

## PROPUESTA DE INDICADORES PARA EVALUAR EL VALOR ECOLÓGICO DE HUMEDALES COSTEROS DE LIMA Y CALLAO

### PROPOSAL OF INDICATORS TO ASSESS THE ECOLOGICAL VALUE OF COASTAL WETLANDS OF LIMA AND CALLAO

Maura Jurado<sup>1,2</sup>, Jorge Tam<sup>1,3</sup> y Dámaso W. Ramírez<sup>4</sup>

#### Resumen

El estado de conservación de un ecosistema puede ser medido mediante su valor ecológico. Como parte de una serie de normas en el marco del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, el Ministerio del Ambiente del Perú ha publicado la metodología para calcular el valor ecológico de ecosistemas altoandinos en la “Guía Complementaria para la Compensación Ambiental: Ecosistemas Altoandinos”. En la actualidad existen guías de evaluación del estado de conservación de ciertos tipos de ecosistemas; sin embargo, no se cuenta aún con una guía que defina los indicadores y atributos ecológicos para humedales costeros. El presente estudio propone ocho indicadores considerados como idóneos para calcular el valor ecológico de los humedales costeros del Perú, seleccionados mediante un índice de idoneidad. Como caso de estudio, se calculó el valor ecológico de cuatro humedales de Lima y Callao: Pantanos de Villa, Ventanilla, Santa Rosa y Puerto Viejo, utilizando información de fuentes secundarias y primarias (entrevista a expertos). Considerando a los Pantanos de Villa como el ecosistema de referencia con un valor ecológico “muy bueno”, se encontró que los humedales de Santa Rosa, Ventanilla y Puerto Viejo presentaron un valor ecológico “bueno”. Asimismo, se encontró una correlación positiva, aunque no significativa, entre el valor ecológico y el nivel de gestión ambiental. Los indicadores ecológicos propuestos podrán ser usados para calcular el valor ecológico de otros humedales a lo largo de la costa del Perú y se lograrían aplicar en la elaboración de documentos técnicos o investigaciones sobre el estado de conservación, monitoreo, rehabilitación, restauración o compensación de humedales costeros, contribuyendo a su adecuada gestión y conservación.

**Palabras clave:** humedal costero, indicador ecológico, valor ecológico, nivel de gestión.

#### Abstract

The conservation status of an ecosystem can be measured by its ecological value. As part of a series of regulations within the framework of the National Environmental Impact Assessment System, the Environment Ministry of Peru has published the methodology to calculate the ecological value of highland ecosystems in the "Complementary Guide for Environmental Compensation: High Andean Ecosystems". Currently, there are guides for assessing the status of conservation of certain types of ecosystems; however, there is still no guide that defines the ecological indicators and attributes for coastal wetlands. This study proposes eight indicators, considered as suitable for calculating the ecological value of coastal wetlands in Peru, selected through a suitability index. As an application example, the ecological value of four wetlands in Lima and Callao were calculated: Pantanos de Villa, Ventanilla, Santa Rosa and Puerto Viejo, using information from secondary and primary sources (interview with experts). Considering Pantanos de Villa, as the reference ecosystem with a "very good" ecological value, it was found that Santa Rosa, Ventanilla and Puerto Viejo Wetlands presented a "good" ecological value. In addition, a positive correlation, although non-significant, was found between the ecological value and the environmental management level. The proposed ecological indicators can be used to calculate the ecological value of other wetlands along the coast of Peru, to prepare technical documents or researches on the state of conservation, monitoring, rehabilitation, restoration or compensation of coastal wetlands, contributing to their proper management and conservation.

**Key words:** coastal wetland, ecological indicators, ecological value, management level.

#### Introducción

Los humedales son extensiones o superficies cubiertas o saturadas de agua bajo un régimen hídrico natural o artificial, permanente o temporal, dulce, salobre o salado, que albergan comunidades biológicas características que proveen servicios ecosistémicos (MINAM, 2015). En el Perú se consideran dentro de la lista de ecosistemas frágiles (Congreso de la República

del Perú, 2005), por lo tanto, su conservación y uso sostenible adquiere una gran importancia a fin de impedir la pérdida de biodiversidad a nivel de ecosistemas, especies y genes. A nivel nacional, los humedales costeros de Lima son ecosistemas que aportan una importante biodiversidad entre mamíferos (Pacheco *et al.*, 2015), aves (Iannacone *et al.*, 2010), reptiles (Icochea, 1998), arañas (Paredes, 2012),

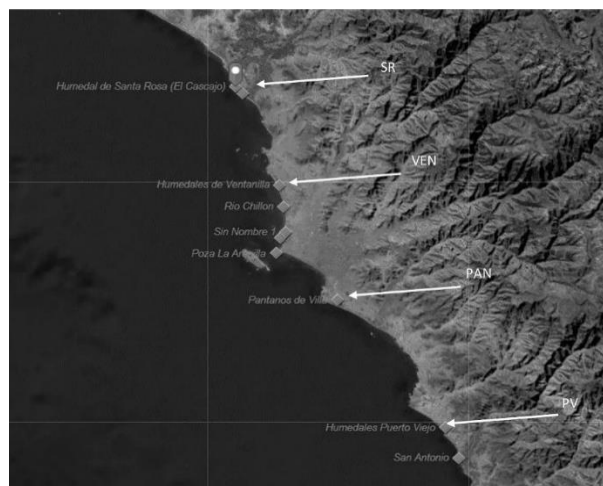
protozoarios (Guillén *et al.*, 2003) y plantas (Cano & Young, 1998; Aponte & Cano, 2013). Sin embargo, estos ecosistemas se encuentran sometidos a una fuerte presión antrópica por la cercanía con las poblaciones humanas, y varios han sido modificados o reducidos, alterando sus procesos funcionales y afectando su biodiversidad (León & Young, 1996; Cano & Young, 1998; Aponte & Ramírez, 2011; Aponte & Cano, 2013). Diversos impulsores de cambio son reconocidos en estos ambientes, tales como la acumulación de residuos sólidos, el crecimiento urbano, la urbanización, incendios, la introducción de especies y la ganadería (Aponte *et al.*, 2020). Estos impactos afectan al estado de conservación de los humedales costeros de Lima, originando su pérdida o deterioro.

El valor ecológico es el nivel de beneficios que los componentes bióticos o abióticos de un ecosistema proveen para el mantenimiento de los organismos (Amador-Cruz *et al.*, 2021). En ese sentido, el estado de conservación de un ecosistema es el estado que refleja la condición del ecosistema en términos de procesos y funciones ecológicas y puede ser medido mediante su valor ecológico (MINAM, 2016a), y es utilizado para la elaboración de planes de compensación ambiental, mecanismo aplicado para gestionar los impactos ambientales residuales no evitables generados por un proyecto de inversión, ya sea público o privado. Actualmente, en el Perú no se cuenta con una guía específica para estimar el valor ecológico de los humedales costeros que incluya indicadores y atributos ecológicos representativos de estos ecosistemas; dicho vacío de información podría conllevar a imprecisiones técnicas en la aplicación de la compensación ambiental, restauración o rehabilitación de humedales costeros, lo cual los expone a un alto riesgo de perder su biodiversidad, estructura, funcionalidad y, por ende, su capacidad de proveer servicios ecosistémicos. En ese sentido, el objetivo del presente trabajo fue proponer indicadores ecológicos idóneos para determinar el valor ecológico de los humedales costeros del Perú, a fin de estimar su estado de conservación. La aplicación piloto de tales indicadores se realizó calculando el valor ecológico de cuatro humedales costeros de Lima y Callao, planteándose como hipótesis que existe una relación directa entre el valor ecológico y el nivel de gestión ambiental de los humedales costeros.

## Materiales y métodos

### Área de estudio

El área de estudio abarcó cuatro humedales de la costa central del Perú. Tres ubicados en el departamento de Lima: Humedal de Santa Rosa, Pantanos de Villa y Humedales de Puerto Viejo; y uno en la provincia Constitucional del Callao: Humedales de Ventanilla, tal como se muestra en la Figura 1.



**Figura 1.** Ubicación de los cuatro humedales costeros evaluados. VEN: Humedales de Ventanilla; SR: Humedales de Santa Rosa; PAN: Pantanos de Villa; PV: Puerto Viejo (García *et al.*, 2022).

Para el presente trabajo, el área de referencia corresponde al humedal los Pantanos de Villa, debido a que es el humedal costero más estudiado a nivel nacional y presenta una alta biodiversidad (Gómez-Sánchez *et al.*, 2022; Aponte & Cano, 2013); asimismo, es el único humedal con categoría de área natural protegida a nivel nacional en Lima y Callao (Refugio de Vida Silvestre) y a nivel internacional es reconocido como un sitio Ramsar por su importancia como hábitat de aves acuáticas (SERNANP, 2016), por lo tanto, se propone este humedal costero como ecosistema de referencia y que presentaría el mejor estado de conservación.

Los datos usados para calcular el valor ecológico de los 4 humedales costeros provienen de las fuentes secundarias más recientes del periodo entre 2007 y 2021.

### Índice de idoneidad

Se realizó una recopilación de indicadores ecológicos (Tabla 1) y criterios de idoneidad (Tabla 2) a partir de información secundaria, y se evaluó la idoneidad de los indicadores mediante un índice de idoneidad (II) propuesto por los autores (basado en los procedimientos seguidos por Ortegón *et al.*, 2005 y Queirós *et al.*, 2016) en la Fórmula 1.

$$II = \frac{\sum_{i=1}^8 IE_i}{8} \times 100$$

### Fórmula 1

Donde:  $IE_i$  es un Indicador Ecológico, al cual se le asigna un valor de uno (1) si cumple el criterio, y cero (0) si no cumple el criterio.

De la revisión de las fuentes bibliográficas mostradas en la Tabla 2, se seleccionaron los criterios que fueron utilizados por todos los autores de dichas

fuentes, de los cuales resultaron 8 criterios de idoneidad (Tabla 3), por lo tanto, la suma de puntajes va de cero (mínimo) a ocho (8) (máximo). Caddy & Mahon (1995) definieron los Puntos de Referencia Límites (PRL) como umbrales que indican cuando se va a entrar a un rango peligroso. El Punto de Referencia Límite (PRL) del II fue 80%; por lo tanto, todos los indicadores cuyos Índices de Idoneidad superaron el PRL se consideraron idóneos y se propusieron para estimar el valor ecológico de los humedales costeros. Cabe indicar que el PRL de 80% ha sido propuesto por los autores del presente artículo (basado en los procedimientos de Ortegón *et al.*, 2005 y Queirós *et al.*, 2016, quienes indican que lo idóneo es cumplir con la “mayoría” de indicadores). Con el fin de validar la selección de los indicadores ecológicos, se calculó el Coeficiente de Correlación Lineal Simple de Pearson entre los II objetivos y los II de los expertos. Como ejemplo de aplicación de los indicadores ecológicos propuestos se calculó el valor ecológico de cuatro humedales costeros de Lima y Callao (Figura 1): Refugio de Vida Silvestre (RVS) Los Pantanos de Villa, Área de Conservación Regional (ACR) Humedales de Ventanilla, Área de Conservación Ambiental (ACA) Humedales de Santa Rosa y Humedales de Puerto Viejo (ecosistema frágil sectorial). Dichos humedales se han elegido por ser representativos de los tres niveles de gestión ambiental: nacional (Pantanos de Villa), regional (Humedales de Ventanilla), local (Humedales de Santa Rosa). Si bien los humedales de Puerto Viejo son incluidos dentro del listado sectorial de ecosistemas frágiles, su gestión es compartida entre el gobierno regional y el gobierno local, en coordinación con el SERFOR (MINAGRI, 2020). Asimismo, los cuatro humedales citados cuentan con bibliografía actualizada (publicaciones científicas, tesis, documentos de gestión, entre otros).

