



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Dirección General de Estudios de Posgrado
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera,
Metalúrgica y Geográfica
Unidad de Posgrado

**Impacto del material particulado en humedales marino
costeros región Callao-Perú, periodo 2020-2021**

TESIS

Para optar el Grado Académico de Doctora en Ciencias
Ambientales

AUTOR

Irma Janet ZEGARRA TELLO

ASESOR

Dr. Carlos Francisco CABRERA CARRANZA

Lima, Perú

2024



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Zegarra, I. (2024). *Impacto del material particulado en humedales marino costeros región Callao-Perú, periodo 2020-2021*. [Tesis de doctorado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Unidad de Posgrado]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Irma Janet Zegarra Tello.
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	10141903
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-2227-7708
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Carlos Francisco Cabrera Carranza
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	17402784
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-5821-5886
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Rolando Reátegui Lozano
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06418510
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Jorge Leonardo Jave Nakayo
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	01066653
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Oscar Rafael Tinoco Gómez
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08606920
Datos de investigación	

Línea de investigación	C.0.2.1. Remediación de aire, agua y suelo C.0.2.5. Contaminación del ambiente
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Callao 07021 Provincia: Callao Distrito: Callao Urbanización: -- Avenida: Contralmirante Mora 1102 Latitud: -12.03823 Longitud: -77.13647
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2020 - 2021
URL de disciplinas OCDE	Ciencias del medio ambiente: https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08 Biorremediación, Biotecnologías de diagnóstico en la gestión ambiental: https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.08.02



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

SUSTENTACIÓN PÚBLICA

En la Universidad Nacional Mayor de San Marcos - Lima, a los ocho días del mes de febrero del año dos mil veinticuatro, siendo las quince horas, se reúnen los suscritos Miembros del Jurado Examinador de Tesis, nombrado mediante Dictamen N° 000064-2024-UPG-VDIP-FIGMMG/UNMSM del 30 de enero del 2024, con la finalidad de evaluar la sustentación oral de la siguiente tesis:

TÍTULO

«IMPACTO DEL MATERIAL PARTICULADO EN HUMEDALES MARINO COSTEROS REGIÓN CALLAO - PERÚ, PERIODO 2020 - 2021»

Presentado por la Mg. **IRMA JANET ZEGARRA TELLO**, para optar el **GRADO ACADÉMICO DE DOCTORA** en **CIENCIAS AMBIENTALES**.

El Secretario del Jurado Examinador de la Tesis, analiza el expediente N° 06429/FIGMMG/2019 de fecha 24 de julio del 2019, en el marco legal y Estatutario de la Ley Universitaria, acreditando que tiene todos los documentos y que cumplió con las etapas del trámite según el «Reglamento General de Estudios de Posgrado», aprobado con Resolución Rectoral N° 04790-R-18 del 08 de agosto del 2018.

Luego de la Sustentación, se procede con la calificación de la Tesis, de acuerdo al procedimiento respectivo y se registra en el acta correspondiente de conformidad al Art. 72 del precitado Reglamento, correspondiéndole al graduando la siguiente calificación:

MUY BUENO (18)

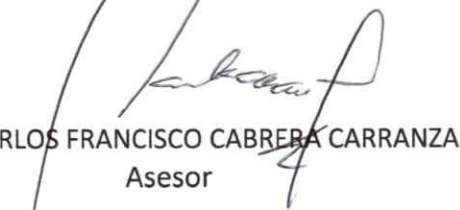
Habiendo sido aprobada la sustentación de la Tesis, el Presidente recomienda a la Facultad se le otorgue el **GRADO ACADÉMICO DE DOCTORA** en **CIENCIAS AMBIENTALES** a la Mg. **IRMA JANET ZEGARRA TELLO**.

Siendo las 16:00 horas, se dio por concluido al acto académico.


DR. ROLANDO REÁTEGUI LOZANO
Presidente


DR. JORGE LEONARDO JAVE NAKAYO
Secretario


DR. OSCAR RAFAEL TINOCO GÓMEZ
Miembro


DR. CARLOS FRANCISCO CABRERA CARRANZA
Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú. Decana de América

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA
UNIDAD DE POSGRADO

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo Dr. Carlos Francisco Cabrera Carranza en mi condición de asesor acreditado con el Número de Dictamen N°000099-2021-UPG-VDIP-FIGMMG de la tesis, cuyo título es «IMPACTO DEL MATERIAL PARTICULADO EN HUMEDALES MARINO COSTEROS REGIÓN CALLAO-PERÚ, PERIODO 2020-2021» presentado por la Magister Irma Janet Zegarra Tello para optar el grado de Doctor en Ciencias Ambientales CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de investigación y producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante el software de similitud textual, el documento evaluado cuenta con el porcentaje de 18% de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional.**

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del grado correspondiente.

