 (lagunas y lagos) del ECA (Estándar de Calidad de Agua) para agua de la normativa legal del Perú, y la temperatura del año 2020 [20]. Asimismo, los sólidos disueltos totales se

compararon con el D.S. 002-2008 MINAM, a manera referencial.

#### *D. Análisis estadístico*

Para el análisis estadístico de los parámetros evaluados se aplicó el siguiente procedimiento: i) se realizó la prueba de normalidad con Shapiro-Wilk y la homogeneidad de varianzas; ii) posterior a ello, al no tener una distribución normal, se verificó si existían diferencias con la prueba de Kruskal Wallis; iii) finalmente, para realizar la respectiva comparación entre cuerpos de agua se aplicó la prueba Bonferroni con base en los parámetros evaluados de calidad de agua. Por otro lado, para ver la diferencia por estacionalidad se aplicó el siguiente procedimiento: i) se realizó la prueba de Wilcoxon para verificar si hay diferencia significativa entre estaciones, se utilizó esta prueba ya que los datos no presentaron una distribución normal. Los análisis de comparación se hicieron en el software estadístico IBM SPSS Statistics, versión 28.0, a un nivel de confianza de 95%.

#### *E. Cálculo del índice de Calidad de Agua (ICA-PE)*

Se utilizó la metodología para la determinación del “índice de calidad de agua ICA-PE” (CCME) empleado en los cuerpos de agua continentales superficiales [21], la cual indica que para la aplicación del índice se debe utilizar como mínimo cuatro parámetros tomados en cuatro tiempos diferentes. En la presente investigación se utilizó cuatro parámetros y se escogieron cuatro puntos de monitoreo que coincidían con los puntos seleccionados en la base de datos de Prohvilla de manera mensual, ubicados uno en el manantial Las Palmeras, uno al inicio del canal Sangradero, uno en la laguna Las Delicias y en la Laguna Mayor del año 2021, entre los meses de enero, febrero, marzo, abril, mayo y agosto. En ese sentido, los parámetros considerados para la aplicación del “ICA-PE” en la categoría “Conservación del ambiente acuático”, fueron fósforo total, pH, OD y nitratos.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### *A. Potencial de hidrógeno (pH)*

Se encontró un rango de pH de 7.1 a 9.0 en los diferentes cuerpos de agua: manantial, lagunas y canal (Tabla 4 y 5). Asimismo, no se evidenció diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre la época de verano e invierno (Tabla 6), lo que indica que el pH varía poco entre cuerpos de agua y a lo largo del año (2021), situándose entre neutro y ligeramente alcalino. Por otro lado, durante el invierno, los valores de pH en la Laguna Mayor, Las Delicias, el canal Sangradero y el manantial oscilaron entre 7.0 a 9.10 (Tabla 5). Este mismo rango fue reportado por Amanca (2019) en la laguna Génesis y el manantial Las Palmeras, cumpliendo con los “estándares de calidad ambiental (ECA)” para la categoría 4. Por ende, se considera que estas condiciones son óptimas para el desarrollo de la fauna y flora.

En verano los valores de pH en la Laguna Mayor oscilaron entre 8.90 y 9.30, sobrepasando los valores

establecidos por el ECA para agua. Al respecto, [22] mencionan que un pH mayor de 7.5 puede atribuirse a la presencia de algas o vegetación sumergida las cuales incrementan el pH del agua a través de la fotosíntesis. No obstante, el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET) reportó condiciones similares en la Laguna Mayor para el año 2019, atribuyéndolas a la presencia del ion carbonato, producto de la liberación de CO<sub>2</sub>, debido a la abundante vegetación en los bordes de la laguna [23].

#### *B. Conductividad eléctrica*

En los cuatro cuerpos de agua analizados, se evidenció una elevada concentración de sales disueltas, reflejada en los altos valores de conductividad eléctrica (CE). Durante el verano, los valores oscilaron entre 6856.67  $\mu\text{S/cm}$  y 9323.33  $\mu\text{S/cm}$ , mientras que en invierno se registraron valores entre 2883.33  $\mu\text{S/cm}$  y 9180  $\mu\text{S/cm}$ . En ambos casos, estos resultados superan ampliamente el valor máximo permitido de 1000  $\mu\text{S/cm}$  establecido por la categoría 4 del ECA-agua para conservación del ambiente acuático [20]. Este comportamiento se explica, en parte, por la ubicación geográfica del humedal, que forma parte de un ecosistema costero-marino [24], donde es común la intrusión de aguas salobres y el ascenso de aguas subterráneas salinizadas. Además, factores como la salinidad del suelo, el aporte de aguas residuales, la acumulación de residuos sólidos y desmonte, así como la proliferación excesiva de algas, contribuyen significativamente al incremento de la CE [25]. Los valores registrados en Los Pantanos de Villa son notablemente superiores a los observados en otros humedales urbanos de Lima, como el humedal La Mansión, cuyo valor promedio fue de 340  $\mu\text{S/cm}$  [26], lo que pone en evidencia el mayor grado de mineralización del ecosistema de Villa. Desde el punto de vista ecológico, una alta conductividad eléctrica puede alterar significativamente la biodiversidad del humedal. Muchas especies de macroinvertebrados, peces y anfibios son sensibles a cambios en la salinidad y pueden ver afectadas sus funciones fisiológicas, comportamiento reproductivo y tasas de supervivencia. Este estrés osmótico reduce la riqueza y abundancia de especies nativas, favoreciendo en cambio a especies más tolerantes o invasoras. Además, una elevada CE puede modificar la estructura de las comunidades biológicas, interrumpiendo las redes tróficas y afectando la funcionalidad del ecosistema.

#### *C. Sólidos disueltos totales*

Este parámetro mide el contenido de sales y residuos orgánicos disueltos, mediante su retención en una membrada de fibra de vidrio con porosidad entre 1,0 y 1,2  $\mu\text{m}$ . [27]. Según los valores obtenidos y la fórmula propuesta por [28], se identificó que el tipo de agua del manantial y el canal es salobre, mientras que el de las lagunas Las Delicias y Mayor es salina.

También se compararon los resultados con los valores del ECA 2008, que establece un límite de 500 mg/L [29], encontrándose que todos los cuerpos de agua sobrepasaron

dichos estándares (Tabla 4 y 5). No se evidenció diferencia estadísticamente significativa entre estaciones, lo cual podría explicarse por la conexión del agua salobre del manantial Las Palmeras y el canal Sangradero con la Laguna Mayor, generando un gradiente de salinidad hacia el océano Pacífico.