#### Valor ecológico

El valor ecológico (VE) se calculó siguiendo el mismo formato metodológico estándar de la “Guía Complementaria para la Compensación Ambiental: Ecosistemas Altoandinos” (MINAM, 2016b), pero usando los nuevos indicadores ecológicos específicos para humedales propuestos en el presente trabajo, con información de fuentes primarias y secundarias.

Fuentes primarias: Para contar con una validación de los indicadores ecológicos propuestos se realizaron entrevistas a expertos en humedales costeros (Therburg *et al.*, 2005; Ortegón *et al.*, 2005) entre investigadores, docentes y actores principales de los cuatro humedales estudiados. El juicio de expertos es un método de validación útil para verificar la fiabilidad de una investigación y constituye una opinión informada de personas con trayectoria en el tema y capaces de proporcionar información, evidencia, juicios y valoraciones (Robles & Rojas, 2015).

Fuentes secundarias: El instrumento de recolección de datos consistió en la consulta a fuentes bibliográficas nacionales e internacionales, como libros, artículos

científicos, planes maestros, tesis, entre otros, relativos a los humedales costeros (biodiversidad, conservación, funcionalidad, estructura, ecología), en especial a aquellos señalados como objeto de estudio. Asimismo, se consultaron los documentos normativos del MINAM relacionados a gestión y compensación ambiental, así como la guía para evaluar el estado del ecosistema de bofedal (MINAM, 2019a).

La metodología para calcular el valor ecológico, según la “Guía Complementaria para la Compensación Ambiental: Ecosistemas Altoandinos” (MINAM, 2016b), se describe a continuación:

Cálculo del valor relativo de atributos e indicadores. Consiste en elaborar matrices multicriterio a fin de comparar pares de atributos e indicadores. En primer lugar, se elabora la matriz de ponderación de atributos ecológicos (Anexo 1) en donde se comparan los pares de atributos utilizando los valores de importancia:

- 1 = Igualmente importante
- 3 = Moderadamente más importante
- 5 = Fuertemente más importante
- 7 = Muy fuertemente más importante
- 9 = Extremadamente más importante

En segundo lugar, se asignan valores relativos a los indicadores ecológicos según el valor relativo del atributo que le corresponda (Anexos 2, 3, 4 y 5).

Determinación de la escala de valoración de los indicadores: A partir de los valores relativos asignados a cada indicador se establecen escalas de puntuación que permiten una evaluación eficiente y rápida del valor ecológico del ecosistema (MINAM, 2016b). (Anexos 6, 7 y 8).

Escala y valor relativo para estimar el valor ecológico (Anexo 9): Para la calificación final del valor ecológico se consideran cinco niveles, según su valor relativo y su escala (MINAM, 2016b).

#### Prueba de hipótesis

Para probar la hipótesis planteada se calculó la significancia del Coeficiente de Correlación Lineal Simple de Pearson entre el nivel de gestión ambiental y el valor ecológico de los humedales costeros.

## **Resultados**

### Índice de Idoneidad (II)

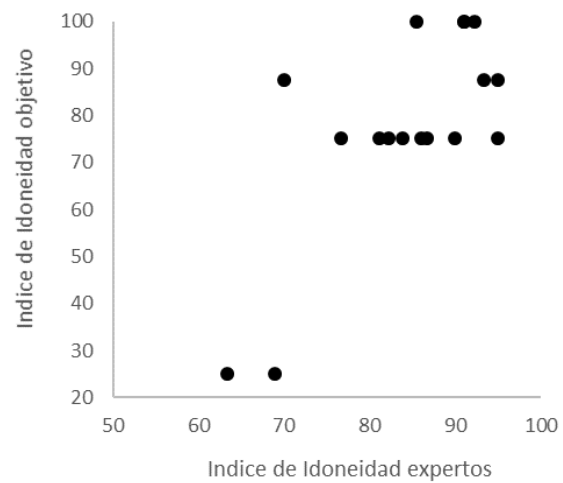
Se recopilaron 80 indicadores ecológicos (Tabla 1) a partir de la revisión de información secundaria, de los cuales se seleccionaron 19 indicadores ecológicos no redundantes (Tabla 4); posteriormente se calculó el II de los indicadores ecológicos seleccionados (Figura 2).

De los 19 indicadores ecológicos, 8 obtuvieron II objetivos y mayores al PRL (80%), por lo tanto, fueron propuestos para calcular el valor ecológico de los humedales costeros (Tabla 5).

De los 8 indicadores ecológicos para humedales costeros, 7 reflejan la estructura y biodiversidad del ecosistema: (i) riqueza de plantas nativas, (ii) riqueza de plantas introducidas, (iii) riqueza de aves residentes, (iv) riqueza de aves migratorias, (v) área de cuerpos de

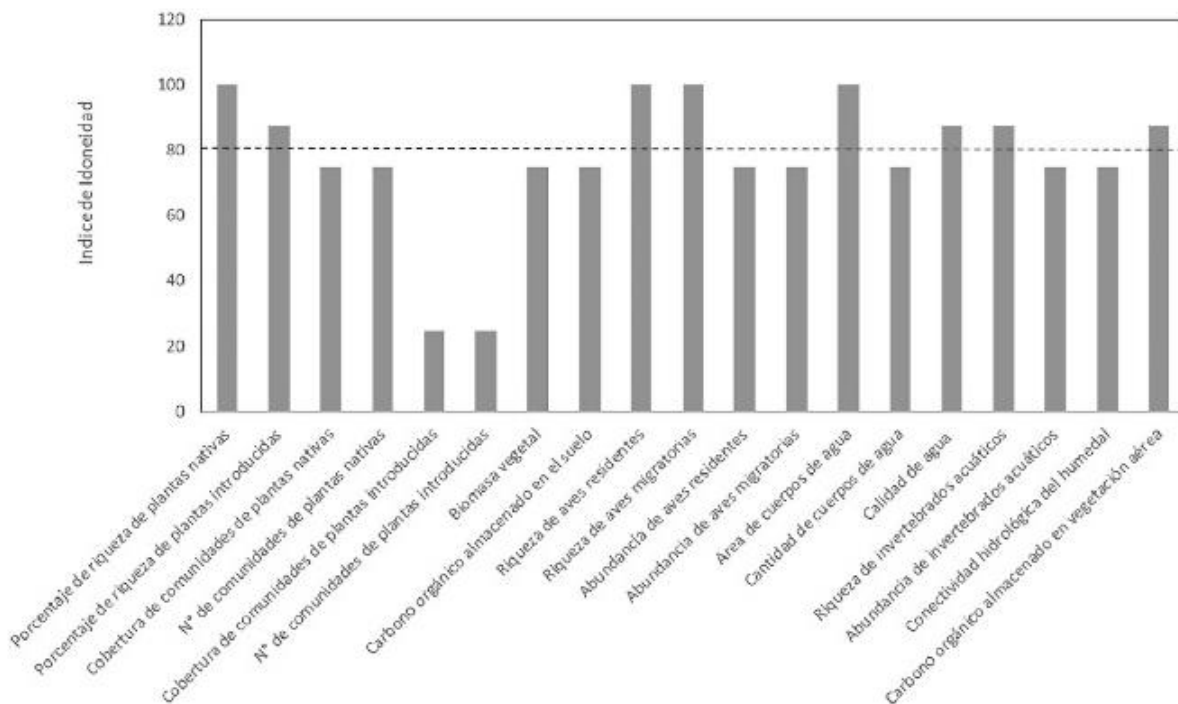
agua, (vi) calidad del agua y (vii) riqueza de invertebrados acuáticos; y el octavo: (viii) carbono orgánico almacenado en vegetación aérea, que refleja la funcionalidad del ecosistema.

Por otro lado, para validar los indicadores ecológicos propuestos se realizaron encuestas a 20 expertos en humedales costeros con experiencia en el sector público y privado (investigadores, gestores ambientales, docentes universitarios de las siguientes instituciones: UCSUR (Universidad Científica del Sur), UNMSM (Universidad Nacional Mayor de San Marcos), UNALM (Universidad Nacional Agraria La Molina), CORBIDI (Centro de Ornitología y Biodiversidad), GORE CALLAO (Gobierno Regional del Callao), GAP (Grupo de Aves del Perú), UCSS (Universidad Católica Sedes Sapientiae), MINAM (Ministerio del Ambiente - Perú), CNEH (Centro Neotropical de Entrenamiento en Humedales), PROHILLA (Autoridad Municipal de los Pantanos de Villa), Terra Nuova y Amec Foster Wheeler) a fin de que asignen puntajes a los indicadores propuestos según los criterios de idoneidad, para calcular el II de expertos (Tabla 6). Un análisis de correlación lineal simple, entre el II objetivo y el II de los expertos, mostró un Coeficiente de Correlación de Pearson significativo ( $r = 0.723$ ,  $p < 0.05$ ) (Figura 3).



**Figura 3.** Diagrama de dispersión entre los índices de idoneidad objetivo y de expertos.

En la Tabla 6 se muestra el II para los 18 indicadores ecológicos y según la calificación de los expertos, de los cuales 5 indicadores superaron el PRL (80%) del II y concuerdan con los indicadores propuestos en la Tabla 5: (i) Riqueza de aves residentes, (ii) Riqueza de aves migratorias, (iii) Área de cuerpos de agua, (iv) Calidad de agua y (v) Riqueza de invertebrados acuáticos. Este resultado refleja un importante respaldo a los indicadores propuestos (62.5%) por parte de los expertos en humedales.



**Figura 2.** Índice de Idoneidad (II%) de los indicadores ecológicos para humedales costeros. La línea punteada indica el Punto de Referencia Límite (PRL).

Cabe indicar que, si bien el indicador “Conectividad hidrológica del humedal” obtuvo uno de los mayores puntajes, según la encuesta a los expertos (86%), éste no cumplió con el criterio “disponibilidad de información”. Asimismo, según la Guía del Estado de Bofedal (MINAM, 2019a) dicho indicador es cualitativo, por lo cual no se considera que tenga la misma precisión que un indicador cuantitativo. Por otro lado, los indicadores “Biomasa vegetal” y “Carbono orgánico almacenado en el suelo” no fueron seleccionados ya que no cumplieron con el criterio “disponibilidad de información”. Es importante considerar que 7 indicadores seleccionados reflejan la estructura y biodiversidad del ecosistema y el único indicador que refleja la funcionalidad del ecosistema es “Carbono orgánico almacenado en vegetación aérea”; por lo tanto, los 8 indicadores (Tabla 5) son propuestos para hallar el valor ecológico de los humedales costeros del Perú.