Firma del Asesor:
DNI:17402784.....
Nombres y apellidos del asesor:
...Carlos Francisco Cabrera Carranza.....



(Página de Dedicatoria y Agradecimiento (OPCIONAL))

A la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, por brindarnos la oportunidad de formación como profesional en la especialidad de Ingeniería Ambiental.

A los docentes de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera Metalúrgica y Geografía, por contribuir con sus conocimientos y experiencias en nuestra formación profesional.

A mis asesores, el Doctor Carlos Francisco Cabrera Carranza y a la Doctora Rosa Moore Torres, quienes me han guiado en la elaboración de esta tesis.

Al personal administrativo, por las múltiples atenciones y apoyos.

A mi esposo Carlos y a mis hijos Erick y Marcy, a mi nieto Jakim por el constante apoyo incondicional y la confianza brindada.

LISTA DE TABLAS

No	Título	N° pág.
Tabla 1	Estaciones astronómicas en el Perú	74
Tabla 2	Profundidad de la toma de muestra según el uso del suelo	77
Tabla 3	Identificación de los aspectos ambientales potenciales	82
Tabla 4	Factores ambientales método software RIAM	82
Tabla 5	Criterios de cuantificación de impactos RIAM	83
Tabla 6	Escala de los criterios de evaluación	84
Tabla 7	Rangos usados para la matriz RIAM	86
Tabla 8	Identificación de potenciales impactos ambientales en el humedal	88
Tabla 9	Ficha 1	89
Tabla 10	Ficha 2	90
Tabla 11	Ficha 3	91
Tabla 12	Ficha 4	92
Tabla 13	Ficha 5	93
Tabla 14	Ficha 6	94
Tabla 15	Ficha 7	95
Tabla 16	Ficha 8	96
Tabla 17	Ficha 9	97
Tabla 18	Ficha 10	98
Tabla 19	Ficha 11	99
Tabla 20	Ficha 12	100
Tabla 21	Ficha 13	101
Tabla 22	Ficha 14	102
Tabla 23	Ficha 15	103
Tabla 24	Ficha 16	104
Tabla 25	Matriz de consistencia	107
Tabla 26	Operacionalización de las variables	107
Tabla 27	Ficha recolección datos de campo meteorología primer muestreo	112
Tabla 28	Ficha de recolección datos de campo meteorología segundo muestreo	116
Tabla 29	Resumen de los datos meteorológicos	121

Tabla 30	Tabla de las velocidades del viento	122
Tabla 31	Ficha de recolección de datos de campo calidad de aire primer muestreo	123
Tabla 32	Ficha de recolección de datos de campo calidad de aire segundo muestreo	126
Tabla 33	Promedio de la evaluación de la calidad del aire	130
Tabla 34	Ficha de recolección de datos de campo de calidad suelo ingreso ZUE	131
Tabla 35	Ficha de recolección de datos de campo calidad de suelo primer muestreo	132
Tabla 36	Ficha de recolección de datos de campo calidad suelo segundo muestreo	134
Tabla 37	Ficha de recolección de datos de campo calidad suelo jardines interiores	136
Tabla 38	Ficha de recolección de datos de campo de suelo del río Rímac	138
Tabla 39	Cuadro resumen de la evaluación de metales pesados en los suelos	139
Tabla 40	Muestreo de zona residencial	140
Tabla 41	Comparación entre la normativa canadiense y la normativa nacional	141
Tabla 42	Resultados del análisis de agua en la capa freática	147
Tabla 43	Ficha de recolección de datos de campo de agua del humedal	149
Tabla 44	Ficha de recolección de datos de la vegetación primer muestreo	151
Tabla 45	Ficha de recolección de datos de la vegetación segundo muestreo	152
Tabla 46	Componentes ambientales impactados	159
Tabla 47	Plan de Fitorremediación	162
Tabla 48	Resumen de procesamiento de casos. Prueba de normalidad	169
Tabla 49	Prueba para una muestra	171
Tabla 50	Estadísticas de grupo	172
Tabla 51	Prueba de muestras independientes	172
Tabla 52	Pruebas de normalidad	175
Tabla 53	Estadísticos de prueba mercurio	176
Tabla 54	Estadísticas para una muestra. Prueba para una muestra	177
Tabla 55	Pruebas de normalidad	178
Tabla 56	Estadísticos de prueba vegetación	180
Tabla 57	Estadísticas para una muestra	180
Tabla 58	Estadísticas para una muestra	180
Tabla 59	Estadísticas para una muestra. Prueba para una muestra	181
Tabla 60	Concentración en ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) según el experto Alberto Torres año 2023	183