Este resultado coincide con lo reportado para el humedal de Ventanilla, donde también se superaron los valores del

ECA debido a que los humedales actúan como sumideros de nutrientes, resultando en valores elevados [30]. Por otro lado, [31] analizaron agua del manantial y reportaron un exceso de sólidos disueltos totales, atribuidos a residuos de detergentes y blanqueadores, ya que la población local utiliza ese cuerpo de agua para el lavado de ropa.

Tabla 1. Parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua superficial en Los Pantanos de Villa 2021 (época de verano).

|                               | CE<br>( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) | pH              | OD<br>(mg/L)        | SDT<br>(mg/L)         | Fósforo<br>total<br>(mg/L) | DBO<br>(mg/L)       | Aceites y<br>grasas<br>(mg/L) | Nitratos<br>(mg/L)     | Coliformes<br>termotolerantes<br>(NMP/100ml) |
|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------------|-----------------------|----------------------------|---------------------|-------------------------------|------------------------|----------------------------------------------|
| <b>Manantial Las Palmeras</b> |                                   |                 |                     |                       |                            |                     |                               |                        |                                              |
| Media $\pm$ EE<br>(n=3)       | 1826.67 $\pm$<br>818.43           | 7.20 $\pm$ 0.18 | 5.57 $\pm$<br>2.00  | 2119.2 $\pm$<br>377.5 | 0.01 $\pm$<br>0.022        | 2.50 $\pm$<br>3.89  | 0.30 $\pm$<br>0.54            | 295.41 $\pm$<br>106.65 | 1.70 $\pm$<br>0.07                           |
| <b>Canal Sangradero</b>       |                                   |                 |                     |                       |                            |                     |                               |                        |                                              |
| Media $\pm$ EE<br>(n=3)       | 9323.33 $\pm$<br>818.43           | 7.47 $\pm$ 0.18 | 12.03 $\pm$<br>2.00 | 4917.4 $\pm$<br>377.5 | 0.01 $\pm$<br>0.022        | 13.17 $\pm$<br>3.89 | 1.70 $\pm$<br>0.54            | 145.97 $\pm$<br>106.65 | 1.80 $\pm$<br>0.07                           |
| <b>Laguna Las Delicias</b>    |                                   |                 |                     |                       |                            |                     |                               |                        |                                              |
| Media $\pm$ EE<br>(n=3)       | 6856.67 $\pm$<br>818.43           | 7.13 $\pm$ 0.18 | 7.87 $\pm$<br>2.00  | 6747.3 $\pm$<br>377.5 | 0.05 $\pm$<br>0.022        | 2.50 $\pm$<br>3.89  | 0.30 $\pm$<br>0.54            | 106.59 $\pm$<br>106.65 | 1.70 $\pm$<br>0.07                           |
| <b>Laguna Mayor</b>           |                                   |                 |                     |                       |                            |                     |                               |                        |                                              |
| Media $\pm$ EE<br>(n=3)       | 7293.33 $\pm$<br>818.43           | 7.33 $\pm$ 0.18 | 10.57 $\pm$<br>2.00 | 5554.1 $\pm$<br>377.5 | 0.01 $\pm$<br>0.022        | 3.17 $\pm$<br>3.89  | 2.23 $\pm$<br>0.54            | 116.07 $\pm$<br>106.65 | 1.70 $\pm$<br>0.07                           |
| Sig.                          | <b>0.02</b>                       | 0.27*           | 0.11*               | <b>0.01</b>           | <b>0.04</b>                | 0.07*               | 0.06*                         | 0.28*                  | 0.39*                                        |

CE: Conductividad eléctrica; OD: oxígeno disuelto; DBO: Demanda bioquímica de oxígeno. EE: error estándar y Sig: diferencia entre cuerpos de agua para la prueba de Kruskal Wallis ( $p < 0.05$ ) para cada parámetro. (\*) No existe diferencia significativa entre cuerpos de agua.

Tabla 2. Parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua superficial en Los Pantanos de Villa 2021 (época de invierno).

|                               | CE<br>( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) | pH                 | OD<br>(mg/L)        | SDT<br>(mg/L)         | Fósforo<br>total<br>(mg/L) | DBO<br>(mg/L)      | Aceites y<br>grasas<br>(mg/L) | Nitratos<br>(mg/L)    | Coliformes<br>termotolerantes<br>(NMP/100ml) |
|-------------------------------|-----------------------------------|--------------------|---------------------|-----------------------|----------------------------|--------------------|-------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------|
| <b>Manantial Las Palmeras</b> |                                   |                    |                     |                       |                            |                    |                               |                       |                                              |
| Media $\pm$ EE<br>(n=3)       | 2883.33 $\pm$<br>513.6            | 7.10<br>$\pm$ 0.20 | 2.13 $\pm$<br>1.22  | 1925.7 $\pm$<br>442.8 | 0.00 $\pm$<br>0.027        | 2.50 $\pm$<br>1.77 | 0.30 $\pm$<br>0.52            | 292.65 $\pm$<br>20.27 | 1.90 $\pm$ 0.60                              |
| <b>Canal Sangradero</b>       |                                   |                    |                     |                       |                            |                    |                               |                       |                                              |
| Media $\pm$ EE<br>(n=3)       | 6690.00 $\pm$<br>513.6            | 7.00<br>$\pm$ 0.20 | 3.33 $\pm$<br>1.22  | 5039.6 $\pm$<br>442.8 | 0.04 $\pm$<br>0.027        | 2.50 $\pm$<br>1.77 | 0.30 $\pm$<br>0.52            | 160.13<br>$\pm$ 20.27 | 1.90 $\pm$ 0.60                              |
| <b>Laguna Las Delicias</b>    |                                   |                    |                     |                       |                            |                    |                               |                       |                                              |
| Media $\pm$ EE<br>(n=3)       | 9180.00 $\pm$<br>513.6            | 7.47 $\pm$<br>0.20 | 4.27 $\pm$<br>1.22  | 6852.6 $\pm$<br>442.8 | 0.01 $\pm$<br>0.027        | 6.50 $\pm$<br>1.77 | 0.80 $\pm$<br>0.52            | 49.58 $\pm$<br>20.27  | 1.90 $\pm$ 0.60                              |
| <b>Laguna Mayor</b>           |                                   |                    |                     |                       |                            |                    |                               |                       |                                              |
| Media $\pm$ EE<br>(n=3)       | 7556.67 $\pm$<br>513.6            | 9.10 $\pm$<br>0.20 | 14.03 $\pm$<br>1.22 | 5360.6 $\pm$<br>442.8 | 0.06 $\pm$<br>0.027        | 3.43 $\pm$<br>1.77 | 1.43 $\pm$<br>0.52            | 15.89 $\pm$<br>20.27  | 2.83 $\pm$ 0.60                              |
| Sig.                          | <b>0.02</b>                       | <b>0.04</b>        | <b>0.04</b>         | 0.53*                 | <b>0.04</b>                | 0.07*              | 0.14*                         | <b>0.02</b>           | 0.43*                                        |