#### Valor ecológico de los humedales costeros de Lima y Callao

En la Tabla 5 se presentan los tres atributos correspondientes a los ocho indicadores ecológicos seleccionados: condición de la flora, avifauna del sitio y condición hídrica. Seguidamente, en las Tablas 7, 8, 9 y 10 se presentan los valores relativos asignados a los atributos e indicadores ecológicos. Luego, se elaboraron escalas de valoración, según los valores relativos obtenidos para cada uno de los indicadores seleccionados. Como se puede observar en la Tabla 11, los puntajes para cada indicador tienen un valor mínimo de cero (0) y un máximo según el valor relativo presentado en la Tabla 12, los cuales tienen como punto de comparación el ecosistema de referencia.

De los tres atributos ecológicos identificados para los humedales costeros, el que tuvo mayor valor relativo (61) fue “condición hídrica”, seguido por “condición de la flora” (valor relativo = 29), y por último a la “avifauna del sitio” (valor relativo = 10). De los ocho indicadores ecológicos, el que obtuvo el mayor valor relativo (36.6) fue “calidad del agua”, mientras que el menor valor relativo (3.3) lo obtuvo “riqueza de plantas introducidas”.

Una vez definidos los puntajes para cada indicador, se procedió a elaborar la Tabla 13 a fin de calcular el valor ecológico de: RVS Pantanos de Villa, ACR Humedales de Ventanilla, ACA Humedales Santa Rosa y Humedales de Puerto Viejo. Respecto a los datos obtenidos mediante información secundaria, se tiene lo siguiente:

- Se consideró la información publicada en artículos científicos, resúmenes de congresos de humedales, planes maestros y tesis.
- Se consideró la información lo más actualizada posible, siendo la fuente secundaria de mayor antigüedad: Paredes *et al.* (2007) (riqueza de humedales acuáticos para humedales de Puerto

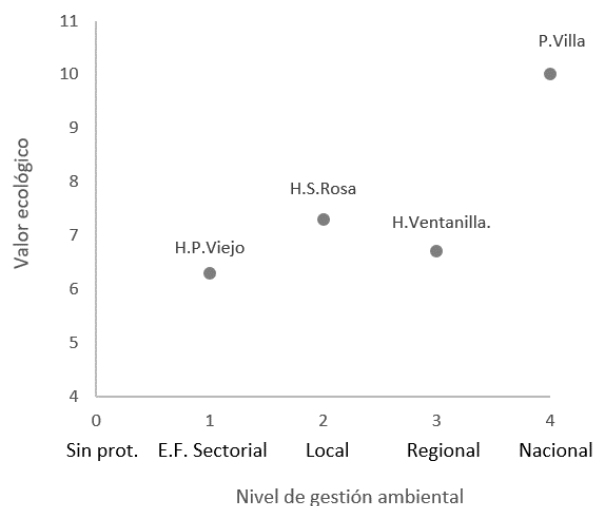
Viejo), y la fuente secundaria más reciente: Chavez & Aponte (2023).

- Respecto al indicador “Carbono orgánico almacenado en vegetación aérea”, al evaluar la información para diferentes especies vegetales, se consideró a la “totora” *Typha dominguensis* por ser la especie transversal a los cuatro humedales evaluados.
- Para el indicador “Área cuerpos de agua” se consideró la suma de los cuerpos de agua permanentes (presencia de agua durante todo el año) presentes en los humedales.

El mayor valor ecológico (10, “muy bueno”) lo obtuvo Los RVS Pantanos de Villa, ya que fue considerado como ecosistema de referencia. Seguidamente, los humedales de Santa Rosa, Ventanilla y Puerto Viejo obtuvieron valores ecológicos de 7.3, 6.7 y 6.3 respectivamente, los cuales se encuentran en el rango de “bueno”.

#### Relación entre el nivel de gestión ambiental y el valor ecológico de los humedales costeros de Lima y Callao

Para probar la hipótesis que no existen diferencias entre los valores ecológicos de los humedales y su estado de protección, se calculó el Coeficiente de Correlación Lineal Simple de Pearson entre el nivel de gestión ambiental (ecosistema frágil sectorial, nacional, regional y local) y el valor ecológico de 4 humedales costeros de Lima y Callao: RVS Pantanos de Villa, ACR Humedales de Ventanilla, ACA Humedales de Santa Rosa y Humedales de Puerto Viejo (Figura 4).



0 = Sin protección, 1 = Ecosistema frágil sectorial, reconocido por el SERFOR, 2 = Nivel de gestión local, Área de Conservación Ambiental, 3 = Nivel de gestión regional, Área de Conservación Regional, 4 = Nivel de gestión nacional, Refugio de Vida Silvestre.

**Figura 4.** Diagrama de dispersión entre el nivel de gestión ambiental y el valor ecológico de los humedales costeros evaluados.

Se obtuvo un Coeficiente de Correlación Lineal Simple de Pearson positivo ( $r = 0.813$ ,  $p > 0.05$ ), sin embargo, debido al reducido número de datos ( $n = 4$ ) esta relación no fue estadísticamente significativa, lo que no apoya la hipótesis planteada.

El mayor valor ecológico (10) “muy bueno” le corresponde a la RVS Pantanos de Villa, el cual presenta el mayor valor de nivel de gestión ambiental (4). En segundo lugar, se tiene a los humedales de Santa Rosa, los cuales presentan un valor ecológico (7.3) “bueno” y le corresponde a un nivel de gestión local (2): Área de Conservación Ambiental. En tercer lugar, los humedales de Ventanilla presentan un valor ecológico (6.7) “bueno” y le corresponde a un nivel de gestión regional (3): Área de Conservación Regional. Finalmente, el humedal de Puerto Viejo presenta un valor ecológico (6.3) “bueno”, considerado como un ecosistema frágil sectorial por el SERFOR (2018).

## Discusión

### Propuesta de indicadores ecológicos

Respecto al proceso de selección de indicadores, se aplicó el esquema metodológico propuesto por Therburg *et al.* (2005), en el cual las autoras identificaron indicadores preliminares para luego realizar la búsqueda de información y finalmente la depuración de indicadores para el litoral del Río Negro (Argentina). Tal como señaló Fierro (2009) en su estudio de humedales en México, es necesario usar simultáneamente indicadores estructurales y funcionales, ya que los funcionales tienen mayor sensibilidad y permiten detectar cambios en plazos más cortos. Se optó por el parámetro riqueza (plantas, aves, invertebrados acuáticos) en vez de abundancia o diversidad, debido a la baja disponibilidad de información de este parámetro para los humedales en evaluación; asimismo, según Ochoa-Balbacea *et al.* (2022) la riqueza de especies es un indicador que se relaciona directamente con el número de servicios ecosistémicos potencial que puede brindar un humedal costero.

### Relación entre el nivel de gestión ambiental y el valor ecológico de los humedales costeros de Lima y Callao.

A nivel nacional existen estudios que muestran una relación entre el nivel de gestión ambiental y el valor ecológico de los humedales costeros. Alvitez *et al.* (2012) determinaron la riqueza de flora acuática (Trujillo), encontrando que el humedal Tres Palos presentó la mayor cantidad de especies de flora vascular, posiblemente influenciado por su categoría de conservación, ya que está protegido por el Instituto Nacional de Cultura al formar parte de un complejo arqueológico, mientras que el humedal de Salaverry presentó una menor riqueza, lo cual puede estar afectado por una falta de gestión ambiental debido a que no cuenta con planes de protección. Por su parte, Pulido & Bermúdez (2018a) realizaron un análisis histórico de imágenes satelitales a fin de visualizar la

variación del área de los Pantanos de Villa, señalando que el establecimiento de un Área Natural Protegida ha garantizado la protección de la mayor parte de los recursos hídricos, flora y fauna de dicho humedal. Asimismo, Rodríguez *et al.* (2017), en su estudio de 15 humedales costeros de la región La Libertad, encontraron una gran riqueza de flora y fauna, concluyendo que la mejor forma de conservar dichos ecosistemas frágiles es declarar una Zona de Conservación Regional en perspectiva de constituirse en un Área Natural de Conservación.

Respecto a instrumentos de gestión ambiental, a nivel nacional se tiene la Modificación del Estudio de Impacto Ambiental del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez, la cual incluye el Plan de Compensación Ambiental del humedal de Sarita Colonia en donde se evaluaron los estados de conservación de tres humedales: humedal Sarita Colonia (ecosistema a impactar), humedal de Ventanilla (área a compensar) y Pantanos de Villa (ecosistema de referencia), considerando hasta 32 indicadores ecológicos (Walsh Perú, 2018). Cabe recalcar que dicho Plan de Compensación consideró al RVS Pantanos de Villa como ecosistema de referencia, lo cual concuerda con la propuesta del presente trabajo. Si bien, el RVS Pantanos de Villa es un humedal expuesto a presiones antrópicas, lo cual ha ocasionado la pérdida y deterioro de sus hábitats (Pulido & Bermúdez, 2018a), se está considerando a Pantanos de Villa como el ecosistema de referencia, debido a su categoría de conservación nacional (SERNANP) y municipal (PROHVILLA) y su biodiversidad de flora y fauna representativa de humedales costeros. Por lo tanto, se asume para el presente trabajo, que es el humedal con mayor nivel de gestión ambiental de la costa peruana y es el que presenta el mayor valor ecológico (10, “muy bueno”). El segundo lugar en valor ecológico (7.3, “bueno”) obtenido para el presente artículo le corresponde al humedal de Santa Rosa, el cual presenta un nivel de gestión local: Área de Conservación Ambiental, a cargo de la Municipalidad Provincial de Huaral. Cabe indicar que Castillo & Huamantínco (2020), en su estudio sobre macroinvertebrados acuáticos en la zona litoral del humedal costero Santa Rosa, aplicaron la “Matriz de Evaluación de Humedales” que involucra componentes geográficos, hidrológicos, biológicos y sociales, encontrando que dicho humedal tiene una valoración “regular”. El tercer lugar en valor ecológico (6.7, “bueno”) lo obtuvieron los humedales de Ventanilla, presentando un nivel de gestión regional: Área de Conservación Regional, a cargo del Gobierno Regional del Callao. Este resultado concuerda con Román (2018) quien también utilizó la “Matriz de Evaluación de Humedales” para evaluar los humedales de Ventanilla, encontrando que las lagunas Mayor y Menor fueron calificadas como “buenas”, la laguna Pisciplaya “regular” y la laguna El Mirador entre “muy buena” y “buena”.

