



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN ECOLOGÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL

Efecto de la gestión ambiental en el estado de conservación de cuatro humedales costeros de Lima y Callao, en el marco de la compensación ambiental

TESIS

Para optar el grado académico de Maestra en Ecología y Gestión Ambiental

AUTOR

Bachiller Jurado Zevallos, Maura Angelica

(ORCID: 0000.0003.4792.7658)

ASESOR

Doctor Tam Málaga, Jorge

(ORCID: 0000.0001.8224.4313)

Lima, Perú

2022

Metadatos Complementarios

Datos de autor

Jurado Zevallos, Maura Angélica

Tipo de documento de identidad del AUTOR: DNI

Número de documento de identidad del AUTOR: 41864895

Datos de asesor

Doctor Tam Málaga, Jorge

Tipo de documento de identidad del ASESOR: DNI

Número de documento de identidad del ASESOR: 06450650

Datos del jurado

JURADO 1: Doctora Millán Salazar, Betty Gaby, DNI N°06181829, ORCID 0000.0002.8559.7189

JURADO 2: Doctora Yábar Torres, Guisela, DNI N°23962653, ORCID 0000.0001.5454.9187

JURADO 3: Doctor Begazo de Bedoya, Luis Hernando, DNI N°09917468, ORCID 0000.0001.8916.5079

Datos de la investigación

Campo del conocimiento OCDE: 521197

Código del Programa: 1.06.13

DEDICATORIA

A quienes luchan por el desarrollo sostenible en el Perú,
dándole el valor que merecen nuestros ecosistemas,
antes de que sea demasiado tarde...

AGRADECIMIENTO

Al Dr. Jorge Tam Málaga, por su asesoramiento y apoyo perseverante en el proceso de diseño,
elaboración y revisión de la tesis.

A los biólogos Wilfredo Ramírez Huaroto y Walter Huamaní Anampa, por sus valiosos aportes en
el proyecto de tesis.

A los expertos en humedales costeros, por su colaboración atendiendo las encuestas.

A mis padres y hermano, por su confianza y acompañamiento en este proceso.

INDICE GENERAL

| | |
|---|----|
| CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 11 |
| 1.1. Descripción del problema..... | 12 |
| 1.2. Formulación del problema..... | 12 |
| 1.2.1. Problema general..... | 14 |
| 1.2.2. Problemas específicos | 15 |
| 1.3. Importancia y justificación del estudio | 15 |
| 1.4. Delimitación del estudio..... | 19 |
| 1.5. Objetivos | 20 |
| 1.5.1. Objetivo general..... | 20 |
| 1.5.2. Objetivos específicos | 20 |
| CAPITULO II: MARCO TEÓRICO | 21 |
| 2.1. Marco histórico..... | 21 |
| 2.2. Investigaciones relacionadas con el tema..... | 23 |
| 2.3. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio..... | 30 |
| 2.3.1. Variable independiente: Gestión Ambiental | 30 |
| 2.3.2. Variable dependiente: Estado de conservación..... | 33 |
| 2.4. Definición de términos básicos | 36 |
| 2.5. Fundamentos teóricos que sustentan a las hipótesis..... | 37 |
| 2.6. Hipótesis..... | 38 |
| 2.6.1. Hipótesis general..... | 38 |
| 2.6.2. Hipótesis específicas | 38 |
| 2.7. Variables..... | 39 |
| CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO | 41 |
| 3.1. Tipo, método y diseño de investigación..... | 41 |
| 3.2. Población y muestra | 41 |
| 3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 42 |
| 3.4. Descripción de procedimientos de análisis | 51 |
| CAPITULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS | 53 |
| 4.1. Resultados | 53 |
| 4.2. Análisis de resultados | 71 |

| | |
|--|----|
| CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 85 |
| 5.1 Conclusiones | 85 |
| 5.2 Recomendaciones | 86 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 87 |
| ANEXOS..... | 94 |

LISTADO DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Metodología de selección de indicadores según Queirós et al. (2016)..... | 34 |
| Tabla 2 Matriz de operacionalización de variables..... | 39 |
| Tabla 3. Indicadores ecológicos de humedales costeros en base a información secundaria | 44 |
| Tabla 4. Indicadores ecológicos seleccionados de manera preliminar | 46 |
| Tabla 5. Criterios de idoneidad de indicadores según fuentes secundarias | 48 |
| Tabla 6. Criterios de idoneidad seleccionados..... | 49 |
| Tabla 7. Atributos propuestos para humedales costeros | 50 |
| Tabla 8. Escala y valor relativo para estimar el valor ecológico | 51 |
| Tabla 9. Asignación de valores a cada indicador, según los criterios de selección | 53 |
| Tabla 10. Indicadores ecológicos seleccionados..... | 58 |
| Tabla 11. Puntajes de indicadores por parte de expertos | 59 |
| Tabla 12. Asignación de valores relativos para atributos de humedales costeros | 61 |
| Tabla 13. Matriz de valores relativos para los indicadores del atributo “Condición de la flora” | 62 |
| Tabla 14. Matriz de valores relativos para los indicadores del atributo “Avifauna del sitio” | 63 |
| Tabla 15. Matriz de valores relativos para los indicadores del atributo “Condición hídrica” | 63 |
| Tabla 16. Resumen de valores relativos..... | 64 |
| Tabla 17. Escalas de valoración para los indicadores ecológicos..... | 65 |
| Tabla 18 Cálculo de valor ecológico para los cuatro humedales costeros evaluados..... | 67 |
| Tabla 19. Escala y valor relativo para estimar el valor ecológico | 68 |
| Tabla 20. Análisis de correlación y regresión lineal simple. | 70 |
| Tabla 21. Comparación de indicadores ecológicos..... | 73 |

LISTADO DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Relación entre variables..... | 15 |
| Figura 2. Mapa de los cuatro humedales costeros evaluados. VEN: Humedales de Ventanilla;..... | 20 |
| Figura 3. Marco conceptual que sustenta la hipótesis..... | 37 |
| Figura 4. Índice de idoneidad para los indicadores ecológicos..... | 57 |
| Figura 5. Análisis de correlación entre los puntajes de expertos y los criterios de idoneidad..... | 60 |
| Figura 6. Valor ecológico de los humedales costeros..... | 68 |
| Figura 7. Relación entre el nivel de gestión ambiental y el valor ecológico de los humedales costeros evaluados..... | 69 |

RESUMEN

La compensación ambiental tiene como objetivo evitar la pérdida de biodiversidad y funcionalidad en los ecosistemas, a través de la aplicación de medidas de restauración y/o conservación. Desde el año 2014, el Ministerio del Ambiente ha publicado normas sobre compensación ambiental para ciertos ecosistemas, sin embargo, no se cuenta aún con una guía de compensación para humedales costeros. El valor ecológico es un número que refleja el estado de conservación de un ecosistema, el cual es hallado a partir de atributos e indicadores ecológicos. El presente estudio propone ocho indicadores, considerados como representativos para calcular el valor ecológico de cuatro humedales costeros de Lima y Callao: Pantanos de Villa, Ventanilla, Santa Rosa y Puerto Viejo. Los Pantanos de Villa, al considerarse el ecosistema de referencia, presentan un estado de conservación “muy bueno”, seguido por los Humedales de Santa Rosa, Ventanilla y Puerto Viejo los cuales presentaron un estado de conservación “bueno”. Dichos resultados se relacionan con la categoría de conservación a nivel de gestión ambiental que presentan: el Refugio de Vida Silvestre Pantanos de Villa (nivel de gestión nacional) presentó el mayor valor ecológico, seguido por el Área de Conservación ambiental humedales de Santa Rosa (nivel de gestión local), el Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla (nivel de gestión regional) y los humedales de Puerto Viejo (ecosistema frágil reconocido por el Serfor). Es así que, el presente estudio sirve como referencia para la elaboración de documentos ó investigaciones sobre estado de conservación, monitoreo, rehabilitación, restauración ó compensación de humedales costeros, contribuyendo a su adecuada gestión y conservación.

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

ABSTRACT

Environmental offset aims to prevent the loss of biodiversity and functionality in ecosystems through the application of restoration and/or conservation measures. Since 2014, the Environmental Ministry has published regulations on environmental offset for certain ecosystems, however, there is still no compensation guide for coastal wetlands. The ecological value is a number that reflects the state of conservation of an ecosystem, which is found from attributes and ecological indicators. This study proposes eight indicators, considered as representative to calculate the ecological value of four coastal wetlands in Lima and Callao: Pantanos de Villa, Ventanilla, Santa Rosa and Puerto Viejo. Pantanos de Villa, is considered the reference ecosystem, which present a "very good" conservation status, followed by Santa Rosa, Ventanilla and Puerto Viejo Wetlands, which presented a "good" conservation status. These results are related to the category of conservation at the level of environmental management that they present: Pantanos de Villa Wildlife Refuge (national management level) presented the highest ecological value, followed by Santa Rosa Wetlands Environmental Conservation Area (local management level), Ventanilla Wetlands Regional Conservation Area (regional management level) and the Puerto Viejo wetlands (fragile ecosystem recognized by Serfor). Thus, this study contributes as a reference for preparation of documents o investigations on the state of conservation, monitoring, rehabilitation, restoration or compensation of coastal wetlands, contributing to their conservation.

Key words: coastal wetland, ecological value, management level, indicator

INTRODUCCION

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, y que albergan comunidades biológicas características, que proveen servicios ecosistémicos (MINAM, 2015). Su importancia a nivel mundial recae en su productividad y sus funciones como la retención de nutrientes, regulación del agua y del carbono global, asimismo constituyen hábitat para diversas especies de flora y fauna, además de poseer valor cultural y recreacional (Ramírez et al., 2010; ProNaturaleza, 2010).

A nivel nacional se consideran dentro de la lista de ecosistemas frágiles, señalados en el Art° 99 de la Ley General del Ambiente (Ley N°28611), 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.

Dentro de la variedad de humedales existentes se encuentran los humedales costeros, los cuales presentan características específicas en cuanto a funcionalidad, estructura y biodiversidad, sin embargo, los estudios sobre su estado de conservación a nivel nacional son escasos (Ramírez et al., 2010).

El estado de conservación de un ecosistema, puede ser ponderado mediante un “valor ecológico” (MINAM, 2016), el cual es utilizado para la elaboración de planes de compensación ambiental, mecanismo de desarrollo sostenible 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 estado de conservación 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 ó

rehabilitación de humedales costeros, lo cual los expone al riesgo de perder su biodiversidad, estructura, funcionalidad y por ende, su capacidad de proveer servicios ecosistémicos.

Por lo tanto, el presente trabajo de tesis pretende determinar los indicadores y atributos ecológicos representativos para cuatro humedales costeros, a fin de ser utilizados para estimar su estado de conservación a través del cálculo del valor ecológico. Por tal motivo se han determinado tres objetivos específicos: (i) Analizar el efecto de los indicadores ecológicos sobre su índice de idoneidad, es decir, determinar aquellos indicadores representativos de los humedales costeros a través de un índice que reúna criterios de selección de indicadores; (ii) Analizar la influencia de los humedales costeros de Lima y Callao sobre su valor ecológico, usando los indicadores ecológicos seleccionados y (iii) Determinar la relación entre el nivel de gestión ambiental (local, regional y nacional) y el valor ecológico de los humedales costeros de Lima y Callao.

Con la finalidad de alcanzar los objetivos y validar las hipótesis, se ha aplicado el método de investigación explicativo y diseño no experimental, considerando como fuente de datos información secundaria y primaria (encuestas a expertos).

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

El estado de conservación de un ecosistema puede ser medido de diferentes maneras, una de ellas es a través de la metodología del cálculo del valor ecológico, la cual ha sido adoptada por el Ministerio del Ambiente (MINAM) el año 2016, publicada en la Guía General para Compensación Ambiental. A la fecha, el MINAM ha publicado cinco guías para calcular el valor ecológico de diez tipos de ecosistemas agrupados en: altoandinos, yungas, bosque seco y bosques relictos, sin embargo, quedan aún 26 tipos de ecosistemas (MINAM, 2019) pendientes por evaluar, siendo uno de ellos los humedales costeros. Es así que, actualmente no se cuenta a nivel nacional con un documento que sirva de guía para evaluar el valor ecológico de los humedales costeros, cuyo cálculo involucra la identificación de los atributos e indicadores ecológicos idóneos para dichos ecosistemas. Dicho vacío de información, podría conllevar a imprecisiones técnicas en la aplicación de la compensación ambiental, restauración ó rehabilitación de humedales costeros.

Por lo tanto, la presente investigación pretende determinar los indicadores ecológicos representativos para los humedales costeros del Perú, tomando como muestra cuatro humedales de Lima y Callao, a fin de ser utilizados como referencia para el cálculo del valor ecológico de dichos ecosistemas, para los fines de gestión ambiental correspondientes.

1.2. Formulación del problema

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, y que albergan comunidades biológicas características, que proveen servicios ecosistémicos (MINAM, 2015). Debido a su gran importancia para el ser humano, han sido los primeros ecosistemas en ser considerados en un tratado internacional para su conservación (Convención Ramsar). Los humedales son muy importantes para el ser humano por los servicios ecosistémicos que ofrecen, como provisión constante de agua; prevención y regulación a los efectos de

inundaciones y sequías; prevención y control de la erosión; captura de nutrientes y tóxicos; provisión de recursos alimenticios, transporte, entre otros. Sin, embargo, desde los años 1900 ha desaparecido por lo menos el 64 % de los humedales del planeta, encontrándose entre las principales causas: el cambio de uso de la tierra y el desarrollo de infraestructuras, particularmente en zonas urbanas, valles fluviales y zonas costeras. La pérdida y degradación de los humedales, conlleva a la disminución de los servicios ecosistémicos que éstos proporcionan, por lo tanto, los estados deben tomar medidas al respecto y reforzar esfuerzos en evaluación, seguimiento y restauración de dichos humedales (Convención sobre los Humedales Ramsar, 2015). De igual manera, a nivel nacional los humedales se ven amenazados por la extracción intensiva de los recursos naturales (caza, pesca, extracción de flora y fauna), utilización inadecuada del agua, contaminación y aumento de la población, que genera la mayor utilización de extensiones de tierra; todo ello ocasiona la disminución poblacional de flora y fauna de los humedales, así como la desaparición de los cuerpos de agua (Pro Naturaleza, 2010) lo cual significa la pérdida de biodiversidad y funcionalidad de dichos ecosistemas.

Con la finalidad de conservar los humedales, el Estado peruano ha venido adoptando a lo largo de los años, normas y medidas de gestión ambiental, entre las que destacan la ratificación de la Convención Ramsar (1992) y la aprobación de la Estrategia Nacional de Humedales (2015). A nivel institucional el MINAM es la entidad encargada de gestionar ambientalmente los diferentes tipos de ecosistemas del Perú, para lo cual cuenta con organismos adscritos y direcciones como la Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural (DGEVFPN), la cual aprobó el año 2016 la “Guía Complementaria para la Compensación Ambiental: Ecosistemas Altoandinos”. En esta guía se presentó la metodología para realizar compensación ambiental en pajonales, tolares y césped de puna, incluyendo los atributos e indicadores ecológicos específicos para el cálculo del valor ecológico de dichos ecosistemas. Luego, en el año 2019 la Dirección General de Ordenamiento Territorial Ambiental (DGOTA), en concordancia con la guía mencionada líneas arriba, publicó tres documentos: “Guía de evaluación del estado del Ecosistema de bofedal”, “Guía de evaluación del estado de Ecosistemas de yunga: Bosques basimontano y montano” y “Guía de evaluación del estado de Ecosistemas de bosque seco: Bosque estacionalmente seco de llanura, bosque estacionalmente seco de colina y montaña”;

asimismo, en el presente año la Dirección General de Ordenamiento Territorial y de la Gestión Integrada de los Recursos Naturales publicó la “Guía de Evaluación del Estado de los Ecosistemas de Bosques Relictos: Altoandino, Mesoandino y Montano de vertiente occidental”, las cuales tienen como objetivo describir y orientar el proceso de evaluación y estimación del estado de los ecosistemas a partir de un conjunto de indicadores evaluados en campo. Es así que, las cinco guías indicadas presentan la metodología para el cálculo de valor ecológico para ecosistemas altoandinos, yungas bosques secos y relictos; sin embargo, según el Mapa Nacional de Ecosistemas (MINAM, 2019) en el Perú se han identificado 36 tipos de ecosistemas, siendo uno de ellos los humedales costeros, para los cuales no se cuenta aún con una guía específica para el cálculo de su valor ecológico. Si bien, las guías antes mencionadas se pueden tomar como referencia para calcular el valor ecológico de otros ecosistemas, lo ideal es que el valor ecológico de cada tipo de ecosistema sea específico según sus propios factores bióticos y abióticos. Los humedales costeros son ecosistemas hidromórficos, es decir, presentan componentes tanto terrestres como acuáticos, tales características específicas los hacen diferentes del resto de ecosistemas.

Este vacío de información constituye un problema debido a que se desconocen los insumos (atributos e indicadores ecológicos idóneos) para calcular el valor ecológico de los humedales costeros, impidiendo utilizar adecuadamente esta herramienta para evaluar la eficiencia de la gestión ambiental de los mismos, lo cual incluye a la aplicación de la compensación ambiental. Asimismo, de no realizarse una correcta gestión ambiental, los humedales costeros corren el riesgo de desaparecer al perder su biodiversidad, estructura, funcionalidad y por ende, dejan de proveer servicios ecosistémicos.

Por lo tanto, el presente trabajo de tesis pretende determinar los indicadores y atributos ecológicos representativos para los humedales costeros del Perú, tomando como muestra cuatro humedales de Lima y Callao, a fin de ser utilizados para estimar su estado de conservación a través del cálculo del valor ecológico.

1.2.1. Problema general

¿En qué medida la gestión ambiental afecta el estado de conservación de los humedales costeros de Lima y Callao? (Figura 1).

1.2.2. Problemas específicos

- ¿En qué medida los indicadores ecológicos de los humedales costeros afectan al índice de idoneidad?
- ¿En qué medida los humedales costeros de Lima y Callao afectan su valor ecológico?
- ¿En qué medida el nivel de gestión ambiental (local, regional y nacional) afecta el valor ecológico de los humedales costeros de Lima y Callao?

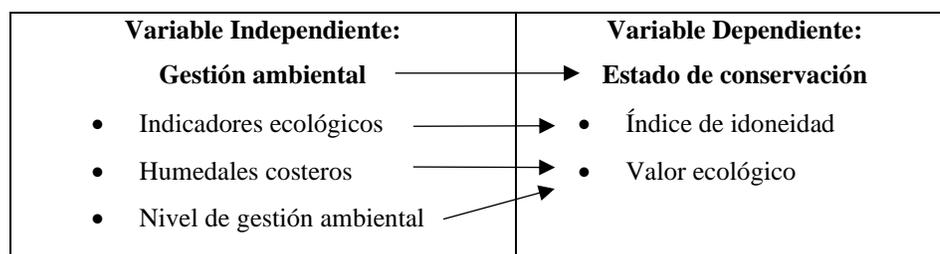


Figura 1. Relación entre variables

1.3. Importancia y justificación del estudio

La gestión ambiental en el Perú tiene como objetivo garantizar la calidad de vida de sus habitantes y las generaciones futuras a través del desarrollo sostenible, es decir, se busca el equilibrio entre las inversiones económicas y la conservación del patrimonio natural. Es en este contexto que el Ministerio del Ambiente, como ente rector del sector Ambiente, genera normas y estrategias que sirven de herramienta para lograr una eficiente gestión ambiental en nuestro país, para lo cual se requiere información relevante como lo son las investigaciones científicas y aplicadas. Es así que, existen aún temas pendientes por investigar, analizar y resolver, entre ellos se encuentran la evaluación del estado de conservación de los ecosistemas, lo cual se ha ido desarrollando en el MINAM a partir del año 2016.