#### D. Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto (OD) es un parámetro clave para evaluar la calidad del agua y la viabilidad de los ecosistemas acuáticos. Durante la temporada de verano, los valores fluctuaron entre 6.0 mg/L y 16.2 mg/L, siendo en su mayoría superiores al límite mínimo de 5 mg/L establecido por el D.S. N° 004-2017-MINAM-PERÚ en la categoría 4 del ECA para agua [20]. Otro humedal con un resultado similar fue el de Paraíso, ubicado en Huacho (Lima) que superó el valor mínimo recomendado, pero presentó un rango de variación menor, 7.00-7.18 mg/L, favoreciendo el desarrollo de microorganismos acuáticos y la disponibilidad de alimento para aves limícolas [32].

No obstante, en invierno se registraron valores significativamente más bajos en el manantial Las Palmeras, con una media de 2.13 mg/L, en contraste con el canal Sangradero y las lagunas Mayor y Las Delicias. Esta reducción podría estar vinculada al uso doméstico del recurso hídrico, como el lavado de ropa, así como a la presencia de residuos orgánicos, especialmente en el canal Sangradero y la laguna Las Delicias. La acumulación de materia orgánica promueve la proliferación bacteriana, lo que disminuye el OD y compromete la supervivencia de organismos aerobios [33]. A pesar de esta disminución, se observaron especies de peces como la tilapia (*Oreochromis niloticus*), conocidas por su capacidad de tolerar bajas concentraciones de oxígeno, lo que

podría afectar negativamente a las especies nativas del ecosistema [34].

#### E. Demanda bioquímica de oxígeno

La DBO presentó valores entre 2.50 y 13.17 mg/L en verano, y de 2.50 a 6.50 mg/L en invierno. El manantial Las Palmeras mantuvo un valor medio constante de 2.5 mg/L en ambas temporadas (Tablas 4 y 5), sin diferencias significativas entre los cuerpos de agua ( $p > 0.05$ ). En comparación con el ECA-agua [20], la mayoría de las mediciones se mantuvieron por debajo del límite de 5 mg/L para la categoría 4.

Se ha documentado que el ingreso al humedal favorece la reducción de la DBO mediante la acción de microorganismos, con un tiempo de retención aproximado de dos días [35]. Asimismo, la presencia de especies vegetales como *Lemna minor*, identificada en Los Pantanos de Villa, puede reducir hasta un 89.6% de la DBO en aguas residuales [36], lo cual explicaría los bajos niveles registrados.

Un caso particular fue el punto E-09 (Laguna Las Delicias), que presentó un promedio de 2.50 mg/L en verano y 6.50 mg/L en invierno, lo cual indica una calidad aceptable con signos de contaminación. Según la Escala de Clasificación de Calidad de Agua [37], estos valores corresponden a agua no contaminada o de buena calidad, dependiendo del sitio de muestreo.

#### F. Nitratos y Fósforo total

Los nutrientes como los nitratos y el fósforo total son esenciales para el desarrollo biológico, pero su presencia en concentraciones elevadas puede desencadenar procesos de eutrofización, afectando el equilibrio ecológico de los ecosistemas acuáticos. De acuerdo con los “Criterios Ecológicos de Calidad del Agua” (CE-CCA-001/89) [38], los límites recomendados son de 5 mg/L para nitratos y 0.1 mg/L para fósforo total. Durante el verano, los niveles de nitratos en los cuatro cuerpos de agua evaluados variaron entre 106 y 295 mg/L, y en invierno entre 15 y 292 mg/L, superando ampliamente los valores establecidos tanto por normativas nacionales como internacionales. Este exceso de nitratos puede atribuirse a múltiples fuentes de origen antrópico. Entre ellas, destacan las descargas directas de aguas residuales domésticas, observadas in situ durante el trabajo de campo, especialmente en el canal Sangradero. Además, la presencia de ganado en áreas aledañas, cuyas excretas ingresan al sistema hídrico, constituye una fuente significativa de nitrógeno. No se debe descartar tampoco la posible influencia de actividades agrícolas en las inmediaciones del humedal o en zonas aguas arriba, donde el uso de fertilizantes nitrogenados puede provocar lixiviación y escorrentía hacia cuerpos de agua superficiales. Este fenómeno es común en ecosistemas similares, como se reportó en el humedal Albufera Medio Mundo (Huaura, Lima), donde se registraron concentraciones de nitratos cercanas a 300.3 mg/L [39]. Aunque estos valores fueron considerados dentro de límites tolerables en ese caso particular, su persistencia puede generar efectos acumulativos y promover el crecimiento descontrolado

de algas y macrófitas acuáticas. Cabe destacar que, en zonas del humedal con mayor cobertura vegetal, como las lagunas Mayor y Las Delicias, se evidenció una ligera reducción en los niveles de nitratos, lo cual podría explicarse por el rol de la vegetación acuática como sumidero natural de nutrientes, al absorber nitrógeno durante sus procesos metabólicos [40]. En cuanto al fósforo total, las concentraciones también superaron los límites establecidos por el ECA-agua, especialmente durante la época de invierno. El punto E-04 (canal Sangradero) registró una concentración de 0.11 mg/L, lo que representa más del triple del valor máximo permitido. Esta situación es preocupante, ya que el fósforo, a diferencia del nitrato, tiende a adherirse a los sedimentos y puede permanecer disponible en el sistema durante largos periodos, reactivándose bajo ciertas condiciones fisicoquímicas. Su presencia en exceso incrementa el riesgo de eutrofización, reducción de oxígeno disuelto, muerte de fauna acuática y alteración de las redes tróficas.