Finalmente, el menor valor ecológico (6.3, “bueno”) lo obtuvo el humedal de Puerto Viejo, el cual se encuentra incluido en el listado de ecosistemas frágiles sectoriales declarado por el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR) y se encuentra en proceso de ser declarado Área de Conservación Regional de Lima (SERFOR, 2020). Es importante señalar que, si bien el valor ecológico obtenido para los humedales de Santa Rosa es mayor que Ventanilla, y estos a su vez mayores que el humedal de Puerto Viejo, la diferencia entre estos puntajes es mínima (varía entre 6.3 y 7.3), encontrándose dentro del rango de valor ecológico “bueno” (Anexo 9). Por lo tanto, los resultados de los valores ecológicos obtenidos para los humedales costeros deben interpretarse dentro del supuesto de que el humedal los Pantanos de Villa es considerado como el ecosistema de referencia y teniendo en cuenta que los datos utilizados para estimar los valores ecológicos provienen de fuentes secundarias disponibles, representativas y actuales.

De esta manera la propuesta de indicadores del presente trabajo para calcular el valor ecológico de humedales costeros se podría utilizar para estimar su estado de conservación, una vez que se evalúe en un mayor número de humedales, lo que aportaría al trabajo realizado en las guías de compensación (MINAM, 2016a, 2016b) y de evaluación del estado del ecosistema (MINAM, 2019a, 2019b, 2019c, 2022, 2023).

Respecto a la relación entre el nivel de gestión ambiental y el estado de conservación de un humedal costero, se encontró una correlación positiva, aunque no significativa, entre dichas variables, por lo que no se puede llegar a una relación concluyente, pero con un mayor número de humedales evaluados puede cambiar esta relación.

Se recomienda utilizar los indicadores ecológicos propuestos en el presente trabajo para instrumentos de gestión de humedales costeros, tales como guías del estado de conservación, programas de monitoreo, planes de compensación, restauración, rehabilitación, entre otros. Asimismo, reconociendo la limitación de la disponibilidad de información secundaria actualizada para los humedales costeros evaluados, se recomienda realizar la toma de datos de campo (por lo menos en dos temporadas del año), para calcular el valor ecológico. Finalmente, se recomienda priorizar la protección de todos los humedales costeros del Perú, de manera integral y multisectorial, a fin de destinar los recursos necesarios para lograr y mantener un buen estado de conservación de los mismos, independientemente del nivel o categoría de gestión con el que cuenten.

### Conclusiones

Se identificaron ocho indicadores ecológicos representativos de humedales costeros, los cuales fueron seleccionados a partir de criterios de idoneidad. Los indicadores ecológicos seleccionados reflejan la

estructura, biodiversidad y funcionalidad del ecosistema humedal costero.

Se encontró una correlación positiva ( $r = 0.813$ ) entre el nivel de gestión ambiental y el valor ecológico de los humedales costeros de Lima y Callao, aunque no fue estadísticamente significativa ( $p > 0.05$ ), pero reflejaría una tendencia en esta relación.

Los indicadores ecológicos propuestos podrían ser usados para calcular el valor ecológico de otros humedales a lo largo de la costa del Perú y se podrán aplicar para la elaboración de documentos técnicos o investigaciones sobre el estado de conservación de los humedales costeros.

### Agradecimientos

Se agradece a los expertos que apoyaron respondiendo las encuestas sobre los humedales costeros y un agradecimiento especial a Walter Huamaní por sus aportes en la fase inicial de la investigación.

### Literatura citada

- Alvitez E., Fernández A., Peláez F. & Medina C. 2012. Calidad ecológica de los humedales de la provincia de Trujillo, Perú, en base a la flora acuática. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Biológicas*, 32(1): 64 -103. <https://docplayer.es/56849223-Calidad-ecologica-de-los-humedales-de-la-provincia-de-trujillo-peru-en-base-a-la-flora-acuatica-2012.html>.
- Alianza sobre Indicadores de Biodiversidad. 2011. Guía para el desarrollo y el uso de indicadores de biodiversidad nacional PNUMA. World Conservation Monitoring Centre, Cambridge, Reino Unido. <https://tinyurl.com/rEA-UNALM-7>.
- Amador-Cruz F., Figueroa-Rangel B.L., Olvera-Vargas M., Mendoza M.E. 2021. A systematic review on the definition, criteria, indicators, methods and applications behind the Ecological Value term. *Ecological Indicators*, 129: 107856. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107856>.
- Apeño A. & Aponte H. 2022. Caracterización de la diversidad de aves en un humedal altamente intervenido del Pacífico suramericano. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 46(179): 380-392. DOI: <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1605>.
- Aponte H. & Ramírez D.W. 2011. Humedales de la costa central del Perú: estructura y amenazas de sus comunidades vegetales. *Ecología aplicada*, 10(1-2): 31-39. <https://doi.org/10.21704/rea.v10i1-2.411>.
- Aponte H. & Cano A. 2013. Estudio florístico comparativo de seis humedales de la costa de Lima (Perú): actualización y nuevos retos para su conservación. *Revista Latinoamericana de Conservación*, 3(2): 15-27. <https://tinyurl.com/rEA-UNALM-1>.
- Aponte H., Gonzales S. & 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 DOI: <https://doi.org/10.21142/SS-0102-2020-023>.

- BBOP (Business and Biodiversity Offsets Programme). 2009. BBOP Pilot Project Case Study. Bainbridge Island. Forest Trends. <https://www.forest-trends.org/wp-content/uploads/bbop/bainbridge-case-study-pdf.pdf>.
- Caddy J.F. & Mahon R. 1995. Reference points for fisheries management. FAO Fisheries Technical Paper. No. 347. FAO. Rome. [webpage] <https://www.fao.org/4/v8400e/V8400E00.HTM#toc>.
- Cano A. & Young K.R. (Eds.). 1998. Los Pantanos de Villa: Biología y Conservación. Serie de Divulgación N° 11. Museo de Historia Natural, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.
- Castillo R. & Huamantínco 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://tinyurl.com/rEA-UNALM-2>.
- Chavez R. & Aponte H. 2023. Carbono en el Pacífico sudamericano: reservas en comunidades vegetales de un humedal costero en Perú. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, físicas y Naturales*, 47(185): 962-976. <https://tinyurl.com/rEA-UNALM-3>.
- Congreso de la República del Perú. 2005. Ley N° 28611. Ley General del Ambiente. *El Peruano*, 22(9252): 302291-302310. <https://busquedas.elperuano.pe/cuadernillo/NL/20051015>.
- García W., J Burmeister F., Angulo A., Agreda H., Aponte I., Tejada S., Montecino C., Jarpa C. Cháves E., Tabilo & I. Hernández. 2022. Atlas de humedales costeros de la Costa Árida-Semiárida del Pacífico Sudamericano. Humedales Costeros (Iniciativa del CNEH, Fundación MHS y el CORBIDI). Consultado en enero 2022 de: <https://atlas.humedalescosteros.org/app/#/?appkey=nhllu nh6vubia50frewelq6ol5juyocs>.
- Guillén G., Morales E. & Severino R. 2003. Adiciones a la fauna de protozoarios de los Pantanos de Villa, Lima, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 10(2): 175–182. DOI: <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v10i2.2500>.
- Fajardo N.E. 2018. Evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas en el Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, región Callao, Perú. Tesis para optar el Grado Académico de Magíster en Ciencias Ambientales con mención en Gestión y Control de la Contaminación. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/7738>.
- Fierro A. 2009. Indicadores funcionales y estructurales para evaluar el estado de conservación de humedales costeros en el sur Tarma. *Ciencia UAT*, 4(1): 61-63. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=441942917001>.
- Ganoza F., Barreto, J., Gonzales R. & Díaz M. 2013. Recursos ícticos y ambiente en la Laguna de Puerto Viejo, provincia de Cañete. *Infinitum...*, 3(1): 19-26. <https://revistas.unjpsc.edu.pe/index.php/INFINITUM/issue/view/27>.
- Gobierno Regional del Callao. 2009. Decreto Regional N° 12 Aprueban Plan Maestro del Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla 2009 - 2014. *El Peruano*, 26(10680): 399668- 399669. Sábado 25 de julio de 2009. <https://busquedas.elperuano.pe/cuadernillo/NL/20090725>. <https://www.gob.pe/institucion/regioncallao/normas-legales/3735252-012-2009>.
- Gómez-Sánchez R., Cuba D. & Aponte H. 2022. Sobre la necesidad de descentralización y diversificación de la investigación en humedales costeros peruanos. *The Biologist* (Lima), 20(1): 121-150. <https://revistas.unfv.edu.pe/rtb/article/view/1311>.
- Herrera B. & Corrales L. 2004. Metodología para la selección de criterios e indicadores y análisis de verificadores para la evaluación del manejo forestal a escala de paisaje. Serie técnica No. 14. Universidad Rafael Landívar \ Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. Guatemala. <https://www.url.edu.gt/PortalURL/Archivos/51/Archivos/14-propuesta-metodologica.pdf>.
- Iannacone J., Atasi M., Bocanegra T., Camacho M., Montes A., Santos S., Zuñiga H. & Alayo M. 2010. Diversidad de aves en el humedal Pantanos de Villa, Lima, Perú: periodo 2004-2007. *Biota Neotropical*, 10(2): 295–304. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032010000200031>.
- Icochea J. 1998. Lista roja preliminar de los anfibios y reptiles amenazados del departamento de Lima. *En: Cano A. & Young K. (Eds.) Los Pantanos de Villa, Biología y Conservación* 85–95. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Perú.
- INGEMMET (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico). 2019. Estudio Hidrogeológico del Refugio de Vida Silvestre de los Pantanos de Villa, Chorrillos – Lima. Informe Técnico N° A6873. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/14230>.
- Jorgensen S., Xu, F.-L., Marques J. & Salas F. 2010. Application of Indicators for the Assessment of Ecosystem Health. *En: Jorgensen S., Xu F-L & Constanza R. (eds). Handbook of Ecological Indicators for Assessment of Ecosystem Health. Second edition.* 9-39. CRC Press, Boca Raton. [https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=7y3NBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=ecological+indicators+wetlands&ots=BIDAXj81k&sig=hyJOWaHWa\\_7YXLRW1si44c71uo#v=onepage&q=ecological%20indicators%20wetlands&f=false](https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=7y3NBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=ecological+indicators+wetlands&ots=BIDAXj81k&sig=hyJOWaHWa_7YXLRW1si44c71uo#v=onepage&q=ecological%20indicators%20wetlands&f=false).
- León B. & Young K.R. 1996. Aquatic plants of Peru: diversity, distribution and conservation. *Biodiversity and Conservation*, 5(10): 1169–1190. <https://doi.org/10.1007/BF00051570>.
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego). 2020. Decreto Supremo N° 007-2020-MINAGRI que aprueba el Protocolo de Actuación Interinstitucional para Gestionar y Proteger los ecosistemas Incluidos en la Lista Sectorial de Ecosistemas Frágiles. *El Peruano*, 37(15585): 10-16. Viernes 14 de agosto de 2020. <https://busquedas.elperuano.pe/cuadernillo/NL/20200814>.
- MINAM (Ministerio del Ambiente). 2015. Decreto Supremo N° 004-2015-MINAM Aprueban la Estrategia Nacional de Humedales. *El Peruano*, 32: 545326-545326. Sábado 24 de enero de 2015. <https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/317505-004-2015-minam>.