Tabla 61	Concentración en ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) según el experto Michael Romaní año 2023	183
Tabla 62	Concentración en ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) según el experto Erika Salcedo año 2023	183
Tabla 63	Resumen de la estimación de los tres expertos año 2023	183
Tabla 64	Concentración en ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) según el experto Alberto Torres año 2024	184
Tabla 65	Concentración en ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) según el experto Michael Romaní año 2024	184
Tabla 66	Concentración en ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) según el experto Erika Salcedo año 2024	184
Tabla 67	Resumen de estimación expertos año 2024	185
Tabla 68	Concentración en ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) según el experto Alberto Torres año 2025	185
Tabla 69	Concentración en ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) según el experto Michael Romaní año 2025	185
Tabla 70	Concentración en ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) según el experto Erika Salcedo año 2025	186
Tabla 71	Resumen de la estimación de los tres expertos año 2025	186
Tabla 72	Resumen estimación por tres expertos periodo 2023-2025	186
Tabla 73	Evaluación de los resultados versus la normativa	186
Tabla 74	Interpretación de los resultados de la W de Kendall	190
Tabla 75	Costo implementación de la propuesta	198
Tabla 76	Estándares de Calidad Ambiental D.S. N° 003-2017-MINAM	217
Tabla 77	Estándares de Calidad Ambiental para agua D.S.004-2017-MINAM	219

LISTA DE FIGURAS

N°	Título	N° pág.
Figura 1	Descripción del procedimiento	73
Figura 2	Muestreo de calidad de aire en el humedal	75
Figura 3	Muestreo de suelo en el humedal	77
Figura 4	Muestreo de tejido vegetal	78
Figura 5	Esquema de elaboración del Estudio de Impacto Ambiental (EIA)	79
Figura 6	Estación de calidad de aire, estación meteorológica primer monitoreo	111
Figura 7	Temperatura ambiental / humedad relativa según monitoreo	113
Figura 8	Rosa de vientos 02 noviembre 2020 monitoreo ambiental	114
Figura 9	Rosa de vientos 03 noviembre 2020 monitoreo ambiental	114
Figura 10	Rosa de vientos 04 noviembre 2020 monitoreo ambiental	115

Figura 11	Estación de calidad del aire, estación meteorológica segundo muestreo	117
Figura 12	Temperatura ambiental vs humedad relativa según monitoreo	118
Figura 13	Rosa vientos 11 enero 2021 monitoreo ambiental	119
Figura 14	Rosa vientos 12 enero 2021 monitoreo ambiental	119
Figura 15	Rosa vientos 13 enero 2021 monitoreo ambiental	120
Figura 16	Rosa vientos 14 enero 2021 monitoreo ambiental	120
Figura 17	Rosa vientos 15 enero 2021 monitoreo ambiental	121
Figura 18	Simulación y trayectoria del viento en la Av. Contralmirante Mora	129
Figura 19	Estación de calidad de suelo del humedal primer muestreo	133
Figura 20	Estación de calidad de suelo del humedal segundo muestreo	135
Figura 21	Estación de calidad de suelo jardines	137
Figura 22	Vista del almacén, antes y después del techado de sus operaciones	142
Figura 23	Vistas luego de la descarga y limpieza	143
Figura 24	Camiones con brazo hidráulico tolva cerrada	144
Figura 25	Concentrados transportados en containers	144
Figura 26	Máquina barrenadora	145
Figura 27	Control operacional para disminuir el material particulado d/vaciado	145
Figura 28	Estación de calidad de agua en el humedal	148
Figura 29	Muestreo de agua en el Río Rímac	150
Figura 30	Faja transportadora	151
Figura 31	Resultados RIAM	155
Figura 32	Opción única	157
Figura 33	Histograma del componente físico químico y biológico ecológico	158
Figura 34	Histograma del componente socio cultural y económico operacional	158
Figura 35	Técnicas de Fitorremediación	167
Figura 36	Tecnologías de remediación establecidas y emergentes para zonas contaminadas con mercurio	167
Figura 37	Prueba W de Kendall	189
Figura 38	Cortina Industrial de PVC	194
Figura 39	La saca y sus características	195