#### G. Aceites y grasas

Los valores de aceites y grasas oscilaron entre 0.3 mg/L y 2.7 mg/L durante el verano, y entre 0.3 mg/L y 2.4 mg/L en invierno. Estos valores se encuentran por debajo del límite máximo permitido de 5 mg/L, establecido por la categoría 4 del ECA-agua peruano [20]. Sin embargo, al compararlos con estándares internacionales, como el de la ASEAN, que establece un límite de 0.14 mg/L [41], se evidencia que los valores registrados en Los Pantanos de Villa superan significativamente este umbral, lo que podría indicar una presión antrópica considerable sobre el ecosistema. A diferencia de otros parámetros, actualmente no se cuenta con estudios previos que evalúen este componente en humedales costeros del Perú, por lo que este estudio constituye un aporte inicial relevante para futuras investigaciones en ecosistemas similares. La presencia de aceites y grasas puede estar relacionada con el ingreso de residuos domésticos o actividades recreativas no controladas, afectando la oxigenación del agua y alterando la calidad del hábitat acuático.

#### H. Coliformes Termotolerantes

Los coliformes termotolerantes son ampliamente utilizados como indicadores de contaminación microbiológica, al reflejar el grado de degradación orgánica de los cuerpos de agua [42]. En Los Pantanos de Villa, los valores medios oscilaron entre 1.70 y 1.80 NMP/100 mL en verano, y entre 1.90 y 2.83 NMP/100 mL en invierno, observándose una diferencia significativa entre estaciones ( $p < 0.05$ ), pero no entre los diferentes cuerpos de agua dentro de cada temporada ( $p > 0.05$ ) (Tablas 1 y 2). Comparando con el D.S. N° 004-2017-MINAM, ninguna muestra superó los límites establecidos para las categorías 1-A1 (20 NMP/100 mL, destinada a la producción de agua potable) ni para la categoría 4 (1000 NMP/100 mL, destinada a la conservación del ambiente acuático), lo cual sugiere que la calidad microbiológica del agua en el humedal es adecuada y no

representa un riesgo inmediato para la salud humana ni animal. Estos resultados son consistentes con estudios previos realizados en el humedal ACR de Ventanilla (Lima), donde se identificó una variación estacional similar [30], y en el humedal de Villa María, donde se reportaron concentraciones inferiores a 1.8 NMP/100 mL [44]. Ambos casos refuerzan la idea de que los humedales urbanos, si bien están expuestos a presiones antrópicas, pueden mantener una calidad microbiológica aceptable bajo condiciones de manejo adecuadas. Cabe destacar que, a pesar de su localización en el área metropolitana de Lima, Los Pantanos de Villa no presentó valores elevados, incluso en un contexto postpandemia, cuando las restricciones por COVID-19 redujeron las actividades humanas y posiblemente contribuyeron a mejorar temporalmente la calidad del agua.

En contraste, el humedal ACR de Ventanilla presentó niveles superiores a 1000 NMP/100 mL en dos de sus 15 estaciones de monitoreo, atribuidos a la presencia de asentamientos humanos y nidos de aves [43]. Este contraste resalta la necesidad de mantener y fortalecer las acciones de vigilancia en Los Pantanos de Villa para evitar un posible incremento futuro de la carga microbiológica, especialmente si se incrementa la presión humana. La limitada disponibilidad de estudios microbiológicos en humedales costeros peruanos resalta la importancia de generar datos actualizados y frecuentes, no solo para el cumplimiento de los ECA, sino para concientizar a los actores locales sobre la importancia del cuidado del recurso hídrico. La labor de instituciones como PROHVILLA y el SERNANP en la gestión ambiental de este ecosistema debe continuar fortaleciéndose con programas de monitoreo sostenibles, educación ambiental comunitaria y medidas preventivas ante fuentes puntuales de contaminación

### 1. Índice de Calidad de Agua del Humedal

El Índice de Calidad de Agua del Perú (ICA-PE) permite evaluar de forma integrada la calidad del agua superficial, al considerar parámetros físico-químicos clave como fósforo total, pH, oxígeno disuelto (OD) y nitratos. Este enfoque resulta especialmente útil en ecosistemas complejos como los humedales, donde múltiples fuentes de contaminación interactúan [45]. En el presente estudio, se aplicó el ICA-PE a muestras recolectadas durante los meses de enero, febrero, marzo, abril, mayo y agosto de 2021 en cuatro puntos representativos del humedal Los Pantanos de Villa. Los resultados reflejaron condiciones de calidad “regular” en el manantial Las Palmeras (71.8) y “mala” en el canal Sangradero y las lagunas Las Delicias y Mayor (33.3), según la escala de interpretación del ICA-PE basada en el método CCME-WQI (Water Quality Index del Canadian Council of Ministers of the Environment) [21]. Esta clasificación coincide con el ICA-UWQI, que en el mismo año declaró el estado “marginal” en los canales, lo que indica condiciones no óptimas para la vida acuática (Tabla 3). Esta situación se asocia probablemente con la falta de tratamiento de aguas residuales domésticas que desembocan en el humedal, lo cual

podría alterar las concentraciones de oxígeno disuelto y nitratos [46, 47]. Además, actividades como el lavado de ropa y autos, así como el pastoreo ocasional de animales, contribuyen a aumentar la turbidez y a la remoción de material orgánico, lo que podría estar relacionado con el incremento de las concentraciones de sólidos disueltos totales. De acuerdo con esta escala, valores superiores a 70 indican una calidad “regular” —donde la calidad del agua es generalmente aceptable, pero puede presentar amenazas en determinados momentos—, mientras que valores por debajo de 45 indican una calidad “mala”, en la cual el agua suele estar contaminada o amenazada frecuentemente. Es crucial interpretar estos resultados dentro del contexto histórico del uso del territorio en el humedal Pantanos de Villa, que ha experimentado una creciente presión urbana desde la década de 1990. Esta expansión descontrolada ha reducido significativamente el área natural del humedal [13] incrementando las fuentes de contaminación, especialmente por el vertido de aguas residuales y residuos sólidos. Aunque existen políticas de gestión como el Plan Maestro del Refugio de Vida Silvestre (SERNANP), su implementación ha sido limitada debido a la falta de presupuesto y una fiscalización insuficiente. Además, prácticas como el pastoreo informal y las actividades recreativas no reguladas continúan representando amenazas para la conservación del humedal. Adicionalmente, es relevante discutir el impacto que la pandemia de COVID-19 pudo haber tenido sobre la calidad del agua del humedal. Durante las restricciones sanitarias de 2020 y parte de 2021, la reducción de visitantes y actividades recreativas podría haber disminuido temporalmente la presión antrópica, favoreciendo ciertos parámetros de calidad, como la baja carga microbiológica observada. Sin embargo, los altos niveles de nutrientes (fosforo, nitrógeno) sugieren que las fuentes de contaminación permanentes, como las descargas domésticas y el ingreso de aguas residuales no tratadas, continuaron operando durante la pandemia. Los resultados obtenidos en años previos confirman la persistencia de estos problemas: en 2016, el humedal se encontraba en condiciones hipereutróficas, con altos niveles de nutrientes y detergentes. En 2021, el ICA-PE de 33.3 – 71.8 clasificó el agua como "regular a mala", reflejando un deterioro parcial de la calidad del agua tras el impacto de la pandemia; y en 2022, la comparación con los ECA mostró que los niveles de metales, nitratos y CE eran excesivos, llevando a una clasificación de mala calidad.