- MINAM (Ministerio del Ambiente). 2016a. Resolución Ministerial N° 066-2016-MINAM Aprueban la “Guía General para el Plan de Compensación Ambiental”. El Peruano, 33(13605): 580800-580801. Lunes 14 de marzo de 2016. <https://busquedas.elperuano.pe/cuadernillo/NL/20160314>.
- MINAM (Ministerio del Ambiente). 2016b. Resolución Ministerial N° 183-2016-MINAM Aprueban la “Guía Complementaria para la Compensación Ambiental: Ecosistemas Altoandinos”. El peruano, 33(13744): 593571-593572. Miércoles 20 de julio de 2016. <https://busquedas.elperuano.pe/cuadernillo/NL/20160720>.
- MINAM. 2019a. Guía de evaluación del estado del Ecosistema de bofedal. Editado por el MINAM (Ministerio del Ambiente). Primera edición. Lima, Perú. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/guia-evaluacion-estado-ecosistema-bofedal>
- MINAM. 2019b. Guía de evaluación del estado del Ecosistemas de yunga: Bosques basimontano y montano. Editado por el MINAM (Ministerio del Ambiente). Primera edición. Lima, Perú. <https://tinyurl.com/rEA-UNALM-4>.
- MINAM. 2019c. Guía de evaluación del estado del Ecosistemas de bosque seco: Bosque estacionalmente seco de llanura, bosque estacionalmente seco de colina y montaña. Editado por el MINAM (Ministerio del Ambiente). Primera edición. Lima, Perú. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/guia-evaluacion-estado-ecosistemas-yunga-bosques-basimontano-montano>.
- MINAM (Ministerio del Ambiente). 2020. Resolución Ministerial N° 019-2020-MINAM Disponen la republicación del proyecto “Guía para la elaboración de la Estrategia de Manejo Ambiental en el marco del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental”. El Peruano, 37(15244): 3-4. <https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/396374-019-2020-minam>.
- MINAM (Ministerio del Ambiente). 2022. Guía de evaluación del estado de los Ecosistemas de Bosques Relictos: Andino, Mesoandino y Montano de vertiente occidental. Editado por Ministerio del Ambiente. Primera edición. Lima, Perú. <https://repositoriodigital.minam.gob.pe/handle/123456789/1109>.
- MINAM (Ministerio del Ambiente). 2023. Guía de evaluación del estado del Ecosistema Páramo. Editado por Ministerio del Ambiente. Primera edición. Lima, Perú. <https://repositoriodigital.minam.gob.pe/handle/123456789/1154>.
- Novoa D. & Sánchez L. 2016. Biodiversidad, almacenamiento de carbono y flujo de gases efecto invernadero como componentes adicionales para estimar el factor total de compensación por pérdida de biodiversidad en humedales someros colombianos – Estudio de caso Humedales el Coco (Puerto Salgar – Colombia). Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Bogotá D.C., Colombia. <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/handle/20.500.12010/1758>.
- Ochoa-Balbacea D., Gonzales S. Apeño A & Aponte H. 2022. Hábitats prioritarios en un humedal costero del Pacífico: propuesta de un índice basado en servicios ecosistémicos. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, 46(178): 182-191. [https://raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/habitats\\_prioritarios\\_en\\_un\\_humedal\\_costero\\_del\\_pacifico\\_propues](https://raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/habitats_prioritarios_en_un_humedal_costero_del_pacifico_propues).
- Ortegón E., Pacheco J. & A. Prieto. 2005. Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas. CEPAL. Naciones Unidas. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/2d86ecfb-f922-49d3-a919-e4fd4d463bd7/content>.
- Pacheco V., Zevallos A., Cervantes K., Pacheco J. & Salvador J. 2015. Mamíferos del Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa, Lima-Perú. Científica, 12(1): 26–41. <https://bit.ly/rEA-UNALM-24>.
- Paredes W. 2012. Spiders from Pantanos de Villa Reserved Zone (Lima, Perú). Lap (Lambert Academic Publishing). <https://bit.ly/rEA-UNALM-25>.
- Paredes Ch., Iannacone J. & L. Alvaríño. 2007. Biodiversidad de Invertebrados de los Humedales de Puerto Viejo, Lima, Perú. Neotropical Helminthology, 1(1): 21-30. <https://revistas.unfv.edu.pe/NH/article/view/1149>.
- Peralta J. & Huamantínco A. 2014. Diversidad de la Entomofauna acuática y su uso como indicadores biológicos en humedales de Villa, Lima, Perú. Revista Peruana de Entomología, 49(2): 109-120. <https://bit.ly/rEA-UNALM-27>.
- Podestá J., Gil F. Liviác-Espinoza R., Barona D., Balarezo-Díaz A & Zárate R. 2021. Aves de los Humedales de la Región Callao: Actualización y Estados de Conservación. The Biologist (Lima). 19(2): 155-173. [https://www.researchgate.net/publication/351059814\\_AVES\\_DE\\_LOS\\_HUMEDALES\\_DE\\_LA\\_REGION\\_CALLAO\\_ACTUALIZACION\\_Y\\_ESTADOS\\_DE\\_CONSERVACION](https://www.researchgate.net/publication/351059814_AVES_DE_LOS_HUMEDALES_DE_LA_REGION_CALLAO_ACTUALIZACION_Y_ESTADOS_DE_CONSERVACION).
- Pulido V. & Bermúdez L. 2018a. Estado actual de la conservación de los hábitats de los Pantanos de Villa, Perú. Arneloa, 25(2): 679-702. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2413-32992018000200019](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2413-32992018000200019).
- Pulido V. & Bermúdez L. 2018b. Patrones de estacionalidad de las especies de aves residentes y migratorias de los Pantanos de Villa, Lima, Perú. Arneloa, 25(3): 1107-1128. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2413-32992018000300018](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2413-32992018000300018).
- Queirós A., Strong J., Mazik K., Carstensen J., Bruun J., Somerfield P., Bruhn A., Ciavatta S., Flo E., Bizsel N., Ozaydini M., Chuseve R., Muxika I., Nygard H., Papadopoulou N., Pantazi M y Krause-Jense D. 2016. An Objective Framework to Test the Quality of Candidate Indicators of Good Environmental Status. Frontiers in Marine Science, 3(73): 1-12. DOI: 10.3389/fmars.2016.00073.
- Quiroga R. 2009. Guía Metodológica para desarrollar indicadores ambientales y de desarrollo sostenible en países de América Latina y el Caribe. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/5502-guia-metodologica-desarrollar-indicadores-ambientales-desarrollo-sostenible>.

- Robles P. & Rojas M. 2015. La validación por juicio de expertos: dos investigaciones cualitativas en Lingüística aplicada. *Revista Nebrija de Lingüística Aplicada a La Enseñanza De Lenguas*, 9(18): 124-139. <https://revistas.nebrija.com/revista-linguistica/article/view/259>.
- Rodríguez E., Pollack L., Alvitez E. & Mora M. 2017. Los humedales costeros de la región La Libertad (Perú) son ecosistemas frágiles que necesitan planes de conservación urgentes. *Sagasteguiana*, 5(2): 231-270. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/REVSAGAS/article/view/3125>.
- Román P. 2018. Insectos acuáticos como bioindicadores del estado ecológico de los humedales de Ventanilla-Callao, Perú. Tesis para optar el Título Profesional de Licenciada en Biología. Universidad Nacional Federico Villareal, Perú. [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUNF\\_2e04bfe8ec1f32908773502f471e6119](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUNF_2e04bfe8ec1f32908773502f471e6119).
- Rubio D. 2019. Diagnóstico del carbono azul en humedales de la costa central del Perú. Trabajo de Investigación para optar el grado de Bachiller en Ingeniería Ambiental. Universidad Científica del Sur, Perú. <https://repositorio.cientifica.edu.pe/handle/20.500.12805/1475>.
- SERFOR (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre). 2018. Resolución de Dirección Ejecutiva N° 153-2018-MINAGRI-SERFOR-DE Aprueban incorporación de 36 ecosistemas a la "Lista sectorial de Ecosistemas Frágiles". *El Peruano*, 35(14583): 34-36. 19 de julio de 2018. <https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/1671611-2>.
- SERFOR (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre). 2020. Ficha Técnica del Estado de Conservación del Humedal Costero Puerto Viejo. 44 pp. [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1454682/Ficha\\_Tecnica-EF\\_Humedal\\_Costero\\_-\\_Puerto\\_Viejo\\_\\_VF.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1454682/Ficha_Tecnica-EF_Humedal_Costero_-_Puerto_Viejo__VF.pdf).
- SERNANP (Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2016. Resolución Presidencial N° 169-2016-SERNANP Aprueban el Plan Maestro del Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa, para el período 2016-2020. *El Peruano*, 33(13744): 593590-593591. Miércoles 20 de julio de 2016. <https://busquedas.elperuano.pe/cuadernillo/NL/20160720>.
- Stein E., Fetscher A., Clark R., Wiskind A., Grenier J., Sutula M., Collins J. & Grosso C. 2009. Validation of Wetland Rapid Assessment Method: Use of EPA'S Level 1-2-3 Framework for Method Testing and Refinement. *Wetlands*, 29(2): 648-665. [https://www.researchgate.net/publication/225124950\\_Validation\\_of\\_a\\_Wetland\\_Rapid\\_Assessment\\_Method\\_Use\\_of\\_Epa's\\_Level\\_1-2-3\\_Framework\\_for\\_Method\\_Testing\\_and\\_Refinement](https://www.researchgate.net/publication/225124950_Validation_of_a_Wetland_Rapid_Assessment_Method_Use_of_Epa's_Level_1-2-3_Framework_for_Method_Testing_and_Refinement).
- Therburg A., D'Inca V. & López M. 2005. Modelo de indicadores ambientales. *Observatorio Ambiental. Proyección*, 1(3): 1-17. [https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos\\_digitales/3152/therburgdincalopezproyeccion3.pdf](https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/3152/therburgdincalopezproyeccion3.pdf).
- Walsh Perú. 2018. Estrategia de Manejo Ambiental (Capítulo 8). En: Walsh Perú Plan de Compensación Ambiental de la Modificación del EIA del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez, presentado para Lima Airport Partners. 1323-1602. Walsh Perú.