Es por ello que el presente trabajo de tesis se suma a los esfuerzos por generar información técnica-científica relacionada al estado de conservación de los ecosistemas, que facilite y ayude a evidenciar la eficiencia de la gestión ambiental en nuestro país, específicamente en lo referente a la gestión ambiental de los humedales costeros. Es decir, la información generada servirá de referencia para futuras investigaciones sobre los humedales costeros del

país, asimismo, puede ser utilizada como insumo para elaborar planes de restauración y/o compensación ambiental, monitoreo biológico, estrategias y programas de conservación de humedales costeros, entre otros.

Importancia Científica y Teórica

El presente trabajo de tesis se enmarca en la línea de investigación de la gestión ambiental y de la conservación de los ecosistemas, específicamente de los humedales costeros, cuya importancia es reconocida a nivel nacional e internacional por los bienes y servicios que provee al ser humano. Por lo tanto, se basa principalmente en la teoría del desarrollo sostenible, el cual consiste en el equilibrio de las ciencias ambientales, económicas y sociales, cuya finalidad es aprovechar los recursos naturales de tal manera que puedan satisfacer las necesidades actuales y las necesidades de las futuras generaciones. El 2015, la Asamblea General de las Naciones Unidas aprobó la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, la cual planteó 17 Objetivos con 169 metas de carácter integrado e indivisible que abarcan las esferas económica, social y ambiental (Naciones Unidas, 2015). El presente trabajo de tesis se enmarca en los Objetivos de Desarrollo Sostenible: N° 13 Acción por el Clima y N° 15 Vida de Ecosistemas Terrestres.

Importancia Metodológica

Actualmente, el Perú cuenta con una metodología para calcular el valor ecológico de los ecosistemas, publicada en la Guía General de Compensación Ambiental (aprobada mediante D.S. 066-2016-MINAM), la cual es aplicada en el presente trabajo de tesis adaptándola a humedales costeros. A fin de obtener la información requerida para el cálculo del valor ecológico de los humedales costeros se realizó la revisión y análisis de información secundaria de cuatro humedales costeros de Lima y Callao, adicionalmente, se realizaron encuestas a expertos en el tema.

Importancia Empírica

Nivel nacional: En el Perú, el MINAM a través del Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales, es la institución encargada de generar las guías de evaluación de

ecosistemas, la cual ha publicado el 2019 los documentos correspondientes a bofedales, bosque basimontano, bosque montano, bosque estacionalmente seco de llanura, y bosque estacionalmente seco de colina y montaña, y el 2022 ha publicado la guía para los ecosistemas de bosques relictos: andino, mesoandino y montano de vertiente occidental. Dichas guías son herramientas para iniciativas de restauración y/o conservación, entre las cuales encontramos a los planes de compensación ambiental. Actualmente, la autoridad competente para evaluar y aprobar los planes de compensación ambiental de los proyectos de inversión a nivel nacional (estudios de impacto ambiental detallados) es el Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles (SENACE), el cual desde su creación (2015) ha aprobado diez planes de compensación ambiental para proyectos de minería, hidrocarburos, electricidad y transportes, de los cuales solo uno de ellos corresponde al ecosistema “humedal costero” ubicado en el área de ampliación del aeropuerto internacional Jorge Chávez. Dicho plan de compensación fue realizado en base a las guías publicadas por el MINAM hasta el año 2016 (lineamientos generales de compensación ambiental, guía general de compensación ambiental y guía de compensación ambiental para ecosistemas altoandinos), las cuales no presentaban indicadores específicos para humedales costeros, por lo que dichos indicadores fueron seleccionados por el juicio de expertos de las autoridades competentes, en coordinación con los especialistas de la consultora ambiental, encargados de la elaboración de dicho proyecto.

El presente trabajo de tesis pretende colaborar con información que pueda ser útil para elaborar la guía de evaluación del estado de conservación del ecosistema humedales costeros a nivel nacional, mediante la identificación de los atributos e indicadores adecuados y representativos para calcular el valor ecológico de dichos ecosistemas. De esta manera se contribuye a generar información que puede ser utilizada por instituciones públicas y privadas relacionadas a la gestión de humedales costeros.

Nivel internacional: Respecto a compensación ambiental en humedales, Estados Unidos cuenta con un programa impulsado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) el cual se basa en bancos de compensación para la mitigación de impactos sobre humedales. Asimismo, el estado de Florida aplica el método de UMAM (Uniform Mitigation Assessment Method) dirigido a la conservación de humedales que han sido impactados, el

cual caracteriza las funciones ecológicas de los humedales y realiza una comparación entre el estado previo y con posterioridad al impacto, y con medidas de compensación. Para determinar el valor de las funciones ecológicas del humedal, antes y después del impacto, se considera la conexión hídrica, la singularidad, la ubicación, la fauna, el tiempo y el riesgo asociado a su pérdida.

Importancia Ambiental

Los humedales representan ecosistemas estratégicos para la seguridad hídrica, la seguridad alimentaria y los medios de vida para las poblaciones locales, la gestión de riesgos de desastres, y soporte de la diversidad biológica en el ámbito nacional (MINAM; 2021). Asimismo, por su baja resiliencia e importancia como hábitat de flora y fauna (en especial aves migratorias), han sido considerados por la Ley General del Ambiente (Ley N°28611) como ecosistemas frágiles, 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.

Dentro del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), se cuenta con el mecanismo de compensación ambiental, el cual comprende las medidas generadoras de beneficios ambientales proporcionales a los daños ambientales causados por el desarrollo de los proyectos; siempre que no se puedan adoptar medidas de prevención, corrección, mitigación, recuperación y restauración eficaces. Por lo tanto, una forma de evitar la pérdida de los humedales costeros y los servicios ecosistémicos que proveen, es mediante su compensación ambiental. En la “Guía General para el Plan de Compensación Ambiental” (MINAM, 2016), se señala como primer paso de la metodología de cálculo del valor ecológico, la identificación de los atributos e indicadores del ecosistema que se desea compensar, sin embargo, a la fecha no se cuenta con un documento que identifique los indicadores específicos para calcular el valor ecológico de los humedales costeros del Perú. Cabe indicar que, los humedales costeros se ubican a lo largo del litoral costero, abarcando 57,285.04 ha lo cual equivale al 0.04% del territorio nacional (MINAM, 2019).

Es así que el presente trabajo de tesis tiene como objetivo generar información respecto a los indicadores ecológicos adecuados para calcular el estado de conservación de los humedales costeros de Lima y Callao, a través de su valor ecológico, contribuyendo así a la conservación de estos ecosistemas frágiles. Asimismo, la información generada servirá de referencia para futuras investigaciones sobre los humedales costeros, así como para la elaboración de planes de rehabilitación, restauración y/o compensación ambiental, monitoreo biológico, planes de manejo, estrategias y programas de conservación de humedales costeros, entre otros.

1.4. Delimitación del estudio

Temporal

Longitudinal: Rango de fechas de publicación de información secundaria: 2007 a 2022.

Espacial

Se basa en información de cuatro humedales costeros de Lima y Callao:

- a) Refugio de Vida Silvestre Pantanos de Villa: Área Natural Protegida por el Estado (administración nacional)
- b) Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla: Área de Conservación gestionada por el Gobierno Regional del Callao (administración regional)
- c) Área de Conservación Ambiental Humedal de Santa Rosa: Área de Conservación gestionada por la Municipalidad Provincial de Huaral (administración local)
- d) Humedales de Puerto Viejo: Humedal reconocido por el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR) como ecosistema frágil.

El mapa de humedales costeros indicados líneas arriba se visualiza en la Figura 2.



Figura 2. Mapa de los cuatro humedales costeros evaluados. VEN: Humedales de Ventanilla; SR: Humedales de Santa Rosa; PAN: Pantanos de Villa; PV: Puerto Viejo.

Fuente: Atlas de humedales costeros

<https://www.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=0226c3b244694ca9a1affbe0a97d1df0&marker=-77.26759742346697%2C11.59503422763703%2C%2C%2C%2C&markertemplate=%7B%22title%22%3A28%2C%22longitude%22%3A77.26759742346697%2C%22latitude%22%3A11.59503422763703%2C%22isIncludeShareUrl%22%3Atrue%7D&level=13>

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Analizar el efecto que tiene la gestión ambiental sobre el estado de conservación de los humedales costeros de Lima y Callao.

1.5.2. Objetivos específicos

- Analizar el efecto de los indicadores ecológicos sobre su índice de idoneidad, para determinar aquellos indicadores representativos de humedales costeros.
- Analizar la influencia de los humedales costeros de Lima y Callao sobre su valor ecológico, usando los indicadores ecológicos idóneos.
- Determinar la relación entre el nivel de gestión ambiental (local, regional y nacional) y el valor ecológico de los humedales costeros de Lima y Callao.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Marco histórico

El origen del concepto de desarrollo sostenible surgió luego de la Segunda Guerra Mundial, al empezar a tomar importancia sobre los recursos naturales del planeta, relacionándose la paz mundial con el crecimiento económico (Bermejo, 2014). En 1972 se llevó a cabo la Conferencia sobre el Medio Ambiente Humano en Estocolmo, a partir de la cual el mundo se planteó la necesidad de generar conciencia global acerca del deterioro ambiental (Villarraga, 2017), veinte años después, en 1992 se llevó a cabo la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (Cumbre de la Tierra) en Río de Janeiro, siendo el primer acuerdo global para abordar todos los aspectos de la diversidad biológica (genes, especies y ecosistemas), y el primero en reconocer que la conservación de la diversidad biológica es "una preocupación común de la humanidad" y una parte integral del proceso de desarrollo. Asimismo, durante dicha conferencia se firmó el Convenio de Diversidad Biológica, el cual entró en vigor el 29 diciembre 1993. Cabe indicar que, ese mismo año se promulgó la Constitución Política del Perú, señalando en el Art. 67° que el Estado promueve el uso sostenible de sus recursos naturales.

Respecto a la gestión ambiental de humedales, en 1971 se firmó la Convención sobre los humedales de Ramsar, siendo el primer tratado medioambiental a nivel internacional que se ocupa de un ecosistema específico, la cual fue aprobada en Perú el año 1991. Aponte (2017), señala que el interés por la conservación de los humedales en la costa de Lima y en el Perú se remonta a la época de las culturas Pre-incas. Asimismo, Carlotto et al., (2010) han evidenciado la gestión de los humedales en la época incaica en donde la estructura hidráulica (obras de captación, diques, canales de derivación) era empleada por los incas para manejar

el recurso hídrico de tres qochas que conforman el humedal de Wayllarcocha en Cuzco (dentro del Parque Arqueológico Sacsaywaman), el cual hasta el año 2010 se encontraba en proceso de restauración. Es importante mencionar que, en 1996 se aprobó la Estrategia Nacional para la Conservación de Humedales en el Perú, cuyo objetivo principal se orienta a la conservación de estos ecosistemas, estableciéndose políticas de uso sostenible y protección, promoción de investigaciones y difusión de la importancia y beneficios de los humedales. Dicha estrategia ha sido actualizada el año 2015 por el Ministerio del Ambiente, con el nombre de Estrategia Nacional de Humedales, aprobada mediante Resolución Ministerial N° 004-2015-MINAM. La norma más reciente relativa a humedales son las “Disposiciones generales para la gestión multisectorial y descentralizada de los humedales” aprobada mediante D.S. N° 006-2021-MINAM. Asimismo, cabe indicar que, la protección de los humedales es considerada dentro de la Ley General del Ambiente (Ley N° 28611) y los reglamentos de protección ambiental de los diferentes sectores.

Sustento Legal

Mediante Resolución Legislativa N° 25353, se aprobó el Convenio Relativo a Humedales de Importancia Internacional, especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas, suscrito por el Perú en 1986, así como su Protocolo Modificatorio, adoptado en París en 1982, los cuales constituyen el marco para la acción nacional y la cooperación internacional en pro de la conservación y el uso racional de los humedales y sus recursos (R.M. 219-2020-MINAM). En 1997 se aprobó en el Perú la Ley sobre la conservación y aprovechamiento sostenible de la diversidad biológica (Ley N° 26839), la cual señala la importancia de la conservación y manejo sostenible de los ecosistemas, en particular de los bosques, las tierras frágiles, tierras áridas y semiáridas y los humedales. En enero del año 2005 se aprobó el reglamento de la Ley N° 28245, Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental, mediante Decreto Supremo N° 008-2005-PCM y en octubre del mismo año se publicó la Ley General del Ambiente (Ley N° 28611), en cuyo Título 3, Capítulo 2 “Conservación de la Diversidad Biológica”, Artículo 99 se reconoce a los humedales como ecosistemas frágiles, así como su importancia como hábitat de especies de flora y fauna, en particular de aves migratorias, priorizando su conservación.

El presente trabajo de tesis se enmarca en el “principio de prevención” de la Ley General del Ambiente, Ley N° 28611, señalado en el Título Preliminar “Derechos y Principios”: *“Artículo VI.- Del principio de prevención. La gestión ambiental tiene como objetivos prioritarios prevenir, vigilar y evitar la degradación ambiental. Cuando no sea posible eliminar las causas que la generan, se adoptan las medidas de mitigación, recuperación, restauración o eventual compensación, que correspondan”* (p. 2). El Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, aprobado mediante Decreto Supremo 009-2009-MINAM, indica en el ítem 6 del Anexo IV, que de ser aplicable y en concordancia con lo establecido en la Ley General del Ambiente, el “Plan de compensación” se incluye dentro de la “Estrategia de Manejo Ambiental”.

Mediante Decreto Supremo N° 006-2021-MINAM se aprobó las Disposiciones generales para la gestión multisectorial y descentralizada de los humedales, en cuyo Artículo 7 se reconoce la importancia de todos los humedales como ecosistemas frágiles y hábitat de especies de flora y fauna, en particular de aves migratorias. En el Artículo 9 “Gestión multisectorial de humedales” se menciona lo siguiente: *“La gestión de los humedales es multisectorial bajo un enfoque descentralizado, subsidiario y participativo. Asimismo, se realiza bajo un enfoque ecosistémico, el cual complementa la gestión integrada del agua y del territorio, inclusivo e informado con base en la ciencia, con la finalidad de identificar y potenciar oportunidades de manejo sostenible de sus recursos, así como priorizar acciones para prevenir, minimizar los impactos negativos en los humedales y proteger, recuperar, rehabilitar y/o compensar estos ecosistemas”*.

2.2. Investigaciones relacionadas con el tema

Investigaciones nacionales

- **Aponte, H y Cano, A (2013)**, recopilaron fuentes bibliográficas y colectas actuales con la finalidad de elaborar un compendio de la flora que albergan seis humedales de la costa del departamento de Lima: humedales de Puerto Viejo, Pantanos de Villa, humedales de Ventanilla, humedales de Santa Rosa, la laguna El Paraíso y las albuferas de Medio Mundo.

Compararon los principales cambios en la composición florísticas de Pantanos de Villa, laguna El Paraíso y albuferas de Medio Mundo, en los últimos 10 años.

Se basaron en información secundaria, publicaciones y colectas realizadas en los seis humedales, elaborando luego un listado de 123 especies de plantas vasculares para los seis humedales.

Encontraron que Pantanos de Villa presenta la mayor riqueza de los seis humedales evaluados, con 71 especies reportadas. En cuanto al hábito, las hierbas son predominantes con 79 especies reportadas para los seis humedales. Los humedales de Santa Rosa presentan la mayor cantidad de especies invasoras reportadas. Concluyeron que los ecosistemas estudiados son un foco importante de diversidad florística en el desierto costero de Lima, sin embargo, el alto porcentaje de plantas invasoras (52% del total) y la pérdida de especies nativas en las localidades estudiadas históricamente, reflejan la perturbación que existe en estos ambientes. Estas amenazas deben considerarse en los planes de gestión que se ejecuten en estos ecosistemas.

- **Pulido, V y Bermúdez, L (2018)**, evaluaron el estado de la conservación de los hábitats de los Pantanos de Villa y los cambios que han sufrido en los últimos años tanto por factores físicos como antropogénicos, así como el mantenimiento de las condiciones naturales debido a las medidas de conservación adoptadas por el Estado.

Utilizaron fotografías aéreas de los vuelos efectuados por el Servicio Aerofotográfico Nacional entre los años 1943 y 2000 (escala 1:30 000), ampliaron las fotos y las sobrepusieron sobre un plano base del distrito de Chorrillos, lo cual fue corregido en posteriores salidas a campo. Mediante este método de fotointerpretación realizaron un análisis histórico comparativo de la variación y reducción del área total de los Pantanos de Villa.

Como resultados identificaron ocho tipos de hábitats: laguna con espejo de agua, totoral, zona arbustiva, vega de ciperáceas, gramadales, canales y depresiones, litoral marino y

parques y jardines. En este estudio se evidencia que la pérdida y el deterioro de hábitats en los Pantanos de Villa está asociado al manejo inadecuado del recurso hídrico y a las presiones antropogénicas.

- **Alvitez et al. (2012)**, plantearon como objetivo establecer la calidad ecológica de tres humedales de la provincia de Trujillo (Tres Palos, Huanchaco y Salaverry), en base a la evaluación de la flora acuática, determinando las especies de plantas vasculares y no vasculares presentes.

Las tomas de muestras para el análisis de la flora microscópica (fitoplancton, fitobentos) y plantas superiores (macrofitos) se realizaron en base a la metodología propuesta por el Ministerio de Medio Ambiente de España. Los parámetros físico-químicos considerados fueron la temperatura del agua y pH.

Dentro de sus resultados registraron 97 especies de plantas entre vasculares y no vasculares, Huanchaco presentó la más alta riqueza en cuanto a la flora no vascular, con preponderancia de Bacillariophyceae, Chlorophyceae y Cyanophyceae. Tres Palos presentó la mayor cantidad de especies de flora vascular, mientras que el humedal de Salaverry fue el de menor riqueza y en peligro de desaparecer debido a que no cuenta con planes de protección.

- **Ramírez, D y Aponte, H (2018)**, se plantearon encontrar la razón por la cual los Humedales de Puerto Viejo perdieron su protección legal. Analizaron y discutieron los criterios técnicos de desafectación (representatividad, eficiencia, consistencia, conectividad, equilibrio, complementariedad y coherencia externa) que fueron aplicados a los Humedales de Puerto Viejo, los mismos que fueron desafectados de la categoría transitoria Zona Reservada, mediante Resolución Ministerial N° 95-2017-MINAM, aplicando criterios que se sustentaron en la Evaluación Biológica Rápida (Informe N° 1-2016) realizada en el área de estudio.

Los autores encontraron que el informe de desafectación incluye solo parte de la información de la evaluación biológica rápida, obviando otros datos importantes como especies

endémicas y amenazadas. Asimismo, concluyen que dicho informe emplea de forma equivocada conceptos como ecosistemas, hábitat y fragmentación “parches” en los humedales de Puerto Viejo, y consideran necesaria la intervención de los actores involucrados en la conservación de este ecosistema (gobiernos regionales, municipales, asociaciones civiles, instituciones públicas especializadas como SERNANP y la comunidad científica) a fin de salvaguardarlo, tomando medidas concretas y rápidas para mejorar la situación legal y ambiental de este humedal.

- **Calvo, V (2016)**, planteó los siguientes objetivos: i) Desarrollar un marco conceptual y metodológico para estimar el estado de salud de bofedales, en base a atributos e indicadores de la estructura y función del ecosistema, ii) Diseñar un sistema de calificación de los estados de salud, basados en opinión experta y análisis multicriterio y iii) Validar el sistema de calificación utilizando ecosistemas de referencia.

La autora desarrolló un esquema para evaluar el estado de salud de los bofedales basado en tres atributos: integridad biótica, función hidrológica y estabilidad del sistema, cada uno con sus respectivos indicadores. Consideró tres estados de salud: saludable, saludable con problemas de manejo y no saludable, así como un esquema basado en el valor de los indicadores de vegetación, suelo y agua. El modelo fue validado en campo, y se compararon diferentes metodologías incluyendo las del trabajo de investigación.

Concluyó que su metodología fue la adecuada, ya que refleja el estado de la estructura y el nivel en que se encuentran las funciones ecológicas básicas como productividad, ciclo hidrológico, biodiversidad y estabilidad del sistema ecológico.

Investigaciones internacionales

- **Murcia et al. (2017)**, analizaron la práctica de la restauración ecológica en el contexto de las compensaciones por pérdida de biodiversidad en Colombia.