Tabla 3. Comparación de indicadores de calidad de agua en humedales costeros del Perú.

| Humedal                             | Indicador                   | Clasificación  | Fuente           |
|-------------------------------------|-----------------------------|----------------|------------------|
| Pantanos de Villa (2016)            | Nutrientes, detergentes, CE | Hipereutrófico | [48]             |
| Pantanos de Villa (2021)            | ICA- PE: 33.3 – 71.8        | Regular – malo | Presente estudio |
| Canales de Pantanos de Villa (2021) | ICA-UWQI: 45.63             | Marginal       | [49]             |

| Humedal                             | Indicador                                                     | Clasificación                               | Fuente |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------|
| <b>Pantanos de Villa (2022)</b>     | Comparación con ECA (cat. 3 y 4)                              | Mala (por exceso de metales, nitratos y CE) | [50]   |
| <b>Humedal de Ventanilla (2023)</b> | ICA-PE: 50.1                                                  | Regular                                     | [51]   |
| <b>Humedal El Paraíso (2022)</b>    | Análisis fisicoquímicos                                       | Buena Calidad                               | [52]   |
| <b>Humedal Puerto Viejo (2023)</b>  | IDG (comunidades biológicas)                                  | Polución moderada (variable)                | [53]   |
| <b>Albufera Medio Mundo (2023)</b>  | IETM Carlson mod. Toledo                                      | Trófico (alta eutrofización)                | [54]   |
| <b>La Mansión (2018)</b>            | Índice OCDE(Organización para la Cooperación y el Desarrollo) | Hipertrófico                                | [55]   |

La Tabla 3 presenta una comparación de indicadores de calidad del agua en diversos humedales costeros del Perú, incluyendo los Pantanos de Villa en distintos años y otros ecosistemas similares. Este análisis permite contextualizar los hallazgos del presente estudio y evidenciar patrones comunes de deterioro o mejora en la calidad hídrica de estos ecosistemas altamente vulnerables.

En el caso específico de los Pantanos de Villa, los resultados muestran una persistencia en condiciones de una calidad deficiente. En 2016, el humedal fue clasificado como hipereutrófico, debido a la alta concentración de nutrientes, detergentes y elevada conductividad eléctrica [48]. En el periodo pandemia (2021), el presente estudio reporta valores del Índice de Calidad del Agua del Perú (ICA-PE) que oscilan entre 33.3 y 71.8, lo cual corresponde a una calidad regular a mala. Resultados similares fueron reportados por [49], quienes determinaron un valor de ICA-UWQI de 45.63, clasificando la calidad como marginal. Asimismo, [50] reportaron una calidad mala, basándose en la comparación con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) categorías 3 y 4, debido al exceso de metales pesados, nitratos y alta CE.

Al comparar con otros humedales costeros, se observa que la situación crítica de los Pantanos de Villa se repite en otros casos. Por ejemplo, el Humedal de Ventanilla también presenta una clasificación de “malo” según el ICA-PE [51], lo que refleja condiciones similares de presión antrópica por expansión urbana y descargas domésticas. En contraste, el Humedal El Paraíso fue clasificado con una buena calidad del agua según análisis fisicoquímicos [52], lo cual podría estar relacionado con una menor intervención antrópica directa o una gestión ambiental más efectiva.

El Humedal Puerto Viejo, evaluado mediante el índice de comunidades biológicas (IDG), fue clasificado como polución moderada [53], mientras que la Albufera Medio Mundo y el humedal La Mansión fueron categorizados como eutrófico e hipertrófico, respectivamente, según el índice trófico de Carlson modificado y el índice OCDE [54, 55].

Cabe destacar que, si todos los humedales evaluados hubiesen sido analizados bajo un mismo indicador estandarizado, como el ICA-PE, la comparación habría sido mucho más directa, precisa y significativa. Esta heterogeneidad metodológica limita el análisis integral de los datos a escala nacional y evidencia la necesidad urgente de adoptar el ICA-PE como índice oficial y uniforme para la evaluación de la calidad del agua en ecosistemas acuáticos del Perú. El ICA-PE es una herramienta valiosa porque integra múltiples parámetros fisicoquímicos y microbiológicos relevantes, permitiendo traducir datos complejos en una escala comprensible que facilita la toma de decisiones en materia de gestión ambiental.

En conjunto, los resultados evidencian que gran parte de los humedales costeros del Perú enfrenta condiciones de degradación ambiental creciente en la calidad del agua, vinculadas a actividades humanas y falta de control efectivo. La pandemia de COVID-19 no significó una mejora ambiental sostenida, sino que en muchos casos acentuó las limitaciones estructurales en el monitoreo y control ambiental. Por tanto, es imprescindible avanzar hacia la estandarización de indicadores, fortalecimiento institucional y ejecución de medidas de restauración ecológica, priorizando estos ecosistemas clave para la biodiversidad y el bienestar humano.

#### IV. CONCLUSIONES

El análisis de la calidad del agua superficial en el humedal Ramsar Los Pantanos de Villa durante el año 2021 ha revelado que diversos parámetros, como la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), los nitratos, los aceites y grasas, y el oxígeno disuelto, superaron los Estándares de Calidad de Agua (ECA) del Perú, indicando niveles de contaminación que afectan negativamente la salud del ecosistema acuático. Además, parámetros como aceites y grasas y nitratos excedieron los límites establecidos por normativas internacionales, como las de ASEAN y CONAGUA, lo que sugiere la necesidad de acciones inmediatas para mitigar este impacto. Con relación al parámetro de nitratos, existe un exceso de concentración en los cuatro cuerpos de agua, perjudicando la vida acuática, ya que es propenso a eutrofizarse. Para los parámetros microbiológicos analizados no se identificaron concentraciones que sobrepasaran los ECA. Con respecto al “índice de Calidad de Agua (ICA-PE)”, se obtuvo que los cuatro cuerpos de agua se encuentran amenazados por contaminación con una calidad de agua de regular (manantial) a mala (canal, lagunas). En base a estos hallazgos, se proponen las siguientes acciones específicas para la mejora de la calidad del agua en el humedal.