**Tabla 1.** Indicadores ecológicos recopilados a partir de información secundaria.

| N° | Publicaciones / Autores                 |   |  |                                      |  |  |  |
|----|---|---|--|--------------------------------------|--|--|--|
|    | Walsh Perú (2018)                       | SERNANP (2016)<br>Pantanos de Villa                 | Stein <i>et al.</i> (2009)                   | Novoa & Sánchez (2016)               | BBOP (2009)                            | MINAM (2019a)                                      | Gobierno Regional del Callao (2009)<br>Humedales de Ventanilla             |
| 1  | Riqueza gramadales                      | Niveles cuerpos de agua                             | Fuente de agua                               | Biodiversidad de herpetología        | Estructura de la vegetación            | Napa freática en época seca                        | Superficie (%) cobertura vegetal   |
| 2  | Riqueza salicorniales                   | Aforo/Caudal (m <sup>3</sup> /s)                    | Hidroperiodo                                 | Almacenamiento de carbono            | Hidroperiodo                           | Conductividad eléctrica                            | Superficie (ha) de cuerpos de agua   |
| 3  | Riqueza juncales                        | Estándar calidad de agua                            | Conectividad hidrológica                     | Flujo de gases de efecto invernadero | Riqueza de especies de plantas         | Profundidad de turba                               | Riqueza y abundancia spp. vegetales y animales                             |
| 4  | Riqueza vegetación de borde de laguna   | Nivel napa freática                                 | Porcentaje de especies de plantas No-nativas |                                      | Características especiales del hábitat | Materia orgánica                                   | Calidad del agua (coliformes fecales, totales, metales pesados, DBO5 y OD) |
| 5  | Riqueza totorales                       | Presencia/ausencia especies aves                    | Riqueza de especies de plantas nativas       |                                      | Corredores y conectores                | Densidad aparente                                  | Biomasa vegetal (Kg/m <sup>2</sup> /año)                                   |
| 6  | Cobertura vegetal gramadales            | Abundancia relativa de especies aves                | Riqueza física del parche                    |                                      |  | Signos de erosión                                  |  |
| 7  | Cobertura vegetal salicornias           | Cobertura con afectación y cobertura sin afectación | Complejidad topográfica                      |                                      |  | Especies flora nativas                             |  |
| 8  | Cobertura vegetal juncales              | Grado de afectación por actividades antrópicas      | Materia orgánica en descomposición           |                                      |  | Riqueza de especies flora                          |  |
| 9  | Cobertura vegetación de borde de laguna |   | Riqueza biótica del parche                   |                                      |  | Cobertura vegetal viva                             |  |
| 10 | Cobertura vegetal Totorales             |   | Estructura vertical biótica                  |                                      |  | Biomasa aérea                                      |  |
| 11 | Riqueza de especies residentes          |   | Intercepcion y zonificación                  |                                      |  | Presencia factores de degradación (cualitativo)    |  |
| 12 | Riqueza de especies migratorias         |   | Conectividad del paisaje                     |                                      |  | Conectividad hidrológica del bofedal (cualitativo) |  |
| 13 | Abundancia de aves migratorias          |   | Porcentaje de área en evaluación con buffer  |                                      |  |  |  |
| 14 | Abundancia de aves residentes           |   | Promedio del ancho del buffer                |                                      |  |  |  |
| 15 | Existencia zonas refugio/descanso aves  |   | Condición del buffer                         |                                      |  |  |  |

INDICADORES DE VALOR ECOLÓGICO DE HUMEDALES COSTEROS DE LIMA Y CALLAO

Julio - Diciembre 2024

| N° | Publicaciones / Autores   |                                     |                            |                        |             |               |  |
|----|---|-------------------------------------|----------------------------|------------------------|-------------|---------------|--|
|    | Walsh Perú (2018)   | SERNANP (2016)<br>Pantanos de Villa | Stein <i>et al.</i> (2009) | Novoa & Sánchez (2016) | BBOP (2009) | MINAM (2019a) | Gobierno Regional del Callao (2009)<br>Humedales de Ventanilla |
| 16 | Existencia zonas de anidación de aves                               |                                     |                            |                        |             |               |  |
| 17 | Presencia zonas de alimentación de aves                             |                                     |                            |                        |             |               |  |
| 18 | Altura de canopia de plantas importantes                            |                                     |                            |                        |             |               |  |
| 19 | Cantidad de biomasa aérea de emergentes dominantes (tatora y junco) |                                     |                            |                        |             |               |  |
| 20 | Materia orgánica del horizonte superficial                          |                                     |                            |                        |             |               |  |
| 21 | Producción de materia orgánica                                      |                                     |                            |                        |             |               |  |
| 22 | Carbono orgánico almacenado en el humedal                           |                                     |                            |                        |             |               |  |
| 23 | Porcentaje especies de flora invasora                               |                                     |                            |                        |             |               |  |
| 24 | Área de espejo de agua  |                                     |                            |                        |             |               |  |
| 25 | Volumen de espejo de agua   |                                     |                            |                        |             |               |  |
| 26 | Número de cuerpos de agua   |                                     |                            |                        |             |               |  |
| 27 | Calidad del cuerpo de agua  |                                     |                            |                        |             |               |  |
| 28 | Diversidad de bentos  |                                     |                            |                        |             |               |  |
| 29 | Diversidad de fitoplancton  |                                     |                            |                        |             |               |  |
| 30 | Diversidad de pterifiton  |                                     |                            |                        |             |               |  |
| 31 | Número de microhábitats de pterifiton                               |                                     |                            |                        |             |               |  |
| 32 | Riqueza de peces  |                                     |                            |                        |             |               |  |

**Tabla 2.** Criterios de idoneidad recopilados a partir de información secundaria.

| N° | Publicaciones / Autores                               |   |   |                           |                              |                                     |   |                                       |                |
|----|---|---|---|---------------------------|------------------------------|-------------------------------------|---|---------------------------------------|----------------|
|    | MINAM (2016b)   | Queirós <i>et al.</i> (2016)                        | Quiroga (2009)                            | Herrera & Corrales (2004) | Ortegón <i>et al.</i> (2005) | Therburg <i>et al.</i> (2005)       | Alianza sobre Indicadores de Biodiversidad (2011) | Jorgensen <i>et al.</i> (2010)        | MINAM (2020)   |
| 1  | Relación entre el indicador y su atributo             | Base científica                                     | Pertinencia                               | Pertinente                | Específico                   | Medibles                            | Científicamente válido                            | Simple de aplicar y fácil de entender | Pertinencia    |
| 2  | Estabilidad   | Relevancia ecosistémica                             | Relación con metas                        | Cuantificable             | Relevante (representativo)   | Comprensibles                       | Basado en datos disponibles                       | Relevante                             | Funcionalidad  |
| 3  | Transversalidad a los tipos de ecosistemas en estudio | Respuesta a la presión                              | Disponibilidad de información estadística | Disponible                | Enmarcado en el tiempo       | Tener dimensión espacial y temporal | Reactivo a los cambios de la cuestión de interés  | Científicamente justificable          | Disponibilidad |
| 4  | Facilidad en medición y bajo costo                    | Establecer objetivos con la respuesta del indicador | Calidad de información estadística        | Sensible                  | Realizable                   | Ser objetivos                       | Fácilmente comprensible                           | Cuantitativo                          | Confiabilidad  |
| 5  |   | Capacidad de precaución/alerta temprana             | Calidad de la descripción del indicador   | Veraz                     | Medible                      | Sensible a los cambios              | Relevante   | Costos aceptables                     | Utilidad       |
| 6  |   | Calidad del método muestreo                         | Fortaleza del indicador                   | Integral                  | Independiente                | Detección de alerta ambiental       | Utilizado para medir progresos                    |                                       |                |
| 7  |   | Costo accesible                                     | Simplicidad                               |                           |                              | Costo accesible                     |   |                                       |                |
| 8  |   | Parte de un monitoreo actual                        | Precisión y claridad                      |                           |                              | Monitoreable                        |   |                                       |                |
| 9  |   | Eficiencia de la implementación                     | Seguridad en direccionalidad              |                           |                              | Disponibilidad de información       |   |                                       |                |

**Tabla 3.** Criterios de idoneidad seleccionados.

| N° | Criterios de idoneidad de indicadores | Descripción  |
|----|---------------------------------------|--|
| 1  | Precisión                             | Un indicador debe ser claro, preciso, cuantificable y, por lo tanto, cuantitativo, a fin de asegurar su objetividad y evitar diferentes interpretaciones.  |
| 2  | Simplicidad                           | Se refiere a la facilidad de medición de un indicador. Los métodos a utilizar y equipos necesarios deben ser simples y accesibles en el tiempo, a fin de que no se obstruya la continuidad de la medición del indicador, es decir, el monitoreo del mismo. |
| 3  | Bajo costo                            | El costo de los métodos y equipos a utilizar para medir un indicador debe ser accesible (lo mínimo posible) para que sea sostenible en el tiempo y no obstruir el monitoreo del indicador.   |
| 4  | Relevancia ecológica                  | Si bien todos los indicadores son importantes, se deben seleccionar aquellos que tengan Mayor relevancia en comparación a otros, a fin de optimizar el monitoreo y evitar redundancias.  |
| 5  | Confiable                             | Un indicador es confiable en la medida que tenga solidez científica, es decir, los datos deben ser medidos y analizados adecuadamente, a fin de garantizar validez y confiabilidad.  |
| 6  | Sensibilidad a los cambios            | El indicador debe ser sensible a los cambios que ocurran en el ambiente, pero al mismo tiempo debe tener la capacidad de sostenerse en el tiempo, a fin de poder dar continuidad al monitoreo.   |
| 7  | Relacionado con el atributo           | Se refiere a la pertinencia del indicador a representar un suceso complejo, es decir, debe estar relacionado a dicho suceso o atributo   |
| 8  | Disponibilidad de información         | Un indicador debe sustentarse en información existente, que permita confiar en la utilidad de dicho indicador, es decir, debe ser previamente conocido.  |

**Tabla 4.** Indicadores ecológicos de humedales costeros.

| N° | Atributos*            | Indicadores seleccionados                       |
|----|-----------------------|---|
| 1  | Condición de la flora | Riqueza de plantas nativas                      |
| 2  |                       | Riqueza de plantas introducidas                 |
| 3  |                       | Cobertura de comunidades nativas                |
| 4  |                       | N° de comunidades nativas                       |
| 5  |                       | Cobertura de comunidades introducidas           |
| 6  |                       | N° de comunidades introducidas                  |
| 7  |                       | Biomasa vegetal                                 |
| 8  |                       | Carbono orgánico almacenado en vegetación aérea |
| 9  | Condición del suelo   | Carbono orgánico almacenado en el suelo         |
| 10 | Avifauna del sitio    | Riqueza de aves residentes                      |
| 11 |                       | Riqueza de aves migratorias                     |
| 12 |                       | Abundancia de aves residentes                   |
| 13 |                       | Abundancia de aves migratorias                  |
| 14 |                       | Área de cuerpos de agua                         |
| 15 |                       | Cantidad de cuerpos de agua                     |
| 16 |                       | Calidad de agua                                 |
| 17 | Condición hídrica     | Riqueza de invertebrados acuáticos              |
| 18 |                       | Abundancia de invertebrados acuáticos           |
| 19 |                       | Conectividad del humedal                        |

\*Se entiende como atributo al componente de un ecosistema considerado de mayor relevancia para que funcione y persista en el espacio y el tiempo, que no puede ser medido directamente, sino ser estimado a través de un grupo de indicadores (MINAM, 2019a).