Recurrieron a información secundaria como la legislación actual colombiana, las licencias que otorga la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, los planes de compensación

por pérdida de biodiversidad y entrevistas a colaboradores de instituciones de gobierno y privadas que participan en el proceso.

El informe concluye con recomendaciones para (i) fortalecer el marco jurídico y la infraestructura institucional de las compensaciones por pérdida de biodiversidad, (ii) crear las herramientas para diseñar, ejecutar y monitorear los proyectos de restauración en el contexto de las compensaciones, (iii) generar la información necesaria para mejorar los diseños de los planes de compensación y fortalecer a las instituciones para aumentar su efectividad en la evaluación y seguimiento de dichos planes.

- **López, D y Quintero, J (2015)**, plantearon como objetivo explorar posibles alternativas de compensación para proyectos de infraestructura en Colombia.

Realizaron revisión de literatura de los principales mecanismos de compensación y marcos regulatorios alrededor del mundo y de siete experiencias de compensación en proyectos de infraestructura en Latinoamérica.

Los autores proponen que las acciones de restauración podrían ser implementadas como parte de un paquete de compensación junto con otras estrategias, de tal forma que aumenten las posibilidades de lograr el balance neto de compensación, siguiendo los lineamientos establecidos por el Plan Nacional de Restauración y mediante el apoyo de proyectos piloto de restauración en áreas prioritarias definidas por las autoridades ambientales y los entes territoriales. Finalmente, indican que una alternativa de compensación para facilitar el ordenamiento territorial, podría ser el pago compensatorio a un fondo establecido por las autoridades, que tenga proyectos de conservación regionales y/o locales priorizados dentro de procesos de planificación territorial.

- **BBOP (2009)**, analizaron el caso de la Isla Bainbridge (Washington, Estados Unidos), el cual tuvo como objetivo compensar los impactos permanentes (deforestación de 3.24 ha) ocasionados por la construcción de una carretera, y una zona residencial en un área con

presencia de bosque secundario maduro, vegetación ribereña y un humedal, el cual ya había sido reforestado y ocupaba un área de 0.4 ha.

Se aplicó la metodología de compensación ambiental denominada “hábitat hectáreas”, basada en el cálculo de la cantidad de hectáreas perdidas de determinado hábitat, seleccionando los atributos ecológicos: estructura de la vegetación, hidroperiodo, riqueza de especies de plantas, características especiales del hábitat y corredores/conectores. Dicha metodología incluye la selección de especies clave (amenazadas y de valor socioeconómico), así como hábitats de importancia y de un ecosistema de referencia (humedales de Manzanita Park).

Como resultados se halló la cantidad de hectáreas que deben compensar para cada tipo de hábitat y se calculó el valor ecológico del humedal a compensar.

- **Rodríguez (2017)**, formuló una propuesta de plan de rehabilitación, manejo y conservación de los humedales de la microcuenca alta de la quebrada Estero (Alajuela, Costa Rica), para el restablecimiento de los servicios ecosistémicos de conservación de biodiversidad, mitigación de inundaciones, recreación, educación ambiental e investigación científica.

Realizó una evaluación del estado actual de los humedales, la cual incluyó: estudio de la calidad físicoquímica y microbiológica del agua, estado conservación de las comunidades de aves y plantas acuáticas como bioindicadoras, y la identificación de los servicios ecosistémicos que brindan, así como de las amenazas e impactos que tienen las actividades humanas en ellos.

Dentro de sus resultados determinó que los humedales están siendo degradados debido a los rápidos procesos de urbanización en su microcuenca alta, los cuales han provocado contaminación del agua principalmente por fuentes domésticas, proliferación de especies invasoras, pérdida de hábitat para especies acuáticas, rellenos en algunas zonas del pantano, invasión de las zonas de protección, eutrofización y colmatación de los embalses y

disminución de su capacidad para mitigar inundaciones en la ciudad de San Ramón. Fue así que elaboró un plan de rehabilitación ecológica enfocado en solucionar los problemas detectados y la recuperación de servicios ecosistémicos, el cual consta de seis programas: régimen hidrológico e hidroperíodo, calidad del agua, suelo y sedimentos, especies invasoras, exóticas y depredadores domésticos, y flora y fauna nativas.

- **Novoa, D y Sánchez, L (2016)**, estimaron en su estudio el factor total de compensación por pérdida de biodiversidad en ecosistemas acuáticos someros colombianos, asociados a planos inundables y con alto grado de intervención, incorporando tres componentes como factores individuales de compensación basados en un estudio de caso del complejo de humedales El Coco (Puerto Salgar-Colombia).

Dentro de su metodología explican cuatro pasos: (i) Estimación del factor de compensación mediante la metodología del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), (ii) definición de factores individuales de compensación adicionales, (iii) estimación del factor de compensación usando los factores individuales y (iv) comparación del factor de compensación.

Al estimar el factor total de compensación por pérdida de biodiversidad en el complejo de humedales El Coco a partir de la aplicación de la metodología establecida por el MADS (2012), encontraron que este valor es 1 para coberturas correspondientes a ecosistemas acuáticos; sin embargo, al estimar el factor de compensación (FC) incorporando los factores individuales de compensación (propuestos en el estudio): biodiversidad de herpetofauna, almacenamiento de carbono y flujo de gases efecto invernadero, el FC se incrementó a 9,25. Los resultados de este trabajo demuestran que ecosistemas acuáticos someros altamente alterados mantienen importantes funciones ecosistémicas, que deben ser cuantificadas e incorporadas en las metodologías para compensación por pérdida de biodiversidad.

2.3. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio

Las variables del presente trabajo de tesis se basan en las teorías sobre la gestión ambiental, la jerarquía de la mitigación, la conservación de la diversidad biológica, así como las teorías sobre el funcionamiento, estructura y biodiversidad de los ecosistemas.

2.3.1. Variable independiente: Teoría sobre Gestión Ambiental

El concepto de gestión ambiental se presenta en el Reglamento de la Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental (D.S. N° 008-2005-PCM), como sigue:

Artículo 7°.- De la gestión ambiental.- La gestión ambiental es un proceso permanente y continuo, orientado a administrar los intereses, expectativas y recursos relacionados con los objetivos de la Política Nacional Ambiental y alcanzar así, una mejor calidad de vida para la población, el desarrollo de las actividades económicas, el mejoramiento del ambiente urbano y rural, así como la conservación del patrimonio natural del país, entre otros objetivos (p. 7).

Como se puede observar, la gestión ambiental tiene como objetivo alcanzar el desarrollo sostenible, es decir, encontrar el equilibrio entre los aspectos económico, ambiental y social; siendo éste un gran reto para el Estado (a nivel nacional, regional y local) el cual administra los recursos naturales renovables y no renovables.

Asimismo, el presente trabajo de tesis se enmarca en el “principio de prevención” de la Ley General del Ambiente: *“Artículo VI.- Del principio de prevención. La gestión ambiental tiene como objetivos prioritarios prevenir, vigilar y evitar la degradación ambiental. Cuando no sea posible eliminar las causas que la generan, se adoptan las medidas de mitigación, recuperación, restauración o eventual compensación, que correspondan”* (p. 2).

En esta cita, la Ley General del Ambiente complementa el Reglamento de la Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental, al indicar como objetivos de la gestión ambiental las acciones de prevención, minimización, rehabilitación y eventual compensación de los impactos ambientales, a fin de salvaguardar la conservación del ambiente frente a los impactos negativos que ocasionan las actividades antrópicas.

2.3.1.1. Teoría sobre Indicadores ecológicos

El alcance de indicadores ecológicos en el presente trabajo de tesis se enmarca en la gestión de los humedales costeros. Según Therburg et al. (2005), “*se entiende por indicador ambiental a una variable o suma de variables que proporciona una información sintética sobre un fenómeno ambiental complejo que permite conocer y evaluar el estado y variación de la calidad ambiental*” (p. 1).

Por lo tanto, considerando que un humedal costero constituye un sistema natural complejo, el estado del mismo puede ser explicado por una o más variables medibles. Cabe indicar que, una característica importante de un indicador es su simplicidad, es decir, estimar de una manera simple el estado de un sistema complejo.

Ortegón et al. (2005) señalan como indicador “*La especificación cuantitativa y cualitativa para medir el logro de un objetivo, aceptada colectivamente por los involucrados en el proyecto como adecuada para lograr el objetivo correspondiente*” (p. 29).

Los autores recalcan la importancia de la validación de diversos actores concedores del objeto de estudio, en este caso un humedal costero, ya que ellos poseen experiencia y conocimiento sobre este tipo de ecosistema, por lo que sus aportes son relevantes para lograr los objetivos propuestos en determinado estudio.

2.3.1.2. Teoría sobre Humedales costeros

Los humedales costeros constituyen un tipo de ecosistema de la región Costa, el MINAM (2019) los denomina como:

Extensiones o superficies cubiertas o saturadas de agua, bajo un régimen hídrico natural o artificial, permanente o temporal, dulce, salobre o salado, y que albergan comunidades biológicas características y se hallan a lo largo del litoral costero y marítimo. Se consideran humedales costeros los manglares, lagunas, estuarios, albuferas, deltas, oasis, pantanos (Estrategia Nacional de Humedales, DS N.º 004-2015-MINAM, enero 2015). Para el caso del presente documento, el ecosistema manglar, por ser muy singular y emblemático, se ha incluido en la leyenda del Mapa Nacional de Ecosistemas de manera separada. (p. 89).

Es así que los humedales costeros constituyen un tipo de humedales con características bióticas y abióticas propias, ubicados en las costas del Perú lo cual los convierte en corredores biológicos de aves migratorias australes, boreales y locales, considerándose zonas importantes para la conservación de dichas especies a nivel nacional e internacional.

Respecto a la funcionalidad de los humedales, Cervantes (2007), señala que *“cuando nos referimos a las funciones de un humedal, hablamos de los procesos ecológicos naturales y de su importancia en el balance dinámico, biogeoquímico, de la cuenca o de la zona geográfica donde se encuentran”* (p. 51).

Es importante resaltar que, la funcionalidad de los ecosistemas es la base para generar servicios ecosistémicos, resaltando para humedales costeros la captura de carbono mediante la fotosíntesis, así como el flujo de materia y energía entre la vegetación y el medio acuático, el cual produce un efecto filtrador depurando el agua.

2.3.1.3. Teoría sobre Nivel de gestión ambiental

El Congreso de la República (2005) señala lo siguiente:

14.2 El Sistema Nacional de Gestión Ambiental se constituye sobre la base de las instituciones estatales, órganos y oficinas de los distintos ministerios, organismos públicos descentralizados e instituciones públicas a nivel nacional, regional y local que ejercen competencias y funciones sobre el ambiente y los recursos naturales; así como por los Sistemas Regionales y Locales de Gestión Ambiental, contando con la participación del sector privado y la sociedad civil. (p.7).

De acuerdo a lo señalado, la gestión de los ecosistemas, por ser materia ambiental, se enmarca en el Sistema Nacional de Gestión Ambiental (SNGA), el cual está conformado por los tres niveles de sistemas públicos: nacional, regional y local. A nivel nacional el SNGA actualmente se encuentra conformado por el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINANPE), el Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), el Sistema de Evaluación y Fiscalización Ambiental (SINEFA), el Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos (SNGRH) y el Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA). Mediante Decreto Legislativo 1013 (2008), se creó el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP), el cual reemplazó al Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA), en la competencia de dirigir y establecer los criterios técnicos y

administrativos para la conservación de las Áreas Naturales Protegidas, las cuales se dividen en tres niveles: Áreas de Administración Nacional, Áreas de Administración Regional y Áreas de Conservación Privada.

Por otro lado, la Ley Forestal y de Fauna Silvestre (Ley 29763), en su artículo 107 indica lo siguiente respecto al Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre:

El SERFOR, en coordinación con las autoridades regionales forestales y de fauna silvestre, aprueba la lista de ecosistemas frágiles en concordancia con la Ley 28611, Ley General del Ambiente, con base en estudios técnicos e información científica disponible, en el ámbito de su competencia (p.55).

Por lo tanto, de la bibliografía revisada se puede decir que existen tres (03) niveles de gestión ambiental (nacional, regional y local) los cuales serán evaluados en el presente trabajo de tesis. La administración nacional se da a través del Ministerio del Ambiente (MINAM) y del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI); la administración regional, a través de los Gobiernos Regionales y la administración local, a través de las Municipalidades.

2.3.2. Variable dependiente: Teoría sobre Estado de conservación

El MINAM (2016), señala lo siguiente:

El estado de conservación refleja la condición del ecosistema en términos de procesos y funciones ecológicas y es medido a través de una escala de valores de sus atributos e indicadores, que expresan la capacidad del ecosistema para cumplir funciones ecológicas claves, tales como: flujo de energía, ciclo de nutrientes, ciclo hidrológico, así como su capacidad para recuperarse de alteraciones causadas por factores perturbadores. (p.15).

Es así que, el estado de conservación de un ecosistema depende de su propia integridad, la cual es medida a través de sus atributos e indicadores, los cuales deben ser seleccionados adecuadamente mediante un índice de idoneidad, y de esta manera ser incluidos en el cálculo del valor ecológico del ecosistema evaluado, en este caso los humedales costeros.

2.3.2.1 Teoría sobre Índice de Idoneidad

Queirós et al. (2016) han seleccionado ocho (08) criterios para elegir indicadores ambientales marinos: base científica (IQ1); relevancia ecosistémica (IQ2); respuesta a la presión (IQ3); probabilidad de establecer objetivos con la respuesta del indicador (IQ4); capacidad de precaución o anticipación (IQ5); calidad del método muestreo (IQ6); costo y eficiencia de la implementación (IQ7); y que formen parte de un monitoreo que se esté realizando o datos que se estén recopilando actualmente (IQ8).

Tabla 1. Metodología de selección de indicadores según Queirós et al. (2016)

| Aim: Objective, Transparent and Repeatable Assessment of Quality of Candidate Indicators | CANDIDATE INDICATORS ↓ |
|--|---|
| INDICATOR QUALITY CRITERIA (IQ) | EVALUATION STEPS (ES) |
| IQ1. Scientific basis | ES1 – ES5 |
| IQ2. Ecosystem relevance | ES1 – ES5 |
| IQ3. Responsiveness to pressure | ES1 – ES5 |
| IQ4. Possibility to set targets within the indicator response | ES1 – ES5 |
| IQ5. Precautionary capacity/early warning/anticipatory capability | ES1 – ES5 |
| IQ6. Quality of sampling method: measurable, accurate and precise outputs | ES1 – ES5 |
| IQ7. Cost-effective implementation | ES1 – ES5 |
| IQ8. Part of an existing or current ongoing monitoring or data | ES1 – ES5 |
| ES6. Sum of quality scores across IQs, per indicator | $\sum_{i=1}^8 IQ_i$ (ES5) |
| Comparison of ES6 Scores For Candidate Indicators | SELECTION OF HIGHEST SCORING INDICATOR ↓ |

Fuente: An Objective Framework to Test the Quality of Candidate Indicators of Good Environmental Status (Queirós et al., 2016)

Pasos de evaluación: ES1: Establece la hipótesis nula asociada con el IQ
 ES2: Define qué tipo de evaluación debe ser empleada para probar la hipótesis
 ES3: Establece el tipo de evidencia requerida para realizar la evaluación
 ES4: Establece la metodología
 ES5: Establece el puntaje cualitativo para el resultado de ES4

Asimismo, los autores han propuesto una metodología de selección de indicadores denominada “The IQ-ES Framework”, en donde “IQ” se refiere a los criterios de calidad de los indicadores y “ES” significa pasos de evaluación. La metodología consiste en proponer indicadores y someterlos a una serie de criterios tal como se observa en la Tabla 1. Finalmente, el resultado de la evaluación de los indicadores es 1 (cuando el paso ES4 es exitoso) y 0 (cuando el paso ES4 no es exitoso).

Como puede observarse, esta metodología es útil y práctica para hallar la idoneidad de los indicadores ambientales, es decir, seleccionar qué indicadores son adecuados para los fines de una investigación, por ese motivo se ha considerado adoptar dicha metodología para los fines del presente trabajo de tesis.

Por otro lado, Ortegón et al. (2005) basándose en los criterios de la Oficina de Evaluación del Programa de Desarrollo de Naciones Unidas (UNDP) señalan seis (06) características que debe cumplir un “indicador inteligente”: específico, medible, realizable, pertinente, debe estar enmarcado en el tiempo, y ser independiente. Una vez se tenga la lista de indicadores, el siguiente paso es asignar un valor de 1 a cada uno de los seis criterios anteriores. Así, un indicador que cumpla todos los criterios alcanzaría 6 puntos en esta escala de calificación. Finalmente, se seleccionan los indicadores que se incluirán en la matriz de Marco Lógico, aquellos con mayores puntajes. Los autores señalan que la evaluación de muchos indicadores puede ser contraproducente, además de costosa y exigente en términos de recolección de la información y análisis de resultados, es así que recomiendan incluir el menor número posible de indicadores.

Los trabajos señalados demuestran la importancia de elegir adecuadamente indicadores ambientales, considerando ciertos criterios como: precisión, simplicidad, costo, relevancia, confiabilidad, sensibilidad, relacionado con la meta, predictibilidad y disponibilidad de la información. Asimismo, presentan metodologías para la selección de indicadores ambientales, las cuales incluyen entrevistas a expertos a fin de validar la información recopilada. Respecto al número de indicadores, los autores concuerdan en que lo ideal es seleccionar el menor número de indicadores que sean representativos.

2.3.2.2 Teoría sobre Valor ecológico

La “Guía Complementaria para la Compensación Ambiental: Ecosistemas Altoandinos” (MINAM, 2016) señala que el valor ecológico “*Es el resultado o valor que representa el estado de conservación de un ecosistema*” (p.15).

En ese sentido, se puede decir que el valor ecológico es un número, un valor que representa el estado de conservación de un determinado ecosistema. La variable “valor ecológico” está enmarcada en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, el cual incluye el mecanismo de compensación ambiental como última instancia, dentro de la estrategia de manejo ambiental, para prevenir la pérdida de biodiversidad y funcionalidad de los ecosistemas.

2.4. Definición de términos básicos

2.4.1 Variables independientes

2.4.1.1. Indicadores ecológicos: Los indicadores son componentes observables de un ecosistema que pueden estar relacionados con uno o más atributos, son fáciles de evaluar y son usados para estimar el estado de cada atributo en referencia a aquel que se puede alcanzar con las mejores prácticas de manejo y conservación (Ludwing y col., 2004 *en* MINAM, 2014, p.7).

2.4.1.2. Humedales costeros: Extensiones o superficies cubiertas o saturadas de agua, bajo un régimen hídrico natural o artificial, permanente o temporal, dulce, salobre o salado, y que albergan comunidades biológicas características y se hallan a lo largo del litoral costero y marítimo (MINAM, 2019, p.89).

2.4.1.3. Nivel de gestión ambiental: El Sistema Nacional de Gestión Ambiental se constituye sobre la base de las instituciones estatales, órganos y oficinas de los distintos ministerios, organismos públicos descentralizados e instituciones públicas a nivel nacional, regional y local que ejercen competencias y funciones sobre el ambiente y los recursos naturales; así como por los Sistemas Regionales y Locales de Gestión Ambiental, contando con la participación del sector privado y la sociedad civil. (Congreso de la República, 2005, p.7).

2.4.2 Variables dependientes

2.4.2.1 Índice de idoneidad: Para efectos del presente trabajo de tesis, se considera índice de idoneidad a un valor que involucra los criterios de selección de adecuados indicadores ecológicos, según Queirós et al., 2016, se pueden utilizar indicadores que cumplan por lo menos con el 50% de los criterios de idoneidad; y Ortegón et al., 2005 indican que se seleccionan los indicadores con mayores puntajes.

2.4.2.2 Valor ecológico: Es el valor y/o ponderación que representa el estado de conservación de un ecosistema (MINAM, 2016, p. 3).

2.5. Fundamentos teóricos que sustentan a las hipótesis

El marco conceptual que sustenta la hipótesis se presenta en la Figura 3.