RESUMEN

En este estudio se ha efectuado la medición de la calidad del aire, suelos y la evaluación cuantitativa de la vegetación (hojas de las plantas) del humedal ubicado en la Avenida Contralmirante Mora, Callao, para evaluar si el material particulado proveniente de la zona industrial está afectando su funcionabilidad, para obtener conclusiones que permitan realizar el manejo sostenible del humedal.

Este estudio es un esfuerzo por divulgar la importancia y la necesidad de mantener las características del humedal, objeto de estudio, resaltando los servicios ecológicos en favor de las poblaciones asentadas en las cercanías del humedal.

En el Capítulo 1: Se define el problema, enfatizando la importancia de prestarle atención preferencial, debido a que es uno de los temas menos abordados en la realidad nacional.

En el capítulo 2: Es el marco teórico de la investigación.

En el capítulo 3: Es el estudio de las hipótesis y variables de la investigación.

En el capítulo 4: Se desarrolla el estudio de la metodología de la investigación.

Después de definir la determinación de la contaminación del aire, agua, suelos y la evaluación cuantitativa de la vegetación (hojas) del humedal, se procederá al análisis de la data para comparar los resultados versus la normativa nacional e internacional y así promover alternativas de solución en caso de requerirse para descontaminar el humedal y proponer medidas preventivas que conlleven a un manejo sostenible del humedal.

Palabras clave: Calidad del aire, calidad del suelo, contaminación, remediación.

ABSTRACT

In this study, the measurement of quality of air, soils and the quantitative evaluation of the vegetation (leaves of plants) of a wetland located on Avenida Contralmirante Mora, Callao has been carried out to evaluate if the particle matter from industrial zone is affecting its functionality, to obtain conclusions that allow the sustainable management of the wetland.

This study is an effort to disseminate the importance and need to maintain the characteristics of a wetland, object of study, highlighting the ecological services in favor of the populations settled in the vicinity of the wetland.

In Chapter 1: The problem is defined, emphasizing the importance of giving it preferential attention, because it is one of the least addressed issues in national reality.

In Chapter 2: It is the theoretical framework of the research.

In chapter 3: Is the study of hypotheses and research variables.

In chapter 4: The study of the research methodology is developed.

After defining the determination of air, water, mud, soil pollution and the quantitative evaluation of vegetation (leaves) of the wetland, data analysis will be carried out to compare the results versus national and international regulations and thus promote alternative solutions if required to decontaminate the wetland and propose preventive measures that lead to sustainable wetland management.

Keywords : Air quality, soil quality, pollution, remediation.

ESTRUCTURA DE LA TESIS (TABLA DE CONTENIDO)

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN

¡Error! Marcador no definido.

1.1. Situación problemática

¡Error! Marcador no definido.

1.2. Formulación del problema 16

1.2.1. Problema general 16

1.2.2. Problemas específicos 16

1.3. Justificación teórica 17

1.4. Justificación práctica 17

1.5. Objetivos 18

1.5.1. Objetivo general 18

1.5.2. Objetivos específicos 18

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO 20

2.1. Marco filosófico o epistemológico de la investigación 20

2.2. Antecedentes de investigación 22

2.3. Bases Teóricas 30

2.4. Base Legal. 67

CAPITULO 3. METODOLOGÍA .. 71

3.1. Tipo y diseño de investigación 71

3.2. Unidad de análisis 71

3.3. Población de estudio 72

3.4. Selección de la muestra 72

3.5. Técnicas de recolección de datos 73

3.6. Hipótesis de trabajo 105

3.6.1. Hipótesis general 105

3.6.2. Hipótesis específicas 105

3.7. Técnica de prueba de hipótesis 106

3.8. Variables e Indicadores 106

3.9. Operacionalización de las variables	107
3.10. Análisis e interpretación de la información	110
CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	111
4.1. Análisis, interpretación y discusión de resultados	111
4.2. Prueba de hipótesis	167
4.3. Presentación de resultados	191
CAPÍTULO 5. Impactos (Opcional)	193
5.1. Propuesta de solución	193
5.2. Costos de la implementación de la propuesta	198
5.3. Beneficios que aporta la propuesta	198
CONCLUSIONES	200
RECOMENDACIONES	201
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	203
ANEXOS	217

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 Situación problemática

La contaminación es un problema a nivel mundial y plantea un riesgo muy importante respecto a la salud de las personas y a la estabilidad del ecosistema natural. Bozdogan et al., (2019).