**Tabla 5.** Indicadores ecológicos propuestos para humedales costeros y su Índice de Idoneidad (II).

| Atributos             | Indicadores                                     | Descripción   | II (%) |
|-----------------------|---|---|--------|
| Condición de la flora | Riqueza de plantas nativas                      | Número de especies de plantas silvestres, de origen natural, registradas en cada humedal  | 100    |
|                       | Riqueza de plantas introducidas                 | Número de especies de plantas silvestres no originarias del humedal (exóticas), las cuales han sido introducidas por actividades antrópicas                         | 88     |
|                       | Carbono orgánico almacenado en vegetación aérea | Cantidad de carbono (toneladas de carbono por hectárea: tC/ha) almacenado en las estructuras sobresaliente del suelo (hojas, flores) de determinada especie vegetal | 88     |
| Avifauna del sitio    | Riqueza de aves residentes                      | Número de especies de aves silvestres, de origen natural, registradas en cada humedal   | 100    |
|                       | Riqueza de aves migratorias                     | Número de especies de aves silvestres, que se reproducen en otras latitudes y/o altitudes y migran estacionalmente a los humedales                                  | 100    |
| Condición hídrica     | Área de cuerpos de agua                         | Área (ha) del total de cuerpos de agua presentes en un humedal. De existir varios cuerpos de agua se suman todas las áreas  | 100    |
|                       | Calidad de agua                                 | Se eligió el pH por tener información accesible para los humedales  | 88     |
|                       | Riqueza de invertebrados acuáticos              | Número de géneros de invertebrados acuáticos. No se consideró el número de especies al no encontrarse este dato para los 4 humedales en evaluación                  | 88     |

**Tabla 6.** Índice de Idoneidad (%) de indicadores ecológicos calculado por expertos.

| N° | Indicadores                                      | II (%) promedio |
|----|--|-----------------|
| 1  | Riqueza de plantas nativas                       | 77              |
| 2  | Riqueza de plantas introducidas                  | 63              |
| 3  | Cobertura de comunidades de plantas nativas      | 74              |
| 4  | N° de comunidades de plantas nativas             | 69              |
| 5  | Cobertura de comunidades de plantas introducidas | 62              |
| 6  | N° de comunidades de plantas introducidas        | 57              |
| 7  | Biomasa vegetal                                  | 81              |
| 8  | Carbono orgánico almacenado en el suelo          | 73              |
| 9  | Riqueza de aves residentes                       | 82              |
| 10 | Riqueza de aves migratorias                      | 82              |
| 11 | Abundancia de aves residentes                    | 73              |
| 12 | Abundancia de aves migratorias                   | 78              |
| 13 | Área de cuerpos de agua                          | 83              |
| 14 | Cantidad de cuerpos de agua                      | 76              |
| 15 | Calidad de agua                                  | 86              |
| 16 | Riqueza de invertebrados acuáticos               | 84              |
| 17 | Abundancia de invertebrados acuáticos            | 78              |
| 18 | Conectividad hidrológica del humedal             | 86              |

**Tabla 7.** Asignación de valores relativos para atributos de humedales costeros.

| Atributos             | Condición de la flora | Avifauna del sitio | Condición hídrica | Total | Peso   | Valor relativo |
|-----------------------|-----------------------|--------------------|-------------------|-------|--------|----------------|
| Condición de la flora | 1                     | 3                  | 1/3               | 4.33  | 29.14  | 29.00          |
| Avifauna del sitio    | 1/3                   | 1                  | 1/5               | 1.53  | 10.30  | 10.00          |
| Condición hídrica     | 3                     | 5                  | 1                 | 9.00  | 60.57  | 61.00          |
| Total                 |                       |                    |                   | 14.86 | 100.00 | 100.00         |

**Tabla 8.** Matriz de valores relativos para los indicadores del atributo "Condición de la flora".

| Condición de la flora: 29                       | Riqueza de plantas nativas | Riqueza de plantas introducidas | Biomasa vegetal | Total | Peso (%) | Valor relativo |
|---|----------------------------|---------------------------------|-----------------|-------|----------|----------------|
| Riqueza de plantas nativas                      | 1                          | 3                               | 1               | 5     | 37.0     | <b>10.7</b>    |
| Riqueza de plantas introducidas                 | 1/3                        | 1                               | 1/5             | 1.53  | 11.3     | <b>3.3</b>     |
| Carbono orgánico almacenado en vegetación aérea | 1                          | 5                               | 1               | 7     | 51.7     | <b>15.0</b>    |
| Total   |                            |                                 |                 | 13.53 | 100.0    | <b>29</b>      |

**Tabla 9.** Matriz de valores relativos para los indicadores del atributo “Avifauna del sitio”.

| Avifauna del sitio: 10                  | Riqueza de aves residentes y migratorias | Total | Peso | Valor relativo |
|---|--|-------|------|----------------|
| Riqueza de aves residente y migratorias | 1  | 1     | 100  | 10             |
| Total                                   |  | 1     | 100  | 10             |

**Tabla 10.** Matriz de valores relativos para los indicadores del atributo “Condición hídrica”.

| Condición hídrica: 61              | Área de cuerpos de agua | Calidad de agua | Riqueza de insectos acuáticos | Total | Peso (%) | Valor relativo |
|------------------------------------|-------------------------|-----------------|-------------------------------|-------|----------|----------------|
| Área de cuerpos de agua            | 1                       | 1/3             | 1                             | 2.33  | 20.0     | 12.20          |
| Calidad de agua                    | 3                       | 1               | 3                             | 7     | 60.0     | 36.60          |
| Riqueza de invertebrados acuáticos | 1                       | 1/3             | 1                             | 2.33  | 20.0     | 12.20          |
| Total                              |                         |                 |                               | 11.66 | 100.0    | 61.00          |

**Tabla 11.** Escalas de valoración para los indicadores ecológicos.

| Condición de la flora                    |                          |             |
|--|--------------------------|-------------|
| Indicador                                | Descripción              | Puntaje     |
| Riqueza de plantas nativas               | < 20% área de referencia | 0           |
|  | 21 - 50% área referencia | 4           |
|  | 51 - 80% área referencia | 8           |
|  | > 80% área referencia    | <b>10.7</b> |
| Riqueza de plantas introducidas          | < 20% área de referencia | 0           |
|  | 21 - 50% área referencia | 1           |
|  | 51 - 80% área referencia | 2           |
|  | > 80% área referencia    | <b>3.3</b>  |
| Carbono almacenado en vegetación aérea   | < 20% área de referencia | 0           |
|  | 21 - 50% área referencia | 5           |
|  | 51 - 80% área referencia | 10          |
|  | > 80% área referencia    | <b>15</b>   |
| <b>Avifauna del sitio</b>                |                          |             |
| Riqueza de aves residentes y migratorias | < 20% área de referencia | 0           |
|  | 21 - 50% área referencia | 3           |
|  | 51 - 80% área referencia | 6           |
|  | > 80% área referencia    | <b>10</b>   |
| <b>Condición hídrica</b>                 |                          |             |
| Área de cuerpos de agua                  | < 20% área de referencia | 0           |
|  | 21 - 50% área referencia | 4           |
|  | 51 - 80% área referencia | 8           |
|  | > 80% área referencia    | <b>12.2</b> |
| Calidad de agua                          | < 20% área de referencia | 0           |
|  | 21 - 50% área referencia | 12          |
|  | 51 - 80% área referencia | 24          |
|  | > 80% área referencia    | <b>36.6</b> |
| Riqueza de invertebrados acuáticos       | < 20% área de referencia | 0           |
|  | 21 - 50% área referencia | 4           |
|  | 51 - 80% área referencia | 8           |
|  | > 80% área referencia    | <b>12.2</b> |

**Tabla 12.** Resumen de valores relativos de los indicadores ecológicos.

| ATRIBUTO              | INDICADOR                                       | VALOR RELATIVO |
|-----------------------|---|----------------|
| Condición de la flora | Riqueza de plantas nativas                      | 10.7           |
|                       | Riqueza de plantas introducidas                 | 3.3            |
|                       | Carbono orgánico almacenado en vegetación aérea | 15             |
| Avifauna del sitio    | Riqueza de aves residentes y migratorias        | 10             |
| Condición hídrica     | Área de cuerpos de agua                         | 12.2           |
|                       | Calidad de agua                                 | 36.6           |
|                       | Riqueza de invertebrados acuáticos              | 12.2           |
| Total                 |   | <b>100</b>     |