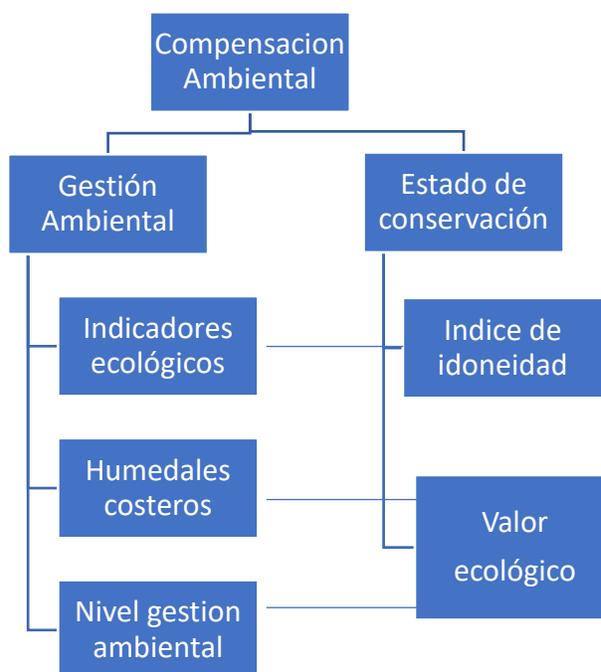


Figura 3. Marco conceptual que sustenta la hipótesis.

2.6. Hipótesis

2.6.1. Hipótesis general

La gestión ambiental de los humedales costeros de Lima y Callao, tiene un efecto positivo sobre el estado de conservación de los cuatro humedales evaluados.

2.6.2. Hipótesis específicas

- Los indicadores ecológicos, al cumplir suficientes criterios de selección, tienen influencia directa en el índice de idoneidad.
- Las características bióticas y abióticas de los humedales costeros de Lima y Callao tienen influencia directa sobre su valor ecológico.
- Existe una relación directa entre el nivel de gestión ambiental y el valor ecológico de los humedales costeros de Lima y Callao.

2.7. Variables

La matriz de operacionalización de variables se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2 Matriz de operacionalización de variables

| CUADRO DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES | | | | | | | |
|--|------------------------|---|--|--|----------------------------|---|---|
| Variables | Variables específicas | Definición conceptual | Definición operacional | Indicadores | Dimensión | Valores | Punto de referencia |
| Variable independiente: Gestión ambiental | Humedales costeros | Extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, dulces, salobres o saladas, cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros | - Información secundaria - Entrevistas a expertos en humedales costeros | -Refugio de Vida Silvestre Pantanos de Villa -Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla -Humedales de Santa Rosa-Chancay. -Humedales de Puerto Viejo | Cuantitativo y Cualitativo | Características bióticas y abióticas | Refugio de Vida Silvestre Pantanos de Villa |
| | Indicadores ecológicos | Cualquier medida que indique algo sobre la condición de un sistema | | <ol style="list-style-type: none"> 1. Riqueza de plantas nativas 2. Riqueza de plantas introducidas 3. Cobertura comunidades plantas nativas 4. Número comunidades plantas nativas 5. Cobertura comunidades plantas introducidas 6. Número comunidades plantas introducidas 7. Biomasa vegetal 8. Carbono orgánico almacenado en vegetación aérea 9. Carbono orgánico almacenado en el suelo 10. Riqueza de aves residentes 11. Riqueza de aves migratorias | | N° especies N° especies % N° % N° Kg/m2 TnC/ha TnC/m2 N° especies N° especies | Bibliografía sobre indicadores de humedales costeros a nivel nacional e internacional. Indicadores ecológicos de los Pantanos de Villa propuestos en el Plan de Compensación Ambiental de la Modificación del EIA del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez. Guía complementaria para la compensación ambiental: Ecosistemas Altoandinos (Resolución Ministerial N° 183-2016-MINAM) |

| | | | | | | | |
|---|----------------------------|--|------------------------|---|----------------------------|--|---|
| | | | | <ul style="list-style-type: none"> 12. Abundancia de aves residentes 13. Abundancia de aves migratorias 14. Área cuerpos de agua 15. Cantidad de cuerpos de agua 16. Calidad de agua 17. Riqueza invertebrados acuáticos 18. Abundancia de invertebrados acuáticos 19. Conectividad hidrológica del humedal | | <p>N° individuos</p> <p>N° individuos</p> <p>m2</p> <p>N°</p> <p>pH</p> <p>N° especies/géneros</p> <p>N° individuos</p> <p>Cualitativo</p> | |
| | Nivel de gestión ambiental | Se refiere al nivel de gestión de los ecosistemas | | <p>Nivel nacional (ANP)</p> <p>Nivel regional (ACR)</p> <p>Nivel local (ACM)</p> <p>Ecosistema frágil sectorial</p> | | <p>Características bióticas y abióticas</p> | <p>Refugio de Vida Silvestre Pantanos de Villa</p> |
| Variable dependiente: Estado de conservación | Indice de idoneidad | Porcentaje de criterios cumplidos para elegir indicadores ambientales adecuados | Información secundaria | <ul style="list-style-type: none"> 1. Precisión 2. Simplicidad 3. Bajo costo 4. Relevancia ecológica 5. Confiable 6. Sensibilidad a los cambios 7. Relacionado con el atributo 8. Disponibilidad de información | Cualitativo y cuantitativo | <p>Valores del 0 al 8</p> | <p>Indice de idoneidad = 80%</p> <p>Quiroga 2009</p> <p>Queiros et al. 2016</p> |
| | Valor ecológico | Es el valor y/o ponderación que representa el estado de conservación de un ecosistema. | | <p>Pobre</p> <p>Regular</p> <p>Bueno</p> <p>Muy bueno</p> | | <p>Valores del 0 al 10</p> | <p>Guía complementaria para la compensación ambiental: Ecosistemas Altoandinos (Resolución Ministerial N° 183-2016-MINAM)</p> |

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo, método y diseño de investigación

Tipo de investigación: Básico

Método de investigación: Explicativo

Diseño de Investigación: No experimental

3.2. Población y muestra

Población: Humedales costeros del Perú contemplados en el Mapa Nacional de Ecosistemas, aprobado mediante Resolución Ministerial N° 440-2018-MINAM.

Muestra: La muestra consistirá de cuatro (04) humedales costeros de Lima y Callao: Refugio de Vida Silvestre (RVS) 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 (sin protección). 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). Respecto a los humedales de Puerto Viejo, si bien son incluidos dentro del listado sectorial de ecosistemas frágiles cuya autoridad competente es el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR), su gestión no depende de la administración nacional, regional ó local. Asimismo, los cuatro humedales citados cuentan con bibliografía (publicaciones científicas, tesis, documentos de gestión) cuya información se considera pertinente para los fines del presente trabajo de tesis.

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para efectos del presente trabajo de tesis se recopiló tanto información primaria como secundaria.

Fuente secundaria: El instrumento recolección de datos consistió en la consulta a fuentes bibliográficas nacionales e internacionales, como publicaciones, 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: RVS Pantanos de Villa, ACR Humedales de Ventanilla, ACA Humedales de Santa Rosa y Humedales de Puerto Viejo. Asimismo, se consultaron los documentos normativos del MINAM relacionadas a gestión ambiental y compensación ambiental, así como la guía para evaluar el estado del ecosistema de bofedal. Cabe indicar que, se solicitó al SENACE el Plan de Compensación Ambiental de la Modificación del Estudio de Impacto Ambiental del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez (2018), el cual es la única referencia en compensación ambiental sobre humedales costeros en el Perú.

Fuente primaria: Para la fase de validación de los indicadores ecológicos y atributos propuestos, se realizaron entrevistas a expertos en humedales costeros mediante el método de “evaluación individual”, entre investigadores, docentes y actores principales de los cuatro humedales mencionados anteriormente. El juicio de expertos es un método de validación útil para verificar la fiabilidad de una investigación y constituye una opinión informada de expertos con trayectoria en el tema y capaces de proporcionar información, evidencia, juicios y valoraciones. En este contexto, la entrevista cobra vital importancia como instrumento de la investigación cualitativa para la confirmación de los resultados producto de la investigación previa (Robles y Rojas, 2015).

Tipo de muestreo: Se usó un muestro no probabilístico, pues se utilizaron datos disponibles de cuatro humedales costeros seleccionados por la tesista.

A continuación, se presenta el desarrollo de las variables independientes y dependientes:

3.3.1. Variables Independientes

- Humedales costeros: Los humedales costeros seleccionados son cuatro, tres ubicados en el departamento de Lima: RVS Pantanos de Villa (provincia Lima), ACA Humedales de Santa Rosa (provincia Huaral) y Humedales de Puerto Viejo (provincia Cañete); y uno ubicado en la provincia constitucional del Callao: ACR Humedales de Ventanilla.
- Indicadores ecológicos: Tomando como referencia información secundaria sobre indicadores ecológicos de humedales costeros a nivel nacional e internacional, se elaboró la Tabla 3, en la cual se muestran los indicadores identificados en siete publicaciones.

Del análisis la Tabla 3 se han seleccionado 18 indicadores ecológicos (ver Tabla 4), en base a su similitud y mencionados por la mayoría de publicaciones. Cabe indicar que, esta lista de indicadores es preliminar y se espera que se reduzca, ya que será evaluada mediante los criterios de selección y por las entrevistas a expertos.

- Nivel de gestión ambiental: Se trabajará con tres niveles de gestión ambiental: Nacional, regional y local.

Tabla 3. Indicadores ecológicos de humedales costeros en base a información secundaria

| N° | Publicaciones / Autores | | | | | | |
|----|---|---|--|--------------------------------------|--|--|--|
| | Walsh, 2018 | Plan Maestro Pantanos de Villa 2016-2020 | Stein et al., 2009 | Novoa y Sánchez, 2016 | City of Bainbridge Island, 2009 | MINAM, 2019 (bofedal) | Plan Maestro ACR Ventanilla, 2017 |
| 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 (m3/s) | Hidroperiodo | Almacenamiento de carbono | Hidroperiodo | Conductividad eléctrica | Superficie (ha) de cuerpos de agua |
| 3 | Riqueza juncuales | Estándar calidad de agua | Conectividad hidrológica | Flujo de gases de efecto invernadero | Riqueza de especies de plantas | Profundidad de turba | Riqueza y abundancia de especies 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/m2/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 juncuales | 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 zonificacion | | | 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 de zonas de refugio/descanso de aves | | Condición del buffer | | | | |
| 16 | Existencia de zonas de anidación de aves | | | | | | |
| 17 | Presencia de zonas de alimentación de aves | | | | | | |
| 18 | Altura de canopia de plantas importantes | | | | | | |
| 19 | Cantidad de biomasa aérea de emergentes dominantes (totorá 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 | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Indicadores ecológicos seleccionados de manera preliminar

| N° | Indicadores seleccionados |
|----|---|
| 1 | 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 | Carbono orgánico almacenado en el suelo |
| 10 | 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 | Riqueza de invertebrados acuáticos |
| 18 | Abundancia de invertebrados acuáticos |
| 19 | Conectividad del humedal |

Fuente: Elaboración propia

3.3.2. Variables Dependientes

- Índice de idoneidad (II): Respecto a los criterios de selección de indicadores, en la Tabla 5 se presentan los criterios de idoneidad propuestos por diversos autores a nivel nacional e internacional.

El índice de idoneidad (II) se definió como el porcentaje de criterios de selección cumplidos, y se calculó con la siguiente fórmula:

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

donde: II (índice de idoneidad), IE_i (puntaje para criterio i: 0, no cumple, 1 cumple)

Tal como se procedió con la selección de indicadores ecológicos, luego de analizar la información presentada en la Tabla 5, se seleccionaron los criterios de idoneidad que fueron similares y mencionados por la mayoría de autores, resultando ocho (08) criterios mostrados en la Tabla 6.

Respecto al punto de referencia del índice de idoneidad se considerará lo indicado por Queirós et al., (2016), quienes señalan que se pueden utilizar indicadores que cumplan por lo menos con el 50% de los criterios de idoneidad; adicionalmente Ortegón et al., (2005) mencionan que se deben seleccionar los indicadores con mayores puntajes. Es así que para el presente estudio se está considerando como Punto de Referencia Límite (PRL), un índice de idoneidad de 80%.

Tabla 5. Criterios de idoneidad de indicadores según fuentes secundarias

| N° | Publicaciones / Autores | | | | | | | | |
|----|---|---|---|--------------------------|----------------------------|-------------------------------------|--|---------------------------------------|----------------|
| | MINAM, 2016 | Queirós et al., 2016 | Quiroga, 2009 | Herrera y Corrales, 2004 | Ortegón et al., 2005 | Therburg et al., 2005 | Alianza sobre Indicadores de Biodiversidad, 2011 | Jorgensen et al., 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 | | | |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. 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 ó 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. |

Fuente: Elaboración propia

- **Valor ecológico:** El valor ecológico (VE) se calcula en base a la metodología presentada en la “Guía Complementaria para la Compensación Ambiental: Ecosistemas Altoandinos” aprobada mediante R.M. N° 183-2016-MINAM, la cual consiste en los siguientes pasos:
 - a. Determinación de atributos e indicadores: En base a revisión bibliográfica, específicamente las guías de compensación ambiental publicadas por el MINAM (2016, 2019), así como el Plan de Compensación Ambiental del Aeropuerto Jorge Chávez (SENACE, 2018), la tesista propone cuatro (04) atributos para humedales costeros (mostrados en la Tabla 7), en los cuales se han agrupado los indicadores propuestos en la Tabla 4.

- b. Cálculo del valor relativo de atributos e indicadores: Se realiza en base a matrices multicriterio, a fin de realizar comparaciones entre pares de atributos o indicadores y su contribución relativa o importancia. El valor de importancia entre dos elementos de la matriz es definido en una escala del 1 al 9.
- c. Determinación de la escala de valoración de indicadores: A partir de los valores relativos asignados a cada indicador, se establecen escalas de puntuación.
- d. Determinación de puntajes para cada indicador y suma de todos los puntajes.
- e. Calificación cualitativa final del valor ecológico: Una vez se tiene la suma de los puntajes, dicho valor se compara con la escala (0 al 10) a la cual le corresponde un estado de conservación que va de muy pobre (rango del 0 al 2) a muy bueno (rango del 8 al 10).

Tabla 7. Atributos propuestos para humedales costeros

| Atributo | Indicadores propuestos |
|-----------------------|---|
| Condición de la flora | Riqueza de plantas nativas |
| | Riqueza de plantas introducidas |
| | Cobertura/N° de comunidades nativas |
| | Cobertura /N° de comunidades introducidas |
| | Biomasa vegetal |
| | Carbono orgánico almacenado en vegetación aérea |
| Condición del suelo | Carbono orgánico almacenado en el suelo |
| Avifauna del sitio | Riqueza de aves residentes/migratorias |
| | Abundancia de aves residentes/migratorias |
| Condición hídrica | Área/cantidad de cuerpos de agua |
| | Calidad de agua |
| | Riqueza/abundancia de invertebrados acuáticos |
| | Conectividad hidrológica del humedal |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Escala y valor relativo para estimar el valor ecológico

| Escala | Valor relativo (%) | Estado de conservación |
|---------------|---------------------------|-------------------------------|
| 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: Guía Complementaria para la Compensación Ambiental: Ecosistemas Altoandinos” aprobada mediante R.M. N° 183-2016-MINAM.

3.4. Descripción de procedimientos de análisis

Pruebas de hipótesis:

Hipótesis 1: Los indicadores ecológicos, al cumplir suficientes criterios de selección, tienen una influencia directa en el índice de idoneidad.

Tal como se mencionó en el ítem 3.3.2., para el presente estudio se está considerando como Punto de Referencia Límite (PRL), un índice de idoneidad de 80%. Para probar esta hipótesis se realizó un gráfico de barras, colocándose en el eje de las abscisas (variable independiente) los indicadores ecológicos, y en el eje de las ordenadas (variable dependiente) el Índice de Idoneidad. Complementariamente, se procedió a validar los resultados obtenidos mediante fuentes primarias, considerando lo indicado por Therburg et al (2005) quienes realizaron entrevistas a diversas instituciones relacionadas al tema a fin de verificar la existencia de información sobre los indicadores seleccionados y obtener nuevos datos. En el Anexo 4 se presenta el formato de la encuesta.

Hipótesis 2: Las características bióticas y abióticas de los humedales costeros de Lima y Callao tienen influencia directa sobre su valor ecológico.

Para probar esta hipótesis se realizó un gráfico de barras, colocándose en el eje de las abscisas (variable independiente) los cuatro humedales costeros de Lima y Callao (RVS Pantanos de Villa, ACR Humedales de Ventanilla, ACA Humedales de Santa Rosa y Humedales de Puerto

Viejo) y en el eje de las ordenadas (variable dependiente) el valor ecológico. Cabe indicar que, para hallar el valor ecológico de los cuatro humedales propuestos en el presente trabajo de tesis, se utilizaron los indicadores ecológicos validados en la hipótesis 1.

Hipótesis 3: Existe una relación directa entre el nivel de gestión ambiental y el valor ecológico de los humedales costeros de Lima y Callao.

Para probar esta hipótesis, se elaboró un gráfico de dispersión con el nivel de gestión ambiental (nacional, regional y local) en el eje de las abscisas (variable independiente) y el valor ecológico de los humedales costeros (RVS Pantanos de Villa, ACR Humedales de Ventanilla, ACA Humedales de Santa Rosa y Humedales de Puerto Viejo) en el eje de las ordenadas (variable dependiente).

CAPITULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Resultados

4.1.1 Índice de idoneidad

Los 19 indicadores ecológicos obtenidos de la revisión de información secundaria fueron sometidos a puntuación, según los ocho (08) criterios de selección (ver Tabla 6), asignándose un valor de uno (01) (si cumple el criterio) y cero (si no cumple el criterio). Por lo tanto, los puntajes van de cero (mínimo) a ocho (08) (máximo). Cabe indicar que, las puntuaciones fueron asignadas por la tesista considerando la información bibliográfica obtenida para los cuatro (04) humedales costeros en evaluación: RVS Pantanos de Villa, ACR Humedales de Ventanilla, ACA Humedales de Santa Rosa y Humedales de Puerto Viejo. Los resultados se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9. Asignación de valores a cada indicador, según los criterios de selección

| Atributos | N° | Indicadores | Criterios de selección | Datos (1=cumple, 0=no cumple) | Total |
|-----------------------|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------|
| Condición de la flora | 1 | Riqueza de plantas nativas | Precisión | 1 | 8 |
| | | | Simplicidad | 1 | |
| | | | Bajo costo | 1 | |
| | | | Relevancia ecológica | 1 | |
| | | | Confiable | 1 | |
| | | | Sensibilidad a los cambios | 1 | |
| | | | Relacionado con el atributo | 1 | |
| | Disponibilidad de información | 1 | | | |
| | 2 | Riqueza de plantas introducidas | Precisión | 1 | 7 |
| | | | Simplicidad | 1 | |
| Bajo costo | | | 1 | | |

| | | | | |
|---|---|-------------------------------|---|---|
| | | Relevancia ecológica | 1 | |
| | | Confiable | 1 | |
| | | Sensibilidad a los cambios | 0 | |
| | | Relacionado con el atributo | 1 | |
| | | Disponibilidad de información | 1 | |
| 3 | Cobertura de comunidades de plantas nativas | Precisión | 1 | 6 |
| | | Simplicidad | 0 | |
| | | Bajo costo | 1 | |
| | | Relevancia ecológica | 1 | |
| | | Confiable | 1 | |
| | | Sensibilidad a los cambios | 1 | |
| | | Relacionado con el atributo | 1 | |
| | | Disponibilidad de información | 0 | |
| 4 | N° de comunidades de plantas nativas | Precisión | 1 | 6 |
| | | Simplicidad | 1 | |
| | | Bajo costo | 1 | |
| | | Relevancia ecológica | 1 | |
| | | Confiable | 1 | |
| | | Sensibilidad a los cambios | 0 | |
| | | Relacionado con el atributo | 1 | |
| | | Disponibilidad de información | 0 | |
| 5 | Cobertura de comunidades introducidas | Precisión | 0 | 2 |
| | | Simplicidad | 0 | |
| | | Bajo costo | 1 | |
| | | Relevancia ecológica | 0 | |
| | | Confiable | 0 | |
| | | Sensibilidad a los cambios | 0 | |
| | | Relacionado con el atributo | 1 | |
| | | Disponibilidad de información | 0 | |
| 6 | N° de comunidades introducidas | Precisión | 0 | 2 |
| | | Simplicidad | 0 | |
| | | Bajo costo | 1 | |
| | | Relevancia ecológica | 0 | |
| | | Confiable | 0 | |
| | | Sensibilidad a los cambios | 0 | |
| | | Relacionado con el atributo | 1 | |
| | | Disponibilidad de información | 0 | |
| 7 | Biomasa vegetal | Precisión | 1 | 6 |
| | | Simplicidad | 1 | |
| | | Bajo costo | 0 | |
| | | Relevancia ecológica | 1 | |
| | | Confiable | 1 | |
| | | Sensibilidad a los cambios | 1 | |

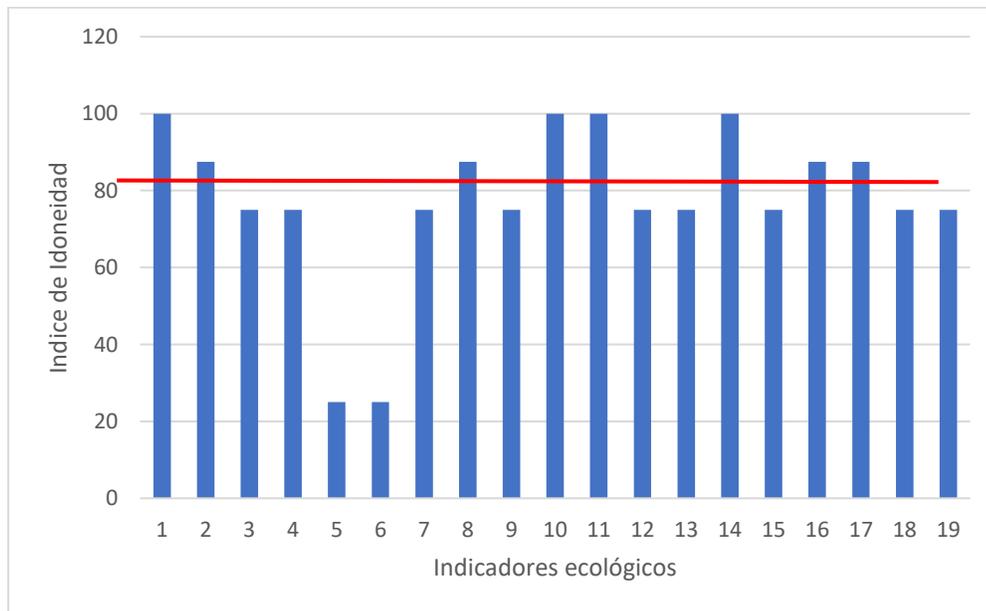
| | | | | | | |
|---------------------|----|---|-------------------------------|-----------|---|---|
| | | | Relacionado con el atributo | 1 | | |
| | | | Disponibilidad de información | 0 | | |
| | 8 | Carbono orgánico almacenado en vegetación aérea | Precisión | 1 | 7 | |
| | | | Simplicidad | 1 | | |
| | | | Bajo costo | 0 | | |
| | | | Relevancia ecológica | 1 | | |
| | | | Confiable | 1 | | |
| | | | Sensibilidad a los cambios | 1 | | |
| | | | Relacionado con el atributo | 1 | | |
| | | | Disponibilidad de información | 1 | | |
| Condición del suelo | 9 | Carbono orgánico almacenado en el suelo | Precisión | 1 | | 6 |
| | | | Simplicidad | 0 | | |
| | | | Bajo costo | 0 | | |
| | | | Relevancia ecológica | 1 | | |
| | | | Confiable | 1 | | |
| | | | Sensibilidad a los cambios | 1 | | |
| | | | Relacionado con el atributo | 1 | | |
| | | | Disponibilidad de información | 0 | | |
| Avifauna del sitio | 10 | Riqueza de aves residentes | Precisión | 1 | 8 | |
| | | | Simplicidad | 1 | | |
| | | | Bajo costo | 1 | | |
| | | | Relevancia ecológica | 1 | | |
| | | | Confiable | 1 | | |
| | | | Sensibilidad a los cambios | 1 | | |
| | | | Relacionado con el atributo | 1 | | |
| | | | Disponibilidad de información | 1 | | |
| | 11 | Riqueza de aves migratorias | Precisión | 1 | 8 | |
| | | | Simplicidad | 1 | | |
| | | | Bajo costo | 1 | | |
| | | | Relevancia ecológica | 1 | | |
| | | | Confiable | 1 | | |
| | | | Sensibilidad a los cambios | 1 | | |
| | | | Relacionado con el atributo | 1 | | |
| | | | Disponibilidad de información | 1 | | |
| | 12 | Abundancia de aves residentes | Precisión | 1 | 6 | |
| | | | Simplicidad | 1 | | |
| | | | Bajo costo | 1 | | |
| | | | Relevancia ecológica | 1 | | |
| | | | Confiable | 1 | | |
| | | | Sensibilidad a los cambios | 0 | | |
| | | | Relacionado con el atributo | 1 | | |
| | | | Disponibilidad de información | 0 | | |
| | 13 | | | Precisión | 1 | 6 |

| | | | | | |
|-------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---|---|
| Condición hídrica | | Abundancia de aves migratorias | Simplicidad | 1 | |
| | | | Bajo costo | 1 | |
| | | | Relevancia ecológica | 1 | |
| | | | Confiable | 1 | |
| | | | Sensibilidad a los cambios | 0 | |
| | | | Relacionado con el atributo | 1 | |
| | | | Disponibilidad de información | 0 | |
| | 14 | Área de cuerpos de agua | Precisión | 1 | 8 |
| | | | Simplicidad | 1 | |
| | | | Bajo costo | 1 | |
| | | | Relevancia ecológica | 1 | |
| | | | Confiable | 1 | |
| | | | Sensibilidad a los cambios | 1 | |
| | | | Relacionado con el atributo | 1 | |
| | Disponibilidad de información | 1 | | | |
| | 15 | Cantidad de cuerpos de agua | Precisión | 1 | 6 |
| | | | Simplicidad | 1 | |
| | | | Bajo costo | 1 | |
| | | | Relevancia ecológica | 0 | |
| | | | Confiable | 1 | |
| Sensibilidad a los cambios | | | 1 | | |
| Relacionado con el atributo | | | 1 | | |
| Disponibilidad de información | 0 | | | | |
| 16 | Calidad de agua | Precisión | 1 | 7 | |
| | | Simplicidad | 1 | | |
| | | Bajo costo | 0 | | |
| | | Relevancia ecológica | 1 | | |
| | | Confiable | 1 | | |
| | | Sensibilidad a los cambios | 1 | | |
| | | Relacionado con el atributo | 1 | | |
| Disponibilidad de información | 1 | | | | |
| 17 | Riqueza de invertebrados acuáticos | Precisión | 1 | 7 | |
| | | Simplicidad | 1 | | |
| | | Bajo costo | 0 | | |
| | | Relevancia ecológica | 1 | | |
| | | Confiable | 1 | | |
| | | Sensibilidad a los cambios | 1 | | |
| | | Relacionado con el atributo | 1 | | |
| Disponibilidad de información | 1 | | | | |
| 18 | Abundancia de invertebrados acuáticos | Precisión | 1 | 6 | |
| | | Simplicidad | 1 | | |
| | | Bajo costo | 0 | | |
| | | Relevancia ecológica | 1 | | |

| | | | | |
|----|--------------------------------------|-------------------------------|---|---|
| | | Confiable | 1 | |
| | | Sensibilidad a los cambios | 1 | |
| | | Relacionado con el atributo | 1 | |
| | | Disponibilidad de información | 0 | |
| 19 | Conectividad hidrológica del humedal | Precisión | 0 | 6 |
| | | Simplicidad | 1 | |
| | | Bajo costo | 1 | |
| | | Relevancia ecológica | 1 | |
| | | Confiable | 1 | |
| | | Sensibilidad a los cambios | 1 | |
| | | Relacionado con el atributo | 1 | |
| | | Disponibilidad de información | 0 | |

Fuente: Elaboración propia

Tal como se indicó, se tienen ocho (08) criterios de selección de indicadores, siendo el Punto de Referencia Límite del Índice de Idoneidad de 80% (puntaje de 6.4); por lo tanto, todos los indicadores cuyos Índices de Idoneidad superen dicho valor, es decir que obtengan siete (07) o más criterios de selección cumplidos, se consideran idóneos o representativos para hallar el valor ecológico de los humedales costeros. La representación gráfica se muestra en la Figura 4.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4. Índice de idoneidad para los indicadores ecológicos

Entonces, de los 19 indicadores pre seleccionados, ocho (08) obtuvieron puntajes de 7 y 8, por lo tanto, fueron elegidos como representativos de los humedales costeros (ver Figura 4), los cuales se muestran en la Tabla 10. De esta manera, los indicadores ecológicos tuvieron una influencia directa sobre sus índices de idoneidad, lo cual apoya la primera hipótesis.

Tabla 10. Indicadores ecológicos seleccionados

| Atributos | Indicadores | Descripción | Puntaje Total |
|-----------------------|---|---|----------------------|
| Condición de la flora | Riqueza de plantas nativas | Número de especies de plantas silvestres, de origen natural, registradas en cada humedal | 8 |
| | Riqueza de plantas introducidas | Número de especies de plantas silvestres no originarias del humedal (exóticas), las cuales han sido introducidas por actividades antrópicas | 7 |
| | 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 | 7 |
| Avifauna del sitio | Riqueza de aves residentes | Número de especies de aves silvestres, de origen natural, registradas en cada humedal | 8 |
| | 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 costeros | 8 |
| 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 | 8 |
| | Calidad de agua | Para efectos de la presente tesis se ha elegido el pH por ser el parámetro encontrado para los 4 humedales en evaluación | 7 |
| | 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 | 7 |

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, se realizaron encuestas a 20 expertos en humedales costeros con experiencia en el sector público y privado (investigadores, gestores ambientales, docentes universitarios), a fin de que den puntuación a los 18¹ indicadores propuestos. Como se puede apreciar en la Tabla 11, los indicadores que superaron la valla del 80% ó 6.4 fueron 15 (resaltados en negrita), de los cuales seis (06) indicadores: (i) Riqueza de plantas nativas, (ii) Riqueza de aves residentes, (iii) Riqueza de aves migratorias, (iv) Área de cuerpos de agua, (v) Calidad de agua y (vi) Riqueza de invertebrados acuáticos; concuerdan con los elegidos por la tesista según los criterios de selección. El único indicador elegido según los criterios de selección, que no coincidió con el puntaje promedio de los expertos fue: “Riqueza de plantas introducidas”.

Tabla 11. Puntajes de indicadores por parte de expertos

| N° | Indicadores | Valor promedio |
|-----------|--|----------------|
| 1 | Riqueza de plantas nativas | 7.7 |
| 2 | Riqueza de plantas introducidas | 6.3 |
| 3 | Cobertura de comunidades de plantas nativas | 7.4 |
| 4 | N° de comunidades de plantas nativas | 6.9 |
| 5 | Cobertura de comunidades de plantas introducidas | 6.2 |
| 6 | N° de comunidades de plantas introducidas | 5.7 |
| 7 | Biomasa vegetal | 8.1 |
| 8 | Carbono orgánico almacenado en el suelo | 7.3 |
| 9 | Riqueza de aves residentes | 8.2 |
| 10 | Riqueza de aves migratorias | 8.2 |
| 11 | Abundancia de aves residentes | 7.3 |
| 12 | Abundancia de aves migratorias | 7.8 |
| 13 | Área de cuerpos de agua | 8.3 |
| 14 | Cantidad de cuerpos de agua | 7.6 |
| 15 | Calidad de agua | 8.6 |
| 16 | Riqueza de invertebrados acuáticos | 8.4 |
| 17 | Abundancia de invertebrados acuáticos | 7.8 |
| 18 | Conectividad hidrológica del humedal | 8.6 |

Fuente: Elaboración propia

Es así que, comparando las Tablas 10 y 11, se tiene una coincidencia de seis (06) indicadores ecológicos, lo cual refleja un alto respaldo (85.7%) por parte de los expertos en humedales

¹ Se consideraron en las encuestas 18 indicadores, ya que el décimo noveno indicador “Carbono orgánico almacenado en vegetación aérea” fue propuesto luego de realizar las encuestas a los expertos en humedales.

sobre los indicadores seleccionados, según los criterios establecidos. Asimismo, se realizó un análisis de correlación para verificar la relación directa entre los puntajes obtenidos mediante los criterios de idoneidad y los puntajes otorgados por los expertos, lo cual se muestra en la Figura 5.

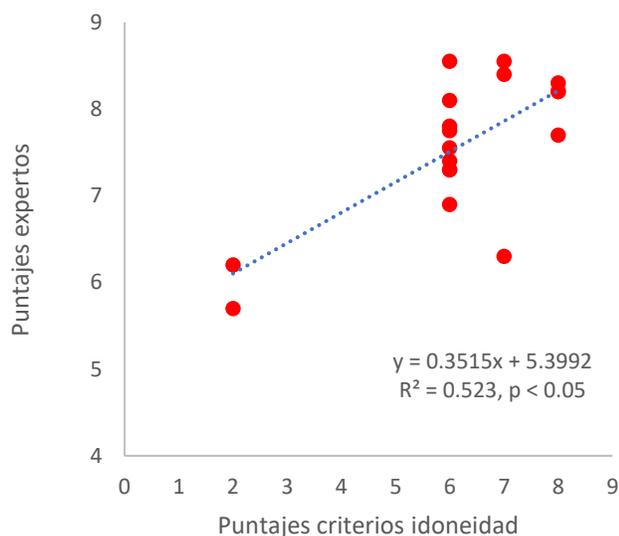


Figura 5. Análisis de correlación entre los puntajes de expertos y los criterios de idoneidad

Cabe indicar que, si bien el indicador “Conectividad hidrológica del humedal” obtuvo uno de los mayores puntajes según la encuesta a los expertos (8.6), éste no cumplió con el criterio “disponibilidad de información”, además según la Guía del Estado de Bofedal (MINAM, 2019) dicho indicador es cualitativo, por lo cual no se considera que tenga la misma precisión que un indicador cuantitativo.

Asimismo, cabe señalar que, en vista de que 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 siete (07) 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 ocho (08) indicadores serán utilizados para hallar el valor ecológico de los humedales costeros materia del presente trabajo de tesis.

4.1.2 Valor ecológico de los humedales costeros de Lima y Callao.

Como se indicó en el ítem 3.3.2. “Variables Dependientes: Valor ecológico” para hallar el valor ecológico de un ecosistema se requiere determinar atributos e indicadores representativos de dicho ecosistema, en este caso humedales costeros. Si bien inicialmente se propusieron cuatro (04) atributos para los humedales costeros: (i) Condición de la flora, (ii) Condición del suelo, (iii) Avifauna del sitio y (iv) Condición hídrica (ver Tabla 7), éstos estaban relacionados a los 18 indicadores propuestos inicialmente. Luego de probar la primera hipótesis, la cantidad de indicadores ecológicos se redujo a ocho (08) lo cual conllevó a la reducción de atributos a tres (03), descartándose “condición del suelo”, el cual contenía un solo indicador “carbono orgánico almacenado” que no fue seleccionado mediante el índice de idoneidad.

Una vez definidos los tres (03) atributos y ocho (08) indicadores ecológicos, se procedió a calcular el valor ecológico para los cuatro (04) humedales evaluados en el presente trabajo de tesis, aplicando la metodología presentada en la “Guía Complementaria para la Compensación Ambiental: Ecosistemas Altoandinos” (MINAM, 2016), la cual involucra matrices multicriterio a fin de comparar pares de atributos e indicadores. En la Tabla 12 se muestra la matriz de ponderación de atributos ecológicos, para lo cual se compararon los pares de atributos utilizando los valores de importancia presentados por el MINAM (2016):

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

Tabla 12. 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 |

Fuente: Elaboración propia

Seguidamente, se procedió a asignar valores relativos a los indicadores ecológicos, según el valor relativo del atributo que le corresponda. Como se puede apreciar en las Tablas 13, 14 y 15, tal como se procedió para la comparación de atributos (Tabla 12), se asignó valores a los indicadores según los valores de importancia propuestos por el MINAM (2016):

- 1 = Igualmente importante
- 3 = Moderadamente más importante
- 5 = Fuertemente más importante

Para el atributo “Condición de la flora” corresponden tres (03) indicadores: Riqueza de plantas nativas, Riqueza de plantas introducidas y Carbono orgánico almacenado en vegetación aérea.

Tabla 13. Matriz de valores relativos para los indicadores del atributo “Condición de la flora”

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

Fuente: Elaboración propia

*Este valor (29) proviene de la Tabla 12

Respecto a los dos (02) indicadores seleccionados para el atributo “Avifauna del sitio”: Riqueza de aves residentes y riqueza de aves migratorias, se consideró conveniente unirlos en un solo indicador que agrupe la riqueza total de aves, ya que obtuvieron el mismo puntaje (8). Por lo tanto, tal como se muestra en la Tabla 14, la denominación del indicador es “Riqueza de aves residentes y migratorias”.

Tabla 14. Matriz de valores relativos para los indicadores del atributo “Avifauna del sitio”

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

Fuente: Elaboración propia

*Este valor (10) proviene de la Tabla 12

En relación al atributo “Condición de hídrica” corresponden tres (03) indicadores: Área de cuerpos de agua, Calidad de agua y Riqueza de invertebrados acuáticos.

Tabla 15. Matriz de valores relativos para los indicadores del atributo “Condición hídrica”

| | | Área de cuerpos de agua | Calidad de agua | Riqueza de insectos acuáticos | Total | Peso (%) | Valor relativo |
|------------------------|------------------------------------|-------------------------|-----------------|-------------------------------|-------|----------|----------------|
| Condición hídrica: 61* | 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 |

Fuente: Elaboración propia

*Este valor (61) proviene de la Tabla 12

En la Tabla 16 se muestra el resumen de los valores relativos para los indicadores ecológicos seleccionados, los cuales se han reducido a siete (07) al considerar un solo indicador para el atributo “Avifauna del sitio”.

Tabla 16. Resumen de valores relativos

| 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 | | 100 |

Fuente: Elaboración propia

El siguiente paso en la metodología propuesta por el MINAM (2016), consiste en elaborar escalas de valoración según los valores relativos obtenidos para cada uno de los indicadores seleccionados. Como se puede observar en la Tabla 17, los puntajes para cada indicador tienen un valor mínimo de cero (0) y un máximo según el valor relativo obtenido en las Tablas 13, 14 y 15, los cuales tienen como punto de comparación el área de referencia. Para el presente trabajo de tesis, el área de referencia corresponde a los **Pantanos de Villa**, debido a que es el humedal costero más estudiado a nivel nacional (Sánchez, Cuba y Aponte, 2021), asimismo es el único humedal con categoría de área natural protegida a nivel nacional en Lima y Callao (Refugio de Vida Silvestre) y corresponde a un Sitio Ramsar, por lo tanto, se asume que es el humedal costero con mayor estado de conservación.

Una vez definidos los puntajes para cada indicador, se procedió a elaborar la Tabla 18 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. Nótese que los valores relativos (columna “Puntaje”) del RVS Pantanos de Villa son los mismos señalados en la Tabla 16, los cuales corresponden a los valores máximos que podría atribuirse a un humedal. Es así que los puntajes de los Humedales de Ventanilla, de Santa Rosa y Puerto Viejo, han sido calculados teniendo como referencia los puntajes de Pantanos de Villa.