Conociendo que una de las fuentes de mayor contaminación proviene de las actividades industriales, actividades que contribuyen por un lado al crecimiento económico de los países, sin embargo, también producen muchos impactos en el ambiente, en los ecosistemas que se encuentran alrededor de esta actividad. los humedales no se encuentran exentos de estos impactos. La tesis presente ha evaluado los impactos de las actividades industriales alrededor del humedal marino costero, ubicado en la avenida contralmirante Mora.

La evaluación de estos ecosistemas revela que los estudios científicos que describen desde el año 1900 a la fecha la desaparición del 64% del total de humedales de nuestro planeta, estos humedales continentales han ido desapareciendo a un ritmo más acelerado que los humedales de las costas, (RAMSAR.org), lo preocupante es que esta tendencia va en aumento debido al desconocimiento del "valor ambiental" de estos ecosistemas.

De los 2,303 humedales internacionales de gran importancia, Europa posee la mayor cantidad de ellos, pero África tiene la mayor área en kilómetros cuadrados. Xu et al., (2019).

Los diversos factores que impactan en los humedales son:

- a. La contaminación, actividades provenientes del sistema industrial.
- b. El uso de recursos biológicos.
- c. Los cambios en el ecosistema natural, pues se considera un impedimento para el desarrollo urbano. Van Meter & Basu (2015), pero, es vital anotar que estos ecosistemas cumplen una función y que no trabajan de manera aislada, sino que son componente importante del paisaje.
- d. la agricultura y la acuicultura.

El área terrestre humedal, básicamente los marinos costeros y fluviales, son los que sufren el impacto más alto dado el uso de los suelos y así mismo, en el caso de la biodiversidad los humedales fluviales son los más afectados. Del mismo modo si observamos el cambio climático, los humedales lacustres y los humedales marino – costeros son los más afectados.

Desde el punto de vista de la amplitud territorial: en el mundo, los humedales son entre el 5 al 8% de la superficie de nuestro planeta, porcentaje que continúa decreciendo (principalmente los humedales marino costeros y los continentales) porque no se valoran sus servicios ambientales, con las zonas urbanas. RAMSAR, (2018).

Nuestra legislación protege los humedales, no solo los de grandes extensiones, con el supuesto que los pequeños tienen poca importancia como sería el caso del humedal que estamos estudiando, dado que, análisis recientes han demostrado que tanto los humedales extensos como los pequeños, cumplen una función, y sobre todos los pequeños y aislados contribuyen con altos niveles de biodiversidad de plantas y animales RAMSAR (2018), así mismo, los humedales se consideran un corredor para las aves migratorias.

En nuestro país, especialmente en las vertientes del Pacífico, encontramos el 32% de humedales según INRENA, (1996) que son los que se encuentran amenazados por el gran avance de las ciudades, como es el caso de los humedales de Villa María de Chimbote, generados por la polución, el pésimo manejo de los recursos hídricos, la constante extracción de los recursos de la naturaleza existentes en estos cuerpos del agua.

Otro impacto observado en los humedales es que son disecados (extracción del agua a través de canales), rellenados (con desmonte, basura) para usufructuar los suelos, mediante la edificación de viviendas, fábricas asociaciones o clubes. Sánchez Rivas (2010). “Informe Nacional sobre el estado del ambiente Marino del Perú”.

Esta tesis hace referencia al humedal marino costero, ubicado en la avenida contralmirante Mora, de 37 hectáreas, ubicado en una zona industrial que podría estar afectada por las actividades de tipo industrial: transporte de minerales, empresas del rubro de hidrocarburos, de productos químicos, pesqueros y otras actividades que se desenvuelven diariamente en este lugar.

Se desarrolla esta investigación para identificar la situación actual del humedal y las acciones de mitigación y/o remediación que requiera de tal manera que se asegure su condición futura.

1.2 Formulación del Problema

Para el desarrollo de esta investigación se ha planteado la siguiente