**Tabla 13.** Cálculo de valor ecológico para los cuatro humedales costeros evaluados.

| Atributos               | Indicadores                          | Pantanos de Villa<br>(Área de Referencia: AR) |                               |                  | Humedales de Ventanilla |                                     |        |         | Humedales de Santa Rosa |                                |        |         | Humedales de Puerto Viejo |                              |        |         |  |  |              |
|-------------------------|--------------------------------------|---|-------------------------------|------------------|-------------------------|-------------------------------------|--------|---------|-------------------------|--------------------------------|--------|---------|---------------------------|------------------------------|--------|---------|--|--|--------------|
|                         |                                      | Valor   | Bibliog                       | Puntaje          | Valor                   | Bibliog                             | (%) AR | Puntaje | Valor                   | Bibliog                        | (%) AR | Puntaje | Valor                     | Bibliog                      | (%) AR | Puntaje |  |  |              |
| Condición de la flora   | Riqueza de plantas nativas           | 32 spp.                                       | Aponte & Cano (2013)          | 10.7             | 14 spp.                 | Aponte & Cano (2013)                | 43%    | 4       | 22 spp.                 | Aponte & Cano (2013)           | 68%    | 8       | 17 spp.                   | Aponte & Cano (2013)         | 53%    | 8       |  |  |              |
|                         | Riqueza de plantas introducidas      | 40 spp.                                       | Aponte & Cano (2013)          | 3.3              | 21 spp.                 | Aponte & Cano (2013)                | 53%    | 2       | 45 spp.                 | Aponte & Cano (2013)           | 140%   | 3.3     | 15 spp.                   | Aponte & Cano (2013)         | 38%    | 1       |  |  |              |
|                         | Carbono orgánico en vegetación aérea | 19.6 t/ha                                     | Rubio (2019)                  | 15               | 18.53 t/ha              | Rubio (2019)                        | 94%    | 15      | 15.51 t/ha              | Chavez & Aponte (2023)         | 79%    | 10      | 20.11 t/ha                | Rubio (2019)                 | 102%   | 15      |  |  |              |
| Avifauna del sitio      | Riqueza de aves residentes           |   |                               |                  |                         |                                     |        |         |                         |                                |        |         |                           |                              |        |         |  |  |              |
|                         | Riqueza de aves migratorias          | 211 spp.                                      | Pulido & Bermúdez (2018b)     | 10               | 126 spp.                | Podestá <i>et al.</i> (2021)        | 59%    | 6       | 89 spp.                 | Apeño & Aponte (2022)          | 42%    | 3       | 72 spp.                   | Apeño & Aponte (2022)        | 34%    | 3       |  |  |              |
| Condición hídrica       | Área cuerpos de agua                 | 68.05 ha                                      | SERNANP (2016)                | 12.2             | 12.6 ha                 | Gobierno Regional del Callao (2009) | 18%    | 0       | 10 ha                   | Castillo & Huamantinc o (2020) | 15%    | 0       | 2.384 ha                  | Ganoza <i>et al.</i> (2013)  | 4%     | 0       |  |  |              |
|                         | Calidad de agua (pH)                 | pH: 8.5 y 9.7.                                | INGEMMET (2019)               | 36.6             | pH: 7.17 y 9.98.        | Fajardo (2018, datos 2015)          | 94%    | 36.6    | pH: 7.4 y 8.5.          | Castillo & Huamantinc o (2020) | 87%    | 36.6    | pH: 8.15 y 9.11.          | Ganoza <i>et al.</i> (2013)  | 94%    | 36.6    |  |  |              |
|                         | Riqueza de invertebrados acuáticos   | 48 géneros                                    | Peralta & Huamantinc o (2014) | 12.2             | 22 géneros              | Román (2018)                        | 45.80% | 4       | 61 género               | Castillo & Huamantinc o (2020) | 127%   | 12.2    | 9 géneros                 | Paredes <i>et al.</i> (2007) | 19%    | 0       |  |  |              |
| <b>Puntaje Relativo</b> |                                      |   |                               | <b>100</b>       |                         |                                     |        |         | <b>67.6</b>             |                                |        |         |                           | <b>73.1</b>                  |        |         |  |  | <b>63.6</b>  |
| <b>Escala 1 - 10</b>    |                                      |   |                               | <b>10</b>        |                         |                                     |        |         | <b>6.7</b>              |                                |        |         |                           | <b>7.3</b>                   |        |         |  |  | <b>6.3</b>   |
| <b>Valor ecológico</b>  |                                      |   |                               | <b>Muy bueno</b> |                         |                                     |        |         | <b>Bueno</b>            |                                |        |         |                           | <b>Bueno</b>                 |        |         |  |  | <b>Bueno</b> |

**Anexo 1.** Asignación de valores relativos para atributos del ecosistema.

|                       | Florística del sitio | Estabilidad del sitio | Integridad biótica | Total | Peso | Valor relativo |
|-----------------------|----------------------|-----------------------|--------------------|-------|------|----------------|
| Florística del sitio  | 1                    | 1/2                   | 1/2                | 2     | 20   | 20             |
| Estabilidad del sitio | 2                    | 1                     | 1                  | 4     | 40   | 40             |
| Integridad biótica    | 2                    | 1                     | 1                  | 4     | 40   | 40             |
| Total                 |                      |                       |                    | 10    | 100  | 100            |

Fuente: MINAM (2016b).

**Anexo 2.** Matriz de valores relativos para riqueza y composición florística.

|                               | Riqueza | Composición florística | Total | Peso (%) | Valor relativo |
|-------------------------------|---------|------------------------|-------|----------|----------------|
| Florística del sitio: Riqueza | 1       | 1                      | 2     | 50       | 10             |
| 20 Composición florística     | 1       | 1                      | 2     | 50       | 10             |
| Total                         |         |                        |       | 100      | 20             |

Fuente: MINAM (2016b).

**Anexo 3.** Matriz de valores relativos para gramíneas, hierbas y arbustos.

|                         | Gramíneas y graminoides | Hierba | Arbusto | Total | Peso (%) | Valor relativo |
|-------------------------|-------------------------|--------|---------|-------|----------|----------------|
| Gramíneas y graminoides | 1                       | 6      | 3       | 10    | 67       | 7              |
| Hierba                  | 1/6                     | 1      | 1/2     | 1.7   | 11       | 1              |
| Arbusto                 | 1/3                     | 2      | 1       | 3.3   | 22       | 2              |
| Total                   |                         |        |         | 15    | 100      | 10             |

Fuente: MINAM (2016b).

**Anexo 4.** Matriz de valores relativos de indicadores para estabilidad del suelo.

|  | Cobertura aérea del suelo | Suelo desnudo superficial | Pérdida de suelo superficial | Materia orgánica horizonte superficial | Total | Peso (%) | Valor relativo |
|--|---------------------------|---------------------------|------------------------------|--|-------|----------|----------------|
| Cobertura aérea del suelo                              | 1                         | 1                         | 1/3                          | 2                                      | 4.3   | 20       | 8              |
| Suelo desnudo superficial                              | 1                         | 1                         | 1/3                          | 2                                      | 4.3   | 20       | 8              |
| Estabilidad del suelo: 40 Pérdida de suelo superficial | 3                         | 3                         | 1                            | 4                                      | 11.0  | 50       | 20             |
| Materia orgánica horizonte superficial                 | 1/2                       | 1/2                       | 1/4                          | 1                                      | 2.4   | 11       | 4              |
| Total  |                           |                           |                              |  | 22.83 | 100      | 40             |

Fuente: MINAM (2016b).

**Anexo 5.** Matriz de valores relativos de indicadores de integridad biótica.

|                        | Altura de plantas importantes | Cantidad biomasa | Cantidad d mantillo | Plantas invasoras | Total | Peso (%) | Valor relativo |   |
|------------------------|-------------------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------|----------|----------------|---|
| Integridad biótica: 40 | Altura de plantas importantes | 1                | 1/4                 | 1/4               | 1/3   | 1.8      | 5.8            | 2 |
| Cantidad biomasa       | 4                             | 1                | 5                   | 5                 | 15.0  | 47.7     | 19             |   |
| Cantidad mantillo      | 4                             | 1/5              | 1                   | 1                 | 10.2  | 32.4     | 13             |   |
| Plantas invasoras      | 3                             | 1/5              | 1/5                 | 1/5               | 4.4   | 14.0     | 6              |   |
| Total                  |                               |                  |                     |                   | 31.4  | 100      | 40             |   |

Fuente: MINAM (2016b).

**Anexo 6.** Escalas de valoración de florística del sitio.

| Indicador                           | Descripción                  | Puntaje |
|-------------------------------------|------------------------------|---------|
| <b>Riqueza (número de especies)</b> |                              |         |
|                                     | < 20% del área de referencia | 0       |
| Gramíneas y graminoides             | 20 - 50% del área referencia | 3       |
|                                     | 51 - 80% del área referencia | 5       |
|                                     | > 80% del área referencia    | 7       |
| Hierbas                             | < 20% del área de referencia | 0       |
|                                     | 20 - 70% del área referencia | 0.5     |
|                                     | > 70% del área referencia    | 1       |
| Arbustos                            | < 20% del área de referencia | 0       |
|                                     | 20 - 70% del área referencia | 1       |
|                                     | > 70% del área referencia    | 2       |
| <b>Composición florística (%)</b>   |                              |         |
|                                     | < 20% del área de referencia | 0       |
| Gramíneas y graminoides (%)         | 20 - 50% del área referencia | 3       |
|                                     | 51 - 80% del área referencia | 5       |
|                                     | > 80% del área referencia    | 7       |
|                                     | < 20% del área de referencia | 0       |
| Hierbas (%)                         | 20 - 70% del área referencia | 0.5     |
|                                     | > 70% del área referencia    | 1       |
|                                     | < 20% del área de referencia | 0       |
| Arbustos (%)                        | 20 - 70% del área referencia | 1       |
|                                     | > 70% del área referencia    | 2       |

Fuente: MINAM (2016b).

**Anexo 8.** Escalas de valoración de integridad biótica.

| Indicador                                       | Descripción                  | Puntaje |
|---|------------------------------|---------|
| Altura de la canopia de plantas dominantes (cm) | < 25% del área de referencia | 0       |
|   | 25 - 70% del área referencia | 1       |
|   | > 70% del área referencia    | 2       |
| Cantidad de biomasa (g/m <sup>2</sup> )         | < 20% del área de referencia | 0       |
|   | 20 - 55% del área referencia | 6       |
|   | 56 - 90% del área referencia | 12      |
|   | > 90% del área referencia    | 19      |
| Cantidad de mantillo (g/m <sup>2</sup> )        | < 20% del área de referencia | 0       |
|   | 20 - 55% del área referencia | 4       |
|   | 56 - 90% del área referencia | 8       |
|   | > 90% del área referencia    | 13      |
| Plantas invasoras                               | > 30% cobertura basal        | 0       |
|   | 10 - 30% cobertura basal     | 3       |
|   | < 10% cobertura basal        | 6       |

Fuente: MINAM (2016b).

**Anexo 9.** Escala y valor relativo para estimar el valor ecológico.

| Escala     | Valor relativo (%) | Valor ecológico |
|------------|--------------------|-----------------|
| 0 - 2 >    | 00 - 20 >          | Muy pobre       |
| [ 2 - 4 >  | 20 - 40 >          | Pobre           |
| [ 4 - 6 >  | 40 - 60 >          | Regular         |
| [ 6 - 8 >  | 60 - 80 >          | Bueno           |
| [ 8 - 10 > | 80 - 100 >         | Muy bueno       |

Fuente: Modificado de MINAM (2016b).

**Anexo 7.** Escalas de valoración de estabilidad del suelo.

| Indicador                                 | Descripción                               | Puntaje |
|---|---|---------|
| <b>Riqueza (número de especies)</b>       |   |         |
|   | < 20% del área de referencia              | 0       |
| Cobertura aérea del suelo (%)             | 20 - 55% del área referencia              | 3       |
|   | 56 - 90% del área referencia              | 6       |
|   | > 90% del área referencia                 | 8       |
| Suelo desnudo superficial (%)             | Tres veces más que el sitio de referencia | 0       |
|   | Dos veces más que el sitio de referencia  | 4       |
|   | Igual o menos que el sitio de referencia  | 8       |
| Pérdida de suelo de horizonte superficial | Severo                                    | 0       |
|   | Moderado                                  | 5       |
|   | Leve                                      | 15      |
|   | Nulo                                      | 20      |
| Materia orgánica de horizonte superficial | < 20% del área de referencia              | 0       |
|   | 20 - 50% del área referencia              | 2       |
|   | 51 - 70% del área referencia              | 3       |
|   | > 70% del área referencia                 | 4       |

Fuente: MINAM (2016b).

<sup>1</sup> Universidad Ricardo Palma, Av. Alfredo Benavides 5440, Santiago de Surco, Lima, Perú.<sup>2</sup> maurajuradoz@gmail.com. ORCID: 0000-0003-4792-7658.<sup>3</sup> Instituto del Mar del Perú, Callao, Lima, Perú. jorge.tam@urp.edu.pe. ORCID: 0000-0001-8224-4313.<sup>4</sup> Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad Científica del Sur, Lima, Perú. dramirez@cientifica.edu.pe. ORCID: 0000-0003-4605-9422.