Tabla 17. 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 | 10.7 |
| Riqueza de plantas introducidas | < 20% área de referencia | 0 |
| | 21 - 50% área referencia | 1 |
| | 51 - 80% área referencia | 2 |
| | > 80% área referencia | 3.3 |
| Carbono almacenado en vegetación aérea | < 20% área de referencia | 0 |
| | 21 - 50% área referencia | 5 |
| | 51 - 80% área referencia | 10 |
| | > 80% área referencia | 15 |
| Avifauna del sitio | | |
| Riqueza de aves residentes y migratorias | < 20% área de referencia | 0 |
| | 21 - 50% área referencia | 3 |
| | 51 - 80% área referencia | 6 |
| | > 80% área referencia | 10 |
| Condición hídrica | | |
| Área de cuerpos de agua | < 20% área de referencia | 0 |
| | 21 - 50% área referencia | 4 |
| | 51 - 80% área referencia | 8 |
| | > 80% área referencia | 12.2 |
| Calidad de agua | < 20% área de referencia | 0 |
| | 21 - 50% área referencia | 12 |
| | 51 - 80% área referencia | 24 |
| | > 80% área referencia | 36.6 |
| Riqueza de invertebrados acuáticos | < 20% área de referencia | 0 |
| | 21 - 50% área referencia | 4 |
| | 51 - 80% área referencia | 8 |
| | > 80% área referencia | 12.2 |

Fuente: Elaboración propia

Respecto a los datos obtenidos mediante información secundaria para elaborar la Tabla 18, se tiene lo siguiente:

- Se ha considerado información publicada tanto en artículos científicos, resúmenes de congresos de humedales, información pública (mediante portal de transparencia de organismos gubernamentales), planes maestros y tesis.

- Se ha considerado 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: Información pública Prohvilla, 2022.
- Respecto al indicador “Carbono orgánico almacenado en vegetación aérea”, al encontrar información para diferentes especies vegetales, se consideró a la “tatora” por ser la especie transversal a los cuatro (04) humedales evaluados. Los datos para Pantanos de Villa, Humedales de Ventanilla y Humedales de Puerto Viejo corresponden a *Schoenoplectus californicus*, para los Humedales de Santa Rosa los autores mencionan solamente el nombre común “tatora”, por lo tanto, se asume que corresponde a la misma especie.
- Para el indicador “Area cuerpos de agua” se ha considerado la suma de los cuerpos de agua permanentes (presencia de agua durante todo el año) presentes en los humedales.

Tabla 18 Cálculo de valor ecológico para los cuatro humedales costeros evaluados

| Atributos | Indicadores | Pantanos de Villa (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 | 37 sp | Información pública Prohvilla, 2022 | 10.7 | 17 sp | Aponte y Ramírez, 2014 | 46% | 4 | 22 sp | Aponte y Cano, 2013 | 59% | 10.7 | 17 sp | Aponte y Cano, 2013 | 46% | 4 | |
| | Riqueza de plantas introducidas | 21 sp | Información pública Prohvilla, 2022 | 3.3 | 21 sp | Aponte y Cano, 2013 | 100% | 3.3 | 45 sp | Aponte y Cano, 2013 | 214% | 3.3 | 15 sp | Aponte y Cano, 2013 | 71% | 2 | |
| | Carbono orgánico almacenado en vegetación aérea | 19.6 tC/ha | Rubio, 2019 | 15 | 18.53 tC/ha | Rubio, 2019 | 94% | 15 | 15.51 tC/ha | Chávez y Aponte, 2021 | 79% | 10 | 20.11 tC/ha | Rubio, 2019 | 102% | 15 | |
| Avifauna del sitio | Riqueza de aves residentes | 211 sp | Pulido y Bermúdez, 2018 | 10 | 126 sp | Podestá et al, 2021 | 59% | 6 | 89 sp | Aponte y Apeño, 2020 | 42% | 3 | 72 sp | Aponte y Apeño, 2020 | 34% | 3 | |
| | Riqueza de aves migratorias | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Condición hídrica | Área cuerpos de agua | 68.05 ha | Plan Maestro 2016-2020 | 12.2 | 12.6 ha | Plan Maestro ACR Ventanilla, 2011-2014 | 18% | 0 | 10 ha | Castillo y Huamantínco 2020 | 15% | 0 | 2.384 ha | Ganoza et al, 2013 | 4% | 0 | |
| | Calidad de agua (pH) | pH: 8.5 y 9.7. Media= 9.1 | INGEMMET, 2019 | 36.6 | pH: 7.17 y 9.98. Media= 8.58 | Fajardo, 2018 (sus datos son del 2015) | 94% | 36.6 | pH: 7.4 y 8.5. Media= 7.95 | Castillo y Huamantínco 2020 | 87% | 36.6 | pH: 8.15 y 9.11. Media=8.63 | Ganoza et al, 2013 | 94% | 36.6 | |
| | Riqueza de invertebrados acuáticos | 48 géneros | Peralta y Huamantínco 2014 | 12.2 | 22 géneros | Román, 2018 | 45.80% | 4 | 61 géneros | Castillo y Huamantínco 2020 | 127% | 12.2 | 9 géneros | Paredes et al, 2007 | 19% | 0 | |
| Puntaje Relativo | | | | 100 | | | | | 68.9 | | | | | 73.1 | | | 60.6 |
| Escala 1 - 10 | | | | 10 | | | | | 6.8 | | | | | 7.3 | | | 6 |
| Estado de conservación | | | | Muy bueno | | | | | Bueno | | | | | Bueno | | | Bueno |

Para poder interpretar los resultados de la Tabla 18, se debe considerar lo indicado en la Tabla 19:

Tabla 19. Escala y valor relativo para estimar el valor ecológico

| Escala | Valor relativo (%) | Estado de conservación |
|------------|--------------------|------------------------|
| 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: Guía Complementaria para la Compensación Ambiental: Ecosistemas Altoandinos” aprobada mediante R.M. N° 183-2016-MINAM.

El mayor valor ecológico (10, estado de conservación “muy bueno”) lo obtuvo el 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, 6.8 y 6 respectivamente, los cuales se encuentran en el rango del estado de conservación “bueno”.

Es así que, para probar la segunda hipótesis se realizó un gráfico de barras (Figura 6), colocándose en el eje de las abscisas (variable independiente) los cuatro humedales costeros de Lima y Callao (RVS Pantanos de Villa, ACR Humedales de Ventanilla, ACA Humedales de Santa Rosa y Humedales de Puerto Viejo) y en el eje de las ordenadas (variable dependiente) los valores ecológicos obtenidos para cada humedal.

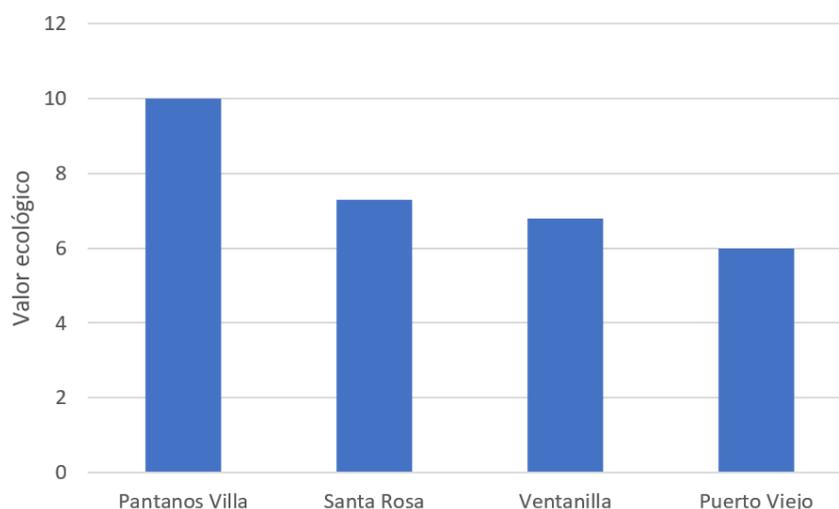
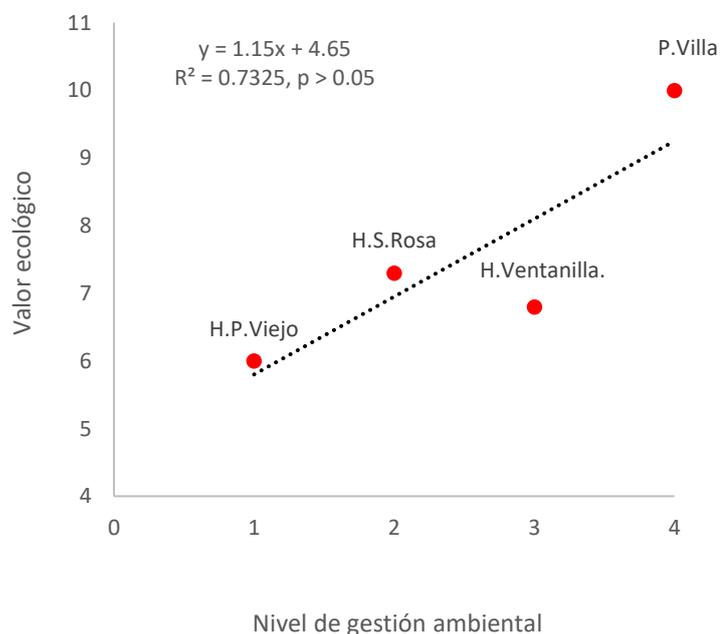


Figura 6. Valor ecológico de los humedales costeros.

De la Figura 6, se evidencia que los atributos seleccionados en base a características bióticas y abióticas de los humedales costeros de Lima y Callao tienen influencia directa sobre el valor ecológico de los humedales, lo cual apoya la segunda hipótesis.

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

A fin de visualizar la relación entre los valores ecológicos de los humedales costeros evaluados y su nivel de gestión ambiental, se elaboró un gráfico de dispersión mostrando en el eje de las abscisas (variable independiente) el nivel de gestión ambiental: ecosistema frágil sectorial, nacional, regional y local, y en el eje de las ordenadas (variable dependiente), el valor ecológico de: RVS Pantanos de Villa, ACR Humedales de Ventanilla, ACA Humedales de Santa Rosa y Humedales de Puerto Viejo (Figura 7, Tabla 20).



- 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 7. Relación entre el nivel de gestión ambiental y el valor ecológico de los humedales costeros evaluados

Como puede observarse en la Figura 7, el mayor estado de conservación “muy bueno” le corresponde a la RVS Pantanos de Villa (valor ecológico = 10), el cual presenta el mayor valor de nivel de gestión ambiental (4). En segundo lugar, se tiene a los humedales de Santa Rosa (valor ecológico = 7.3) el cual presenta un estado de conservación “bueno” y le corresponde a un nivel de gestión local: Área de Conservación Ambiental. En tercer lugar, se tiene a los humedales de Ventanilla (valor ecológico = 6.8) el cual presenta un estado de conservación “bueno” y le corresponde a un nivel de gestión regional: Área de Conservación Regional. Finalmente, se tiene el humedal de Puerto Viejo (valor ecológico = 6) el cual presenta un estado de conservación “bueno”, considerado como un ecosistema frágil sectorial por el Serfor mediante R.D.E N° 153-2018-MINAGRI-SERFOR-DE.

Tabla 20. Análisis de correlación y regresión lineal simple.

| <i>Estadísticas de la regresión</i> | |
|--|-------------|
| Coefficiente de correlación múltiple | 0.855852836 |
| Coefficiente de determinación R ² | 0.732484076 |
| R ² ajustado | 0.598726115 |
| Error típico | 1.098863049 |
| Observaciones | 4 |

Análisis de Varianza

| | <i>Grados de libertad</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>p</i> |
|-----------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------|-------------|
| Regresión | 1 | 6.6125 | 6.6125 | 5.476190476 | 0.144147164 |
| Residuos | 2 | 2.415 | 1.2075 | | |
| Total | 3 | 9.0275 | | | |

| | <i>Coefficientes</i> | <i>Error típico</i> | <i>Estadístico t</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Inferior 95%</i> | <i>Superior 95%</i> | <i>Inferior 95.0%</i> | <i>Superior 95.0%</i> |
|--------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| Intercepción | 4.65 | 1.345826883 | 3.455124918 | 0.074523777 | 1.140625713 | 10.4406257 | 1.14062571 | 10.44062571 |
| Variable X | | | | | | | | |
| 1 | 1.15 | 0.491426495 | 2.340126167 | 0.144147164 | -0.96443755 | 3.26443755 | 0.96443755 | 3.26443755 |

De la Figura 7, se puede observar que existe una relación directa entre el nivel de gestión ambiental y el valor ecológico, lo cual apoya la tercera hipótesis. Sin embargo, debido al reducido número de datos ($n = 4$) esta relación no fue estadísticamente significativa ($p > 0.05$).

4.2. Discusión de resultados

4.2.1 Índice de idoneidad.

Selección de criterios de idoneidad

En la Tabla 5. “Criterios de idoneidad de indicadores según fuentes secundarias” se mostraron nueve (09) publicaciones, las cuales presentaban entre cuatro (04) a nueve (09) criterios de selección de indicadores ambientales señalados por los autores. Del análisis de dichos criterios se obtuvo que ocho (08) de ellos eran compartidos por la mayoría de las publicaciones: (i) Precisión, (ii) Simplicidad, (iii) Bajo costo, (iv) Relevancia ecológica, (v) Confiable, (vi) Sensibilidad a los cambios, (vii) Relacionado con el atributo y (viii) Disponibilidad de información.

Cabe indicar que, de las nueve (09) publicaciones revisadas, sólo la Guía General para el Plan de Compensación Ambiental” (MINAM, 2016) se relaciona a ecosistemas de humedales ya que a partir de ella se ha elaborado la “Guía de evaluación del estado de los ecosistemas de Bofedal” (MINAM, 2019), en la cual se identificaron 12 indicadores ecológicos. Los criterios de selección de indicadores presentados por el MINAM (2016) son: (i) Relación entre el indicador y su atributo, (ii) Estabilidad, (iii) Transversalidad a los tipos de ecosistemas en estudio y (iv) Facilidad en medición y bajo costo. De éstos cuatro (04) criterios, tres (03) coinciden con los criterios seleccionados en el presente trabajo de tesis: (i) Relación entre el indicador y su atributo (entendida como “relacionado con el atributo”), (ii) Estabilidad (entendida como “sensibilidad a los cambios”) y (iv) Facilidad en medición y bajo costo (entendida como “simplicidad” y “bajo costo”).

Por lo expuesto, los ocho (08) criterios de selección propuestos en el presente trabajo de tesis, descritos en la Tabla 6. Criterios de idoneidad seleccionados, se consideran adecuados para elegir los indicadores ecológicos representativos para los humedales costeros en evaluación.

Selección 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 realizar la depuración de indicadores para el litoral del Río Negro (Argentina).

Tal como se indicó en resultados, se seleccionaron ocho (08) indicadores ecológicos para humedales costeros, de los cuales siete (07) 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, refleja la funcionalidad del ecosistema. 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 ó diversidad, debido a la disponibilidad de información de este parámetro para los humedales en evaluación; asimismo, según Ochoa 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.

A continuación, se realiza una comparación entre los indicadores ecológicos propuestos en el presente trabajo de tesis y los señalados en los Planes Maestros del Refugio de Vida Silvestre Pantanos de Villa (periodo 2016-2020)

y del Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla (periodo 2009-2014), cuyo resumen se muestra en la Tabla 21.

Tabla 21. Comparación de indicadores ecológicos

| Indicadores | | |
|---|---|---|
| Propuestos por la tesista | Pantanos de Villa | Humedales de Ventanilla |
| Riqueza de plantas nativas | Ninguna coincidencia | <ul style="list-style-type: none"> - Diversidad por tipo de hábitat (HShannon-Weaver) - Abundancia de recursos naturales (has) - Abundancia de especies vegetales y animal totales y por hábitat (número de individuos/especies) |
| Riqueza de plantas introducidas | Ninguna coincidencia | |
| Carbono orgánico almacenado en vegetación aérea: tC/ha | Ninguna coincidencia | Biomasa vegetal producida (kg/m2/año) |
| <ul style="list-style-type: none"> - Riqueza de aves residentes - Riqueza de aves migratorias | <ul style="list-style-type: none"> - Presencia/ausencia de especies de aves (indicadores de diversidad biológica) - Abundancia relativa de especies de aves (conteos mensuales) | Ninguna coincidencia |
| Área de cuerpos de agua | <ul style="list-style-type: none"> - Niveles cuerpos de agua - Aforo/caudal - Nivel de napa freática | <ul style="list-style-type: none"> - Superficie (has) de cuerpos de agua - Mantenimiento de canales y drenes del ACR Humedales de Ventanilla - Incremento de la superficie de los espejos de agua (has) |
| Calidad de agua: pH | Estándar de calidad del agua | <ul style="list-style-type: none"> - Coliformes fecales - Coliformes totales - Metales pesados - Oxígeno disuelto (mg/l) |
| Riqueza de invertebrados acuáticos | Ninguna coincidencia | Ninguna coincidencia |
| Ninguna coincidencia | <ul style="list-style-type: none"> - Cobertura con afectación y cobertura sin afectación - Grado de afectación (efectos por actividades antrópicas) | Superficie y porcentaje de cobertura vegetal (por cada tipo de hábitat) |

Fuente: Elaboración propia, Planes Maestros Pantanos de Villa y Humedales de Ventanilla

De los siete (07) objetivos del Plan Maestro de Pantanos de Villa (2016 – 2020), tres (03) de ellos presentan indicadores ecológicos:

Objetivo 1: Mantener la **dinámica del sistema hídrico** de pantanos de villa

Indicadores:

- Niveles cuerpos de agua (m)
- Aforo/caudal (m³/seg)
- Estándar de calidad del agua (cumplir ECA Agua Tipo IV)
- Nivel de napa freática (m)

Objetivo 2: **Mantener las poblaciones de aves** y su dinámica poblacional

Indicadores:

- Presencia/ausencia de especies de aves (indicadores de diversidad biológica)
- Abundancia relativa de especies de aves (conteos mensuales)

Objetivo 3: Mantener las **condiciones ecológicas de los hábitats de especies de aves** migratorias y residentes

Indicadores:

- Cobertura con afectación y cobertura sin afectación
- Grado de afectación (efectos por actividades antrópicas)

Objetivo 4: Promover el aprovechamiento sostenible de totora

Objetivo 5: Promover la actividad turística y recreativa

Objetivo 6: Promover la sensibilización ambiental en la zona de amortiguamiento del RVS los Pantanos de Villa

Objetivo 7: Promover e incrementar la participación ciudadana en la gestión del RVSPV

El Objetivo 1 “Mantener la **dinámica del sistema hídrico** de pantanos de villa” está relacionado al atributo **condición hídrica** y contiene tres indicadores a nivel físico y uno a nivel físico-químico, en cambio en el presente trabajo de tesis se consideran: un indicador a nivel físico (área de cuerpos de agua), uno a nivel físico-químico (calidad de agua) y uno a nivel biológico (riqueza de invertebrados acuáticos). Dentro de los indicadores físicos del Plan Maestro de Pantanos de Villa se encuentran el nivel del agua (superficial y subterránea) y el caudal, los cuales no han sido considerados en la presente tesis al no contar con información secundaria de tales indicadores

para los humedales de Puerto Viejo, Santa Rosa y Ventanilla, por lo cual se ha elegido el indicador “área de cuerpos de agua” al ser un dato encontrado para los cuatro (04) humedales en evaluación. Respecto al indicador físico-químico (calidad del agua), en Pantanos de Villa consideran todos los parámetros del ECA agua (MINAM, 2017), sin embargo, para el presente trabajo de tesis, se ha encontrado información del parámetro: potencial de hidrógeno (pH), para los cuatro (04) humedales en evaluación, el cual ha sido considerado como un parámetro relacionado fuertemente (a comparación de otros como temperatura, oxígeno disuelto, salinidad, sólidos totales disueltos, nitratos, potasio) a los gremios funcionales de macroinvertebrados en el río San Alberto, Oxapampa (Jaramillo, 2021). Asimismo, el pH del agua natural depende de la concentración de CO₂ y se relaciona a la composición de los terrenos (pH alcalino y suelos calizos, y pH ácido y suelos silíceos) (Gesta Agua 2010 *en* Jaramillo 2021). Respecto al indicador hidrobiológico, en Pantanos de Villa no se ha considerado ninguno, mientras que en el presente trabajo se está considerando “riqueza de invertebrados acuáticos”, debido a la importancia que tienen como bioindicadores de la calidad y cantidad del agua (Castillo y Huamantínco, 2020).