1. *Implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales:* Es crucial instalar y mantener sistemas adecuados de tratamiento de aguas residuales en las áreas urbanas cercanas al humedal que no cuentan con este servicio, con el objetivo de reducir la carga contaminante proveniente de las descargas

domésticas no tratadas, especialmente en lo que respecta a nitratos y otros contaminantes orgánicos. Esto es particularmente urgente en los cuerpos de agua donde se ha observado un exceso de nitratos, lo cual favorece la eutrofización y la alteración del equilibrio ecológico.

2. *Desarrollo de programas de manejo de residuos sólidos*: La gestión adecuada de los residuos sólidos es fundamental para evitar su vertido en las zonas adyacentes al humedal. Es necesario implementar programas educativos y operativos para promover la reducción, reutilización y reciclaje de residuos, así como la instalación de infraestructuras adecuadas para la recolección y disposición final de los mismos.
3. *Campañas de educación ambiental para la comunidad local*: Se recomienda la implementación de programas de concientización ambiental dirigidos a las comunidades cercanas al humedal, con el fin de promover prácticas sostenibles en el manejo de residuos, el uso racional del agua y la prevención de actividades contaminantes, como el lavado de ropa, carros en los canales y el vertido de productos químicos.
4. *Fortalecimiento de la fiscalización y monitoreo ambiental*: Es necesario mejorar la fiscalización de las actividades humanas en la matriz del humedal, incluidas las actividades industriales, agrícolas y recreativas, para asegurar el cumplimiento de las normativas ambientales. Asimismo, se debe implementar un sistema de monitoreo continuo de los parámetros de calidad del agua, con especial énfasis en aquellos indicadores que han superado los ECA, como los nitratos, aceites y grasas, DBO, y el oxígeno disuelto.
5. *Monitoreo estacional de los parámetros microbiológicos*: Aunque no se observaron concentraciones de parámetros microbiológicos que excedieran los ECA, es fundamental realizar un monitoreo continuo y estacional de estos indicadores para detectar posibles fluctuaciones y aplicar medidas correctivas en tiempo real. La estacionalidad podría influir en la dinámica de la calidad microbiológica del agua, lo que requiere una vigilancia periódica.

La implementación de estas medidas no solo contribuirá a la mejora de la calidad del agua, sino que también facilitará la conservación del humedal Los Pantanos de Villa como un ecosistema clave para la biodiversidad y un recurso vital para las comunidades locales. La adopción de un enfoque integral y la colaboración entre autoridades, investigadores y comunidades serán esenciales para garantizar la sostenibilidad de este importante humedal.

## AGRADECIMIENTO

A la Universidad Científica del Sur, por el financiamiento brindado para la ejecución de la investigación, Fondo Investiga para Lima 2020 (472-2019-PRE11).

## REFERENCIAS

- [1] Gattenlöhner U, Hammerl-Resch M, Jantschke S (2004) Restauración de Humedales: Manejo Sostenible de Humedales y Lagos Someros. Global Nature Fund. Radolfzell, Alemania. 134 pp.
- [2] Ramsar. (2017). Gob.cl. Recuperado el 2 de marzo de 2022, de <https://humedaleschile.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/10/en-peligro.pdf>
- [3] Hagbrink, I. (Ed.). (2006). El agua en la agricultura (Vol. 1, Número 1). World Bank Group Water Global Practice. <https://doi.org/10.17163/lgr.n1.2002.13>
- [4] FAO. (2017). Averting risks to the food chain. Roma. 108pp. Obtenido de: <http://www.fao.org/3/b-i6538e.pdf>.
- [5] Miloslavich, P. (2012). Variación y Protección de Humedales Costeros frente a procesos de Urbanización: casos Ventanilla y Puerto Viejo. Tesis de PUCP.
- [6] Cano, A.; M.I. La Torre; B. León; K.R. Young; J. Roque & M. Arakaki. 1998. Estudio comparativo de la flora vascular de los principales humedales de la zona costera del departamento de Lima, Perú. En: A. Cano & K.R. Young (Eds.) Los Pantanos de Villa: Biología y Conservación. Serie de Divulgación, Museo de Historia Natural-UNMSM 11:181-190.
- [7] Cooperación. (2018, febrero 2). Para proteger los humedales - CooperAcción: CooperAcción. Recuperado de <https://cooperaccion.org.pe/que-podemos-hacer-para-proteger-los-humedales/>
- [8] Aponte, H., Gonzales, S. y Gomez, A. (2020). «Impulsores de cambio en los humedales de América Latina: el caso de los humedales costeros de Lima». South Sustainability, 1(2), e023
- [9] Lancheros, M. I. B., & Peña, A. M. (2015). *Evaluación de la calidad de agua en el humedal La Conejera Localidad 11 de Suba*. revista 3(2), 54-67.
- [10] Ministerio del Ambiente. (2015). Decreto Supremo N° 004-2015-MINAM. El Peruano, 6-53. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2015/01/Anexo-Decreto-Supremo-N%C2%B0-004-2015-MINAM2.pdf>
- [11] Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNAMP). (31 de enero de 2014). SERNANP inicia celebraciones por el Día Mundial de los Humedales en las Áreas Naturales Protegidas. Comunicaciones SERNANP. <https://old.sernanp.gob.pe/sernanp/noticia.jsp?ID=1791>
- [12] Aponte, H., Ramírez, D. y Lértora, G. (2018). Los Pantanos de Villa. Un oasis de vida en Lima Metropolitana. Fondo Editorial de la Universidad Científica del Sur.
- [13] Pulido Capurro, V. M. y Bermúdez Díaz, L. (2018). «Estado actual de la conservación de los hábitats de los Pantanos de Villa, Lima, Perú». Arnaldoa, 25(2), pp. 679-702.
- [14] López, M. (2021). *Los Pantanos de Villa: Conoce la área protegida clave para la conservación de aves de América*. <https://www.oneearth.org/los-pantanos-de-villa-conoce-al-area-protegida-clave-para-la-conservacion-de-aves-de-america/>
- [15] Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNAMP). (2016). Prevención, tratamiento y monitoreo de conflictos socioambientales en áreas naturales protegidas de administración nacional. Sernanp- SPDA. Lima. 60 pp. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=1827410&pid=S2413-3299201800020001900050&lng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=1827410&pid=S2413-3299201800020001900050&lng=es)
- [16] Autoridad Municipal de Los Pantanos de Villa. (2015). Conoce por qué aumenta el nivel del agua en el humedal Pantanos de Villa. *Sitio RAMSAR*. [http://prohvilla.munlima.gob.pe/detallenoticia.php\\_id=a5bfc9e07964f8dddeb95fc584cd965d107.html](http://prohvilla.munlima.gob.pe/detallenoticia.php_id=a5bfc9e07964f8dddeb95fc584cd965d107.html)