Para el objetivo 2, relacionado a la avifauna, el Plan Maestro de Pantanos de Villa considera índices de diversidad y abundancia relativa de aves, en cambio, en la presente tesis, se propone utilizar el indicador “riqueza de aves residentes y migratorias” al considerarse un indicador más preciso y fácil de medir respecto a aves, ya que la abundancia relativa en el caso de aves migratorias se presta a mucho sesgo del observador, en el caso de especies muy abundantes como la gaviota de Franklin *Leucophaeus pipixcan*.

El objetivo 3 se refiere a la condición de la flora, la cual es hábitat para aves, en el Plan Maestro de Pantanos de Villa están considerando los indicadores: cobertura con afectación y cobertura sin afectación, los cuales se relacionan a la intervención humana. Para la presente tesis se están considerando indicadores biológicos, mas no antrópicos: riqueza de plantas nativas, introducidas y carbono orgánico almacenado en vegetación aérea, estos indicadores difieren a los considerados en Pantanos Villa, ya que según las guías de compensación del MINAM (2016) no se consideran indicadores

antrópicos para hallar el valor ecológico de un ecosistema. Cabe indicar que, el indicador “Carbono orgánico almacenado en vegetación aérea” fue incluido con la finalidad de representar la funcionalidad del ecosistema, ya que el estado de conservación refleja la condición del ecosistema en términos de procesos y funciones ecológicas (MINAM, 2016).

Los objetivos 4, 5, 6 y 7 del Plan Maestro de Pantanos de Villa están enfocados a promover actividades de aprovechamiento sostenible con la población, lo cual no está relacionado directamente con el cálculo del valor ecológico, por lo tanto no se consideran dichos indicadores para los fines de la presente tesis.

De los tres (03) programas del Plan Maestro del ACR Humedales de Ventanilla (2009-2014), el programa “**Conservación de Recursos**” presenta los siguientes objetivos específicos e indicadores ecológicos:

1.1 Mantener la diversidad biológica

Indicadores:

- Superficie y **porcentaje de cobertura vegetal** (por cada tipo de hábitat)
- **Superficie (has) de cuerpos de agua**
- **Abundancia** de especies **vegetales y animal** totales y por hábitat (número de individuos/especies)
- **Diversidad** por tipo de hábitat (HShannon-Weaver)

1.2 Recuperar, ampliar y mantener los totorales y juncales

Indicador:

- Control de los impactos y amenazas que reducen las áreas de totora y junco manejados

1.3 Mejorar, mantener y ampliar los **espejos de agua**

Indicadores:

- Mantenimiento de canales y drenes del ACR Humedales de Ventanilla
- Incremento de la superficie de los espejos de agua (has)

1.4 Reducir los **niveles de contaminación** dentro del ACR Humedales de Ventanilla y Zona de Amortiguamiento:

Indicadores:

- Coliformes fecales
- Coliformes totales

- Metales pesados
- Oxígeno disuelto (mg/l)

1.5 Asegurar la sostenibilidad en el manejo de recursos naturales renovables

Indicadores:

- Abundancia de recursos naturales (has)
- Biomasa vegetal producida (kg/m²/año)
- Registro (padrones actualizados de extractores de recursos naturales renovables)

El objetivo 1.1 “Mantener la diversidad biológica” se relaciona con los tres atributos propuestos en la presente tesis: condición de la flora, avifauna y condición hídrica. El indicador que coincide con el propuesto en la presente tesis es “superficie de cuerpos de agua”. Por otro lado, el ACR Ventanilla considera medir la abundancia y diversidad de vegetación y fauna, mientras que en la presente tesis se propone riqueza de vegetación y avifauna.

El objetivo 1.2 “Recuperar, ampliar y mantener los totorales y juncales” se refiere a controlar las amenazas antrópicas que sufren las poblaciones de junco y totora, lo cual no puede ser comparado con los indicadores propuestos en la presente tesis ya que no involucran el tema antrópico.

Los objetivos 1.3 “Mejorar, mantener y ampliar los espejos de agua” y 1.4 “Reducir los niveles de contaminación dentro del ACR Humedales de Ventanilla y Zona de Amortiguamiento” se relacionan al atributo condición hídrica. Uno de los indicadores del objetivo 1.3 se refiere a incrementar el área de los cuerpos de agua, lo cual coincide con el indicador propuesto en la presente tesis (área de cuerpos de agua). Respecto al objetivo 1.4 sus indicadores son cuatro (04) parámetros de calidad de agua (coliformes fecales y totales, metales pesados y oxígeno disuelto), lo cual coincide con el indicador propuesto en la presente tesis (calidad de agua); sin embargo, debido a la información secundaria recopilada se ha considerado el parámetro pH, ya que se cuenta con información para los cuatro (04) humedales evaluados.

Respecto al último objetivo 1.5 “Asegurar la sostenibilidad en el manejo de recursos naturales renovables”, el indicador “Abundancia de recursos naturales (has)” es similar al indicador del objetivo 1.1 “Abundancia de

especies vegetales y animal totales y por hábitat (número de individuos/especies)”. Para la presente tesis, tal como se mencionó, no se está considerando el parámetro abundancia sino riqueza.

Cabe señalar que, los indicadores de los Planes Maestros del ACR Ventanilla y RVS Pantanos de Villa no consideran la riqueza de invertebrados acuáticos; sin embargo, dicho indicador se está considerando en la presente tesis.

Respecto a los humedales de Santa Rosa, si bien no se han encontrado documentos que identifiquen indicadores ecológicos para su gestión, en el Expediente técnico de Creación del Área de Conservación Ambiental Humedal Santa Rosa (Jimenez y Alcantara, 2017) se mencionan seis (06) objetos de conservación:

- a. Hábitats: Objeto 1. Cuerpos de agua permanente y temporales
Objeto 2. Totorales y juncales
- b. Especies endémicas: Objeto 3. *Geositta peruviana* “pampero peruano”
- c. Especies residentes con poblaciones grandes:
Objeto 4. *Anas cyanoptera* “pato colorado”
Objeto 5. *Anas bahamensis* “pato alabanco”
Objeto 6. *Burhinus superciliaris* “huerequeque”

Asimismo, Jimenez y Alcántara (2017) señalan que el grupo faunístico más representativo del humedal son las aves.

Como puede observarse, los seis (06) objetos de conservación hacen referencia a los componentes: agua, vegetación y aves, los cuales han sido abordados por los indicadores ecológicos en el presente trabajo de tesis.

En relación a los humedales de Puerto Viejo, en la Ficha Técnica del Estado de Conservación - Humedal de Puerto Viejo (SERFOR, 2020) se indican los criterios que ha cumplido dicho humedal para ser considerado como ecosistema frágil:

- a. Relevancia biológica de flora y fauna silvestre: Valor asignado “muy alto”, debido a la riqueza de especies de flora y/o fauna silvestre nativa en relación con su entorno, con presencia de al menos cinco especies amenazadas y/o endémicas.

- b. Estado del hábitat: Valor asignado “alto”, debido a la presencia de extensiones discontinuas de cobertura forestal silvestre o de formación vegetal silvestre, asimismo, presenta perturbación antrópica que afecta hasta el 5% del ecosistema.
- c. Provisión de servicios ecosistémicos: Valor asignado “medio”, debido a la presencia en el área de al menos un servicio ecosistémico bajo aprovechamiento a nivel local, con beneficios económicos a nivel local.
- d. Involucramiento del gobierno regional: Valor asignado “alto”, debido a que ha sido declarado como sitio prioritario para la conservación.
- e. Involucramiento del gobierno local: Valor asignado “medio”, debido al reconocimiento de la importancia del área.
- f. Involucramiento de la población local: Valor asignado “muy alto”, debido a las medidas de conservación y/o manejo consolidadas.

Cabe indicar que, Mediante Ordenanza Regional N° 005-2018-CR-GRL, en el 2018 se creó el Sistema Regional de Conservación Lima, donde se incluye al Humedal Costero Puerto Viejo como área prioritaria para la conservación y actualmente el Gobierno Regional de Lima está en proceso de declararlo Área de Conservación Regional (SERFOR, 2020).

De los seis (06) criterios mencionados, los tres (03) primeros corresponden a la ponderación para el “valor de conservación”, siendo el criterio “Relevancia biológica de fauna y flora silvestre” similar a los indicadores riqueza de plantas y aves, propuestos en el presente trabajo de tesis.

Finalmente, es importante señalar que, Ortegón et al. (2005) recomiendan incluir el menor número posible de indicadores ya que la evaluación de muchos indicadores puede ser contraproducente, costosa y exigente en términos de recolección de la información y análisis de resultados.

Por lo expuesto, los ocho (08) indicadores ecológicos propuestos en el presente trabajo de tesis se consideran adecuados para calcular el valor ecológico de los cuatro (04) humedales costeros en evaluación y así estimar su estado de conservación.

4.2.2 Valor ecológico de los humedales costeros de Lima y Callao.

Tal como se indicó en resultados, los cuatro (04) atributos para los humedales costeros propuestos inicialmente (ver Tabla 7), se redujeron a tres (03): (i) Condición de la flora, (ii) Avifauna del sitio y (iii) Condición hídrica, eliminándose “condición del suelo”. Este atributo contenía un solo indicador “carbono orgánico almacenado”, que no fue seleccionado mediante el índice de idoneidad debido a que no cumplió con los criterios “simplicidad” y “disponibilidad de información” ya que no se encontró información secundaria de dicho indicador para los humedales de Ventanilla, Puerto Viejo y Santa Rosa. En cambio, para los atributos (i) Condición de la flora, (ii) Avifauna del sitio y (iii) Condición hídrica, se encontró información para los cuatro (04) humedales costeros en evaluación, lo cual es confirmado por Sánchez, Cuba y Aponte (2021).

Es así que los atributos (i) Condición de la flora, (ii) Avifauna del sitio y (iii) Condición hídrica, representan la estructura, biodiversidad y funcionalidad del ecosistema, coincidiendo con lo mencionado por Cadier et al. (2020) quienes encontraron que el atributo “diversidad estructural” es el más estudiado en humedales costeros seguido por “función ecosistémica”, siendo éste último atributo más importante para evaluar la recuperación de servicios ecosistémicos, el principal objetivo de la restauración.

Por otro lado, respecto a humedales altoandinos, Calvo (2016) desarrolló un esquema para evaluar el estado de salud de los bofedales basado en tres atributos: integridad biótica, función hidrológica y estabilidad del sistema, cada uno con sus respectivos indicadores concluyendo que su metodología refleja el estado de la estructura y el nivel en que se encuentran las funciones ecológicas básicas como productividad, ciclo hidrológico, biodiversidad y estabilidad del sistema ecológico.

A nivel internacional, se tiene la experiencia en la Isla Bainbridge (Washington, Estados Unidos), donde se consideró para la compensación ambiental de un humedal, los atributos ecológicos: estructura de la vegetación, hidroperiodo, riqueza de especies de plantas, características especiales del hábitat y corredores/conectores (BBOP, 2009); mientras que en Costa Rica,

Rodríguez (2017) realizó una evaluación del estado de los humedales, incluyendo: estudio de la calidad físicoquímica y microbiológica del agua, estado conservación de las comunidades de aves y plantas acuáticas como bioindicadoras, y la identificación de los servicios ecosistémicos, así como de las amenazas e impactos que tienen las actividades humanas. Como puede evidenciarse, dichos estudios consideraron atributos ecológicos relacionados a la condición de la vegetación, agua y aves, lo cual coincide con lo propuesto en el presente estudio.

Por su parte, Novoa y Sánchez (2016) realizaron una investigación en los humedales El Coco (Colombia) incorporando los factores de compensación biodiversidad de herpetofauna, almacenamiento de carbono y flujo de gases efecto invernadero, cuyos resultados demostraron que ecosistemas acuáticos someros altamente alterados mantienen importantes funciones ecosistémicas, que deben ser cuantificadas e incorporadas en las metodologías para compensación por pérdida de biodiversidad.

4.2.3 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 evidencian la relación entre el nivel de gestión ambiental y el estado de conservación de los humedales costeros. Alvitez et al. (2012) determinaron la riqueza de flora acuática, encontrando que el humedal Tres Palos presentó la mayor cantidad de especies de flora vascular, posiblemente porque está protegido por el Instituto Nacional de Cultura al formar parte de un complejo arqueológico; mientras que el humedal de Salaverry presentó menor riqueza debido a que no cuenta con planes de protección. Por su parte, Pulido y Bermúdez (2018) 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 (SENACE, 2018), 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 (ver Tabla 3. “Indicadores ecológicos de humedales costeros en base a información secundaria”). Cabe recalcar que, dicho Plan de Compensación consideró al RVS Pantanos de Villa como ecosistema de referencia, lo cual se ha visto conveniente replicar para el 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 y Bermúdez, 2018), tal como se señaló en el ítem 4.1.2 “Valor ecológico de los humedales costeros de Lima y Callao”, se está considerando a Pantanos de Villa como el ecosistema de referencia, debido a que es el humedal costero más estudiado a nivel nacional (Sánchez, Cuba y Aponte, 2021), 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 (Ramsar, 2022). Por lo tanto, es el humedal con mayor nivel de gestión ambiental de la costa peruana y se asume que presenta el mayor estado de conservación (“muy bueno”, valor ecológico = 10). Asimismo, Pulido y Bermúdez (2018) señalan que: “La conservación de la diversidad biológica depende fundamentalmente de las medidas de conservación que se han adoptado a través del Estado, así como la condición de Refugio de Vida Silvestre como “Área Natural Protegida” brinda las garantías necesarias para la conservación de la diversidad biológica”.

El segundo lugar en estado de conservación (“bueno”, valor ecológico = 7.3) le corresponde al humedal de Santa Rosa el cual presenta un nivel de gestión local: Área de Conservación Ambiental. Por su parte, Castillo y Huamantínco

(2020) en su estudio sobre de macroinvertebrados acuáticos en la zona litoral del humedal costero Santa Rosa, aplicaron la “Matriz de Evaluación de Humedales” (Moss, 2006) la cual involucra componentes geográficos, hidrológicos, biológicos y sociales, encontrando que dicho humedal tiene una valoración “regular”.

Cabe indicar que, Aponte y Cano (2013), encontraron en su estudio florístico comparativo de seis humedales de la costa de Lima, que Pantanos de Villa presentó la mayor riqueza florística y los humedales de Santa Rosa presentaron la mayor cantidad de especies invasoras.

El tercer lugar en estado de conservación (“bueno”, valor ecológico = 6.8) lo obtuvieron los humedales de Ventanilla presentando un nivel de gestión regional: Área de Conservación Regional. Este resultado concuerda con Román (2018) quien también utilizó la “Matriz de Evaluación de Humedales” (Moss, 2006) 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”. Cabe indicar que dicha matriz de evaluación de humedales es un método de valoración ambiental que tiene como objetivo determinar el grado de integridad de estaciones de muestreo, en relación al impacto antrópico.

Finalmente, se tiene el humedal de Puerto Viejo (valor ecológico = 6) el cual presenta un estado de conservación “bueno”, si bien está incluido como ecosistema frágil sectorial por el SERFOR, así como área prioritaria para la conservación por el Gobierno Regional de Lima y se encuentra en proceso de ser declarado Área de Conservación Regional (SERFOR, 2020), actualmente no presenta acciones concretas para su protección por parte de la administración pública.

Es importante señalar que, según el valor ecológico obtenido coloca a los humedales de Santa Rosa en un estado de conservación mayor que Ventanilla y éstos a su vez mayores que el humedal de Puerto Viejo, la diferencia entre estos puntajes es mínima (varía entre 6 y 7.3) y se encuentran dentro del rango de estado de conservación “bueno”. Cabe resaltar que, dicha valoración se ha realizado tomando como ecosistema de referencia al RVS Pantanos de Villa,

el cual se asume que presenta un estado de conservación “muy bueno” debido a las razones indicadas líneas arriba. Por lo tanto, los resultados del presente trabajo de tesis deben interpretarse dentro del supuesto de que el RVS Pantanos de Villa es considerado el ecosistema de referencia y considerando que los datos analizados provienen de información secundaria actualizada y disponible, a fin de brindar una aproximación de los indicadores ecológicos más representativos para hallar el valor ecológico de los humedales costeros de la costa peruana.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se identificaron ocho (08) indicadores ecológicos representativos de humedales costeros, los cuales fueron seleccionados a partir de ocho (08) criterios de idoneidad, lo cual apoya la primera hipótesis.
- Los indicadores ecológicos seleccionados reflejan la estructura, biodiversidad y funcionalidad del ecosistema: humedal costero.
- Las características bióticas y abióticas de los humedales costeros de Lima y Callao tuvieron influencia directa sobre su valor ecológico, lo cual apoya la segunda hipótesis.
- De los tres (03) 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 (08) 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”.
- Se encontró una relación directa entre el nivel de gestión ambiental y el valor ecológico de los humedales costeros de Lima y Callao, lo cual apoya la tercera hipótesis.
- Se tomó como referencia al RVS Pantanos de Villa (estado de conservación “muy bueno”) al tener evidencias de ser el humedal costero mejor estudiado, con mayor nivel de gestión y estar considerado como un humedal importante a nivel internacional (sitio Ramsar).
- Los humedales de Santa Rosa, Ventanilla y Puerto Viejo, obtuvieron valores ecológicos de 7.3, 6.8 y 6.0, respectivamente, estando dentro del rango de estado de conservación “bueno”.

- Los humedales costeros son ecosistemas muy importantes para el bienestar humano, por lo tanto, deben ser protegidos y gestionados adecuadamente a lo largo de toda la costa peruana para garantizar su sostenibilidad.

5.2 Recomendaciones

- Continuar realizando investigaciones científicas en los humedales costeros del Perú, en especial aquellos ubicados más distantes a la capital de los cuales no se cuenta con suficiente información.
- Priorizar la investigación de la condición hídrica (calidad y cantidad de agua) de los humedales costeros, ya que se considera el atributo más importante para dichos ecosistemas.
- Fortalecer la gestión ambiental de los humedales de Ventanilla y Santa Rosa, mediante medidas de restauración y conservación, a fin de mejorar su estado de conservación.
- Concretar la designación de los humedales de Puerto Viejo como Área de Conservación Regional, a fin de promover su recuperación y mejorar su estado de conservación.
- Utilizar como referencia los indicadores, atributos y valores ecológicos hallados en el presente trabajo de tesis para documentos de gestión de humedales costeros, tales como guías del estado de conservación, programas de monitoreo, planes de compensación, restauración, rehabilitación, entre otros.
- Priorizar la protección de todos los humedales costeros del Perú, de manera integral y multisectorial, en coordinación con las instituciones públicas, privadas y la sociedad civil.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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. 40 pp.
- Alvitez, E., Fernández, A., Peláez, F., y 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.
- Aponte, H. (2017). Humedales de la costa central del Perú. Un diagnóstico de los humedales Santa Rosa, Laguna El Paraíso y Albúfera de Medio Mundo. *Programa de Desarrollo Costero. Cooperación*, Primera Edición. 1-114 pp.
- Aponte, H. y 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.
- Bermejo, R. (2014). *Del Desarrollo Sostenible según Brundtland a la sostenibilidad como biomimesis*. Bilbao, España: Hegoa.
- Business and Biodiversity Offsets Programme (BBOP). (2009, 5 de enero). BBOP Pilot Project Case Study. Bainbridge Island. *Forest Trends*. Recuperado de <https://www.forest-trends.org/>
- Cadier C, Bayraktarov E, Piccolo R and Adame MF (2020). Indicators of Coastal Wetlands Restoration Success: A Systematic Review. *Frontiers in Marine Science*. Recuperado de <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2020.600220/full>
- Calvo, V. (2016). Marco conceptual y metodológico para estimar el estado de salud de bofedales de alta montaña. (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Carlotto, V., Cárdenas, J., Casos, G., Carlotto, S y Kjuuro, S. (2010). Caracterización y puesta en valor del humedal inca de Wayllarcocha – Saqsaywuaman: Cusco. En *XV Congreso Peruano de Geología*. Sociedad Geológica del Perú.

- Castillo, R. y 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.
- Cervantes, M. (2007). Conceptos fundamentales sobre ecosistemas acuáticos y su estado en México. En O. Sánchez, M. Herzig, E. Peters, R. Márquez-Huitzil y L. Zambrano. (Ed.) *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México* (pp 37 – 67) México: Instituto Nacional de Ecología.
- Congreso de la República. (2005). Ley General del Ambiente. Ley 28611. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/06/ley-general-del-ambiente.pdf>
- Congreso de la República. (2011). *Ley Forestal y de Fauna Silvestre. Ley 29763*. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-29763.pdf>
- Convención sobre los Humedales Ramsar. (2015). Nota Informativa 7: Estado de los humedales del mundo y de los servicios que prestan a las personas: una recopilación de análisis recientes. Recuperado de <http://www.ramsar.org>.
- Convención sobre los Humedales Ramsar. (2022). Servicio de Información sobre Sitios Ramsar. Recuperado de https://rsis.ramsar.org/es/risearch/?language=es&f%5B0%5D=regionCountry_es_ss%3AAmerica%20Latina%20y%20el%20Caribe&f%5B1%5D=regionCountry_es_ss%3APer%C3%BA
- Fundación Peruana para la Conservación de la Naturaleza (Pro Naturaleza). (2010). *Documento Base para la Elaboración de una estrategia de conservación de los Humedales de la Costa Peruana. Humedales en la Costa Peruana*. Recuperado de http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/humedales_de_la_costa_peruanavf.pdf
- Gobierno Regional del Callao. (2009). *Plan Maestro 2009 - 2014: Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla*. Recuperado de <file:///C:/Users/Intel/Desktop/TESIS/Bibliografia/Humedalesss%20Per%C3%BA/Humedales%20de%20Ventanilla/Gestion/Plan%20Maestro>

%202009%20-

%202014%20ACR%20Humedales%20de%20Ventanilla.pdf

Herrera, B. y 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*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. Serie técnica No. 14. 23 p.

Jaramillo, G. (2021). Estructura y composición comunitaria de macroinvertebrados bentónicos, como referentes de la calidad del agua – cuenca San Alberto, Oxapampa, Perú. (tesis de posgrado). Universidad Nacional Agraria La Molina.

Jorgensen, S; Xu, F y Constanza, R. (2010). *Ecological Indicators for Assessment of Ecosystem Health*. Recuperado de https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=7y3NBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=ecological+indicators+wetlands&ots=B1DAXj81k&sig=hyJOWaHWa_7YXLRW1si44c71uo#v=onepage&q=ecological%20indicators%20wetlands&f=false.

León, B; Cano, A y Young, K. (1995). La Flora Vasculare de los Pantanos de Villa, Lima, Perú: Adiciones y Guía para las especies comunes. *Museo de Historia Natural Universidad Mayor de San Marcos*, 38, 1-39.

López, D. y Quintero, J. (2015). Compensaciones de biodiversidad: Experiencias en Latinoamérica y aplicación en el contexto Colombiano. *Gestión y Ambiente*, 18 (1), 159-177.

Murcia, C., Guariguata, M., Quintero-Vallejo, E y Ramírez, W. (2017). *La restauración ecológica en el marco de las compensaciones por pérdida de biodiversidad en Colombia: Un análisis crítico*. Documentos Ocasionales 176. CIFOR. Recuperado de http://www.cifor.org/publications/pdf_files/OccPapers/OP-176.pdf

Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI) (2018). Aprueban incorporación de 36 ecosistemas frágiles a la “Lista sectorial de ecosistemas frágiles”. Resolución de Dirección Ejecutiva N° 153-2018-MINAGRI-SERFOR-DE (18.07.2018).

- Ministerio del Ambiente (MINAM) (2009). *Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental*. Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds-019-2009-minam-a.pdf>
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2014). *Lineamientos para la Compensación Ambiental en el marco del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)*. Resolución Ministerial N° 398-2014-MINAM. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/patrimonionatural/wpcontent/uploads/sites/6/2013/09/Lineamientos-de-Compensacion-Ambiental-170915.pdf>
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2015). *Estrategia Nacional de Humedales*. Resolución Ministerial N° 004-2015-MINAM. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2015/01/Anexo-Decreto-Supremo-N%C2%B0-004-2015-MINAM2.pdf>
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2016). *Guía Complementaria para la Compensación Ambiental: Ecosistemas Altoandinos*. Resolución Ministerial N° 183-2016-MINAM. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/perunatural/2016/07/25/minam-presenta-la-guia-complementaria-para-la-compensacion-ambiental-ecosistemas-altoandinos/>
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2016). *Guía General para el Plan de Compensación Ambiental*. Resolución Ministerial N° 066-2016-MINAM. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/03/RM-N%C2%B0-066-2016-MINAM.pdf>
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2019). *Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú*. Memoria Descriptiva. Recuperado de <https://sinia.minam.gob.pe/mapas/mapa-nacional-ecosistemas-peru>
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2019). *Guía de evaluación del estado del Ecosistema de bofedal*. Recuperado de <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/guia-evaluacion-estado-ecosistema-bofedal>
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2020). *Guía para la elaboración de la Estrategia de Manejo Ambiental en el marco del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental*. Recuperado de

<https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/396374-019-2020-minam>.

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2021). Disposiciones generales para la gestión multisectorial y descentralizada de los humedales. Recuperado de <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-las-disposiciones-generales-para-la-gestion-multis-decreto-supremo-n-006-2021-minam-1950469-9/>

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2022). Guía de evaluación del estado de los Ecosistemas de Bosques Relictos: Altoandino, Mesoandino y Montano de Vertiente Occidental. Recuperado de https://geoservidor.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2022/09/Guia_Evaluacion_BOSQUES_RELICTOS.pdf

Naciones Unidas. (2015, 25 de setiembre). La Asamblea General adopta la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>

Naeem, S., Chair, F., Chapin III, F., Constanza, R., Ehrlich, P., Golley, F., Hooper, D., Lawton, J., O'Neill, R., Mooney, H., Sala, O., Symstad, A y Tilman, D. (1999). La Biodiversidad y el Funcionamiento de los Ecosistemas: Manteniendo Los Procesos Naturales Que Sustentan La Vida. *Tópicos en Ecología*, (4), 1-13. Recuperado de <https://www.esa.org/wp-content/uploads/2013/03/numero4.pdf>

Novoa, D y 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)*. (tesis de maestría). Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Bogotá D.C., Colombia.

Ochoa-Balbacea D, Gonzales S, Apeño A y 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. Odum, E y

- G. Barrett. (2006). *Fundamentos de Ecología*. Ciudad de México, México: Cengage Learning.
- Ortegón, E., Pacheco, J. y A. Prieto. (2005). *Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas*. Recuperado de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5607/S057518_es.pdf
- Presidencia del Consejo de Ministros (PCM). (2005). *Reglamento de la Ley N° 28245, Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental*. Decreto Supremo N° 008-2005-PCM. Recuperado de http://spijlibre.minjus.gob.pe/normativa_libre/main.asp
- Pittock, J., Finlayson, M., Arthington, A., Roux, D., Matthews, J., Biggs, H., Harrison, I., Blom, E., Flitcroft, R., Froend, R., Hermoso, V., Junk, W., Kumar, R., Linke, S., Nel, J., Nunes da Cunha, C., Pattnaik, A., Pollard, S., Rast, W., Thieme, M., Turak, E., Turpie, J., van Niekerk, L., Willems, D. y Viers, J. (2019). *Gestión de áreas protegidas de agua dulce, ríos, humedales y estuarios*. En G. Worboys, M. Lockwood, A. Kothari, S. Feary e I. Pulsford (Eds.). *Gobernanza y gestión de áreas protegidas*, (pp. 607-650). Bogota, Colombia: Editorial Universidad El Bosque y ANU Press.
- Pulido, V. y Bermúdez, L. (2018). Estado actual de la conservación de los hábitats de los Pantanos de Villa, Perú. *Arnaldoa*, 25 (2), 679-702.
- Pulido, V. y Bermúdez, L. (2018). Patrones de estacionalidad de las especies de aves residentes y migratorias de los Pantanos de Villa, Lima, Perú. *Arnaldoa*, 25 (3), 1107-1128.
- Rodriguez, E., Pollack, L., Alvitez, E y 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.
- 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
- Quiñones, A y Hernandez, F. (2017). Uso de hábitat y estado de conservación de las aves en el humedal El Paraíso, Lima, Perú. *Revista peruana de biología* 24(2), 175 – 186.
- Quiroga, R. (2009). *Guía Metodológica para desarrollar indicadores ambientales y de desarrollo sostenible en países de América Latina y el Caribe*. Recuperado de <https://www.cepal.org/es/publicaciones/5502-guia-metodologica-desarrollar-indicadores-ambientales-desarrollo-sostenible>
- Ramírez, D., y Aponte, H. (2018). Por qué los Humedales de Puerto Viejo perdieron su protección legal: analizando los motivos. *Revista peruana de biología*, 25(1), 049 – 054.
- Rodríguez, C. (2017). *Plan de rehabilitación ecológica, manejo y conservación de los humedales de la quebrada El Estero, San Ramón, Alajuela*. (tesis de doctorado). Universidad Nacional. Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica.
- Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SERNANP). (2016). *Plan Maestro del refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa, periodo 2016 - 2020*. Resolución Presidencial N° 169-2016-SERNANP. Recuperado de https://old.sernanp.gob.pe/sernanp/archivos/baselegal/Resoluciones_Presidenciales/2016/RP%20N%20169-2016-SERNANP.pdf
- Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR). (2020). *Ficha Técnica del Estado de Conservación del Humedal Costero Puerto Viejo*. Recuperado de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1454682/Ficha_Tecnica-EF_Humedal_Costero_-_Puerto_Viejo__VF.pdf
- Robles, P. y Rojas, M. (2015). *La validación por juicio de expertos: dos investigaciones cualitativas en Lingüística aplicada*. Revista Nebrija de Lingüística Aplicada. 16 p.
- Therburg, A., D’Inca, V. y López, M. (2005). Modelo de indicadores ambientales. Observatorio Ambiental. *Proyección N° 3*, 1 (3), 1-17.

- Villarraga, E. (2017). *Sistema de indicadores de turismo sostenible para los Municipios Tolú y Coveñas, departamento de Sucre*. (tesis de maestría). Universidad tecnológica de Bolívar. Cartagena de Indias, República de Colombia.
- Walsh Perú S.A. (2018). *Plan de Compensación Ambiental de la Modificación del EIA del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez, presentado para Lima Airport Partners. Capítulo 8 Estrategia de Manejo Ambiental*. 1323-1602.

ANEXOS

Anexo 1: Declaración de Autenticidad



Escuela de Posgrado

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y NO PLAGIO

DECLARACION DEL GRADUANDO

Por el presente, el graduando:

JURADO ZEVALLOS, MAURA ANGÉLICA

en condición de egresado del Programa de Posgrado

MAESTRIA EN ECOLOGIA Y GESTION AMBIENTAL

deja constancia que ha elaborado la tesis titulada

Efecto de la gestión ambiental en el estado de conservación de cuatro humedales costeros de Lima y Callao, en el marco de la compensación ambiental

Declara que el presente trabajo de tesis ha sido elaborado por ella misma y no existe plagio/copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso o similar) presentado por cualquier persona natural o jurídica ante cualquier institución académica, de investigación, profesional o similar) presentado por cualquier persona natural o jurídica ante cualquier institución académica, de investigación, profesional o similar.

Deja constancia que la cita de otros autores ha sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no ha asumido como suyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o de la Internet.

Asimismo, ratifica que es plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asume la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento y es consciente de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, el graduando se somete a lo dispuesto en las normas de las Universidad Ricardo Palma y los dispositivos legales vigentes.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Maura".

23/03/22

Firma del graduando

Fecha

Anexo 2: Autorización de consentimiento para realizar la investigación.



Escuela de Posgrado

DECLARACIÓN PARA REALIZAR LA INVESTIGACION

DECLARACIÓN DEL RESPONSABLE DEL AREA O DEPENDENCIA DONDE SE REALIZARA LA INVESTIGACION

Dejo constancia que el área o dependencia que dirijo, ha tomado conocimiento del proyecto de tesis titulado:

Efecto de la gestión ambiental en el estado de conservación de cuatro humedales costeros de Lima y Callao, en el marco de la compensación ambiental

El mismo que es realizado por el Sr./Srta. estudiante

JURADO ZEVALLOS MAURA ANGELICA

En condición de estudiante -investigador del Programa de:

MAESTRIA EN ECOLOGIA Y GESTION AMBIENTAL

Asimismo, señalamos que según nuestra normativa interna procederemos con el apoyo al desarrollo del proyecto de investigación, dando las facilidades del caso para aplicación de los instrumentos de recolección de datos.

En razón de lo expresado doy mi consentimiento para el uso de la información y/o la aplicación de los instrumentos de recolección de datos:

| | | |
|--|---|-------------------------------------|
| Nombre de la empresa: Persona natural | Autorización para el uso del nombre de la Empresa en el Informe Final | <input checked="" type="radio"/> SI |
| | | <input type="radio"/> NO |

| | |
|--|---|
| Apellidos y Nombres del jefe/Responsable del área: Jurado Zevallos Maura Angélica | Cargo del Jefe/Responsable del área: Sin cargo |
|--|---|

| | |
|--|---|
| Teléfono fijo (incluyendo anexo) y/o celular: 993689501 | Correo electrónico de la empresa: maurajuradoz@gmail.com |
|--|---|

Firma

23/03/22

Fecha

Anexo 3: Matriz de Consistencia

| Preguntas | Objetivos | Hipótesis | Variables | | Metodología |
|---|--|---|--|--|--|
| GENERAL | | | Dependiente | Independiente | <ul style="list-style-type: none"> - Tipo: Mixta (cuantitativa y cualitativa) - Método: No experimental, causal y explicativa. - Tipo de muestro: Estadística descriptiva - Muestra: Cuatro humedales costeros del Perú: Pantanos de Villa, Humedales de Ventanilla, Humedales de Santa Rosa y Humedales de Puerto Viejo - Metodología: Basada en Quiroga, 2009 y Queirós et al. 2016: Se evaluará cada indicador propuesto según los criterios de idoneidad elegidos. - Una vez determinados los indicadores idóneos, se procederá a hallar el valor ecológico para cada uno de los humedales costeros, según la metodología del Ministerio del Ambiente (Resolución Ministerial N° 183-2016-MINAM) |
| Qué efecto tiene la gestión ambiental sobre el estado de conservación de los humedales costeros de Lima y Callao? | Analizar el efecto que tiene la gestión ambiental sobre el estado de conservación de los humedales costeros de Lima y Callao. | La gestión ambiental de los humedales costeros de Lima y Callao, tiene un efecto positivo sobre el estado de conservación de los cuatro humedales seleccionados | Estado de conservación | Gestión ambiental | |
| ESPECIFICOS | | | | | |
| Qué efecto tienen los indicadores ecológicos de los humedales costeros en su índice de idoneidad? | Analizar el efecto de los indicadores ecológicos sobre su índice de idoneidad, para determinar aquellos indicadores representativos de humedales costeros. | Los indicadores ecológicos, al cumplir suficientes criterios de selección, tienen un efecto positivo en el índice de idoneidad. | <ul style="list-style-type: none"> - Índice de idoneidad - Valor ecológico | <ul style="list-style-type: none"> - Indicadores ecológicos - Integridad de humedales costeros - Nivel de gestión ambiental (local, regional, nacional) | |
| Qué efecto tienen los humedales costeros de Lima y Callao en su valor ecológico? | Analizar la influencia de los humedales costeros de Lima y Callao sobre su valor ecológico, usando los indicadores ecológicos idóneos. | Las características bióticas y abióticas de los humedales costeros de Lima y Callao tienen influencia sobre su valor ecológico. | | | |
| Qué efecto tiene el nivel de gestión ambiental (local, regional, nacional) sobre el valor ecológico de los humedales costeros de Lima y Callao? | Determinar la relación entre el nivel de gestión ambiental (local, regional y nacional) y el valor ecológico de los humedales costeros de Lima y Callao. | Existe una relación directa entre el nivel de gestión ambiental y el valor ecológico de los humedales costeros de Lima y Callao.. | | | |

Anexo 4: Formato de encuesta a expertos en humedales

Sección 1 de 8

Propuesta de atributos e indicadores ecológicos para humedales costeros del Perú

Esta encuesta tiene como objetivo recopilar la opinión de expertos en humedales costeros, a fin de obtener información para la tesis de maestría titulada: "Efecto de la gestión ambiental en el estado de conservación de cuatro humedales costeros de Lima y Callao, en el marco de la compensación ambiental". Se agradece de antemano su tiempo y disposición en atender las preguntas.

Nombre y apellidos *

Texto de respuesta corta

Profesión/Especialidad *

Texto de respuesta corta

Institución/Centro de trabajo *

Texto de respuesta corta

Sección 2 de 8

Valor ecológico

Según la "Guía Complementaria para la Compensación Ambiental: Ecosistemas Altoandinos" (R.M. 183-2016-MINAM) el "valor ecológico" es el valor que representa el estado de conservación de un ecosistema. La metodología para el cálculo del valor ecológico involucra a los atributos e indicadores más representativos de un ecosistema determinado.

En la siguiente propuesta se consideran 4 atributos y 18 indicadores para humedales costeros:

Atributos: Representan la estructura, composición y función del ecosistema.



Descripción (opcional)

1. De la siguiente lista de atributos, cuáles considera usted adecuados para calcular el valor ecológico de los humedales costeros? (Puede marcar varias opciones y proponer otros atributos en la opción "otro") *

- Condición de la flora
- Condición del suelo
- Avifauna del sitio
- Condición hídrica
- Otra...

Indicadores: Son parámetros o características observables de un ecosistema fáciles de evaluar y que brindan información sobre el estado del atributo.



2. De la siguiente lista de indicadores, indique el NIVEL DE IMPORTANCIA de cada indicador (del 1 al 10) para calcular el valor ecológico de los humedales costeros. (Puede proponer otros indicadores en la opción "otro")

Indicadores del atributo "Condición de la flora":



Descripción (opcional)

1. Porcentaje de riqueza de plantas nativas *

| | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| <input type="radio"/> |

2. Porcentaje de riqueza de plantas introducidas *

| | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| <input type="radio"/> |

3. Cobertura de comunidades de plantas nativas *

| | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| <input type="radio"/> |

4. Número de comunidades de plantas nativas *

| | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| <input type="radio"/> |

5. Cobertura de comunidades de plantas introducidas *

| | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| <input type="radio"/> |

6. Número de comunidades de plantas introducidas *

| | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| <input type="radio"/> |

7. Biomasa vegetal *

| | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| <input type="radio"/> |

Otro/s indicador/es

Texto de respuesta larga

Indicadores del atributo "Condición del suelo":



Descripción (opcional)

8. Carbono orgánico almacenado en el suelo *

| | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| <input type="radio"/> |

Otro/s indicador/es

Texto de respuesta larga

Indicadores del atributo "Avifauna del sitio": ✕ ⋮

Descripción (opcional)

9. Riqueza de aves residentes *

| | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| <input type="radio"/> |

10. Riqueza de aves migratorias *

| | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| <input type="radio"/> |

11. Abundancia de aves residentes *

| | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| <input type="radio"/> |

12. Abundancia de aves migratorias *

| | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| <input type="radio"/> |

Otro/s indicador/es

Texto de respuesta larga

Indicadores del atributo "Condición hídrica": × ⋮

Descripción (opcional)

13. Área de cuerpos de agua *

| | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| <input type="radio"/> |

14. Cantidad de cuerpos de agua *

| | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| <input type="radio"/> |

15. Calidad del agua *

| | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| <input type="radio"/> |

16. Riqueza de invertebrados acuáticos *

| | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| <input type="radio"/> |

17. Abundancia de invertebrados acuáticos *

| | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| <input type="radio"/> |

18. Conectividad hidrológica del humedal *

| | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| <input type="radio"/> |

Otro/s indicador/es

Texto de respuesta larga