- [17] Guillén, G.K. (2002). Diversidad protozoológica de los Pantanos de Villa, Chorrillos- Lima. Perú. [Tesis de título inédita, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositoria institucional de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos: [https://www.academia.edu/34591931/UNIVERSIDAD\\_NACIONAL\\_MAYOR\\_DE\\_SAN\\_MARCOS\\_FACULTAD\\_DE\\_Ciencias\\_BIOL%C3%93GICAS\\_DIVERSIDAD\\_PROTOZOOL%C3%93GICA\\_DE\\_LOS\\_PANTANOS\\_DE\\_VILLA\\_CHORRILLOS\\_LIMA\\_PER%C3%9A\\_TESIS\\_Para\\_optar\\_el\\_T%C3%ADtulo\\_Profesional\\_de](https://www.academia.edu/34591931/UNIVERSIDAD_NACIONAL_MAYOR_DE_SAN_MARCOS_FACULTAD_DE_Ciencias_BIOL%C3%93GICAS_DIVERSIDAD_PROTOZOOL%C3%93GICA_DE_LOS_PANTANOS_DE_VILLA_CHORRILLOS_LIMA_PER%C3%9A_TESIS_Para_optar_el_T%C3%ADtulo_Profesional_de)
- [18] Camargo, D. (2018). Evaluación del ruido ambiental en los Pantanos de Villa y su efecto en la comunidad de aves. [Tesis para optar título, Universidad Nacional Agraria La Molina] Repositorio institucional de la Universidad Nacional Agraria La Molina: <https://xdocs.pl/doc/camargo-bernardo-itsuo-daniel-3nre74y72d8j>
- [19] Municipalidad de Lima. (2020). *Registro de monitoreo de piezómetros en los Pantanos de Villa año 2020*. editorial <https://datosabiertos.munlima.gob.pe/search/?q=piezometro>
- [20] Ministerio del Ambiente. (2017). Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. *El Peruano*, 6-9. <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>
- [21] Autoridad Nacional del Agua. (2018). *Metodología para determinación del índice de calidad de agua ICA-PE aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales*.
- [22] Alarcón Herrera, M. T., Zurita, F., Jaime, L., & Vidal, G. (2018). Humedales de tratamiento: alternativa de saneamiento de aguas residuales aplicable a América Latina. *Pontificia Universidad Javeriana. Cap 2, 3 y 5* (Issue June).
- [23] Instituto Geológico Minero y Metalúrgico - INGEMMET. (2019). *Estudio hidrogeológico del Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa, Chorrillos - Lima*.
- [24] Gerbeaux, P. N. J. P. J. (2004). *Wetland types in new Zealand*. <https://www.ramsar.org/news/new-book-on-wetland-types-in-new-zealand>
- [25] Huaman Vilca, S., Lucen, M., Paredes Vite, M., & Changanahui Alfaro, D. (2020). Evaluación de la calidad del agua de la Laguna Marvilla en los Pantanos de Villa (Lima – Perú). *South Sustainability*, e019. <https://doi.org/10.21142/ss-0102-2020-019>
- [26] Gómez, S. F., Siu, J., Ttira, E., Cerna, T., & Castro, A. (2018). Parámetros de calidad del agua y estado trófico de humedal artificial costero: caso de laguna “La Mansión” – Lima (Perú). *Revista de Investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, 4(1), 31–43. <https://doi.org/10.17162/rictd.v4i1.1070>
- [27] Eaton, A., Rice, E., & Clesceri, L. (2012). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (American P, Vol. 22).
- [28] Water Reuse. (2007). *Salinidad y calidad de agua*. <https://www.socalsalinity.org/Salinity>
- [29] Ministerio del Ambiente. (2008). *Anexo I - Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua*
- [30] Vidal, N. F. (2018). *Evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas en el Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, región Callao, Perú*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- [31] Amanca M. (2019). *Evaluación de la calidad de agua de la laguna Génesis del Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa - Chorrillos* (Vol. 8, Issue 5) [Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur]. [http://repositorio.untels.edu.pe/jsui/bitstream/123456789/521/1/T088\\_A\\_48107048\\_T.pdf](http://repositorio.untels.edu.pe/jsui/bitstream/123456789/521/1/T088_A_48107048_T.pdf)
- [32] Fernando, E., Rodríguez, T., Jessica, J., Blanco, C., & Domínguez, B. (2009). *Caracterización de sedimentos de la laguna el paraíso, huacho, región lima Characterization of sediments from the lagoon paradise Huacho, Lima region*. 12.Edu.pe. Obtenido de: <http://repositorio.unjfc.edu.pe/bitstream/handle/UNJFSC/1608/INVE-ST%2001.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [33] DIGESA. (2020). *Parámetros organolépticos*.
- [34] Tratado de Cooperación Amazónica Secretaría Pro Tempore. (2015). *Psicultura amazónica con especies nativas* (Víctor López Guzmán facebook.com/guzlop twitter.com/guzlopster Lima - Perú (Ed.)).
- [35] Rincón Medina, A. J., & Millán Ballén, N. F. (2013). *Evaluación de un Humedal artificial de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales de la Universidad Libre*. revista 53(9), 1–68.
- [36] Pereda Baltazar, L.G y Pereyra Esquerre, P. H. (2021). Evaluación de tres plantas nativas en la depuración de aguas residuales municipales mediante humedales en Santiago de Chuco, La Libertad [Tesis para optar título, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional de Trujillo: [https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/17695/TEsis\\_%20BALTAZAR%20PEREDA\\_%20PEREZ%20REBAZA\\_protegido.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/17695/TEsis_%20BALTAZAR%20PEREDA_%20PEREZ%20REBAZA_protegido.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [37] CONAGUA. (2010). *Escala de clasificación de calidad del agua demanda bioquímica de oxígeno*. 5. <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/contenido/documentos/D-BO.pC>
- [38] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (13 de diciembre de 1989). Criterio Ecológico de Calidad del Agua CE-CCA-001/89. Recuperado de: <http://legismex.mty.itesm.mx/acu/acca001.pdf>
- [39] Leo, B., Sandra, L., & Moisés, V. (2014). *Análisis químico de la contaminación de las Albuferas de Medio Mundo* [Universidad Privada del Norte]. <https://es.slideshare.net/eduardobobadillaataa35/anlisis-quimico-de-la-contaminacin-de-las-albuferas-de-medio-mundo>
- [40] Tang, C., Azuma, K., Iwami, Y., Ohji, B., & Sakura, Y. (2004). Nitrate behaviour in the groundwater of a headwater wetland, Chiba, Japan. *Hydrological processes*, 18(16), 3159–3168. <https://doi.org/10.1002/hyp.5755>
- [41] Australian Agency for International Development. (2008). *Marine Water Quality Management Guidelines and Monitoring Manual* (ASEAN: & I. Jakarta (Eds.); 1st ed.).
- [42] Robert, M. (2014). Microorganismos indicadores de la calidad del agua de consumo humano en Cuba. *CENIC. Ciencias Biológicas*, 45(1), 25–36. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181230079005>
- [43] Rodríguez, R., Retamozo, R., Aponte, H., & Valdivia, E. (2017). *Evaluación microbiológica de un cuerpo de agua del ACR humedales de Ventanilla (Callao, Perú) y su importancia para la salud pública local*. revista 16, 4. <https://www.redalyc.org/journal/341/34152002003/html/>
- [44] Lopez, W. D. S., Olivos, G. S. M., Oliveros, G. I. G., & Martínez, W. E. C. (2020). *Caracterización de la contaminación de las aguas de los humedales de Villa María en el distrito de Nuevo Chimbote Ancash - Perú*. revista 9, 1–10. <http://revistas.upt.edu.pe/ojs/index.php/vestsic/article/view/399/338>
- [45] Mena-Rivera, L., Salgado-Silva, V., Benavides-Benavides, C., Coto-Campos, J. M., & Swinscoe, T. H. A. (2017). Spatial and seasonal surface water quality assessment in a tropical urban catchment: Burío River, Costa Rica. *Water* (Switzerland), 9(8). DOI: 10.3390/w9080558. [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_nlinks&pid=S1659-4266202100010000600041&lng=en](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_nlinks&pid=S1659-4266202100010000600041&lng=en)
- [46] Calvo-Brenes, G., & Mora-Molina, J. (2007). Evaluación y clasificación preliminar de la calidad del agua de la cuenca del río Tárcoles y el Reventazón Parte I: Análisis de la contaminación de cuatro ríos del área metropolitana. *Tecnología en Marcha*, 20(2), 3–9. [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_nlinks&pid=S1659-4266202100010000600014&lng=en](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_nlinks&pid=S1659-4266202100010000600014&lng=en)
- [47] Morales-Hidalgo, D. (2013). Capítulo 6 Costa Rica. En Mählknecht, J. & Pastén Zapata, E. (Coords). *Diagnóstico de los recursos hídricos en América Latina*, (pp. 221-252). Juárez, México: Pearson. [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_nlinks&pid=S1659-4266202100010000600046&lng=en](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_nlinks&pid=S1659-4266202100010000600046&lng=en)
- [48] Alvarez Gutierrez, C. C. (2016). *Determinación analítica de detergentes en las aguas de los Pantanos de Villa* [Tesis de título profesional de Químico, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositoria institucional de la Pontificia Universidad Católica del Perú: <https://tesis.pucp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/84768ba8-b9ab-4b3f-b12a-db3bb79cde6c/content>
- [49] Enrique-Ayala E. M. et al. (2021). *Evaluación de la calidad del agua en los canales de la Zona de Reglamentación Especial de los Pantanos de*

- Villa (Lima, Perú)*. South Sustainability, 2(2). e036. DOI: 10.21142/SS-0202-2021-e002
- [50] Aguirre-Soto L., & Nieto-Juárez J. I. (2024). *Evaluación de la calidad del agua en el humedal costero Pantanos de Villa, Chorrillos, Perú. Tecnia*, 34(1), 11–25. DOI: <https://doi.org/10.21754/tecnia.v34i1.2158>
- [51] Carrera, D. P. S., Aranda, A. O. V., Orihuela, B. A. V., Alarcón, A. O. G., Mori, L. Z. M., Alpaca, E. F. S., & Silva, J. M. V. (2024). *Calidad ambiental de la laguna “El Mirador” del humedal relicto de Ventanilla - Callao, 2023*. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, 7(3), e71248. DOI: <https://doi.org/10.34188/bjaerv7n3-009>.
- [52] Bonifacio Sánchez, D. R. (2022). *Caracterización fisicoquímica de las aguas de la laguna “El Paraíso” - Huacho, Perú* [Tesis de licenciatura en Ingeniería Química, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. repositorio institucional de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/7351/tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [53] Rios Sanchez, M. A., & Del Rio Ponte, V. A. (2023). *Análisis de la calidad biológica del agua de la laguna Puerto Viejo, Cañete, Lima-Perú*. [Tesis de título profesional de Ingeniero Ambiental, Universidad Científica del Sur]. Repositoria institucional de la Universidad Científica del Sur: DOI: <https://doi.org/10.21142/tl.2023.2987>.
- [54] Mendoza-Caballero, W., & Quiroz-Santos, R. L... (2023). *Evaluación de los estados tróficos de la laguna principal del Área de Conservación Regional Albufera de Medio Mundo, Huaura-Lima, Perú*, 19(2), 149–164. DOI: <https://doi.org/10.31381/biotempo.v19i2.4988>.
- [55] Flores-Gómez, S., Siu Cesar, J., Ttira Aures, E., Cerna Becerra, T., & Castro, Á. (2018). *Parámetros de calidad del agua y estado trófico de humedal artificial costero: caso de laguna “La Mansión” – Lima (Perú)*. Revista de Investigación: Ciencia, Tecnología y Desarrollo, 4(1), 31–43. [https://revistas.upeu.edu.pe/index.php/ri\\_ctd/index](https://revistas.upeu.edu.pe/index.php/ri_ctd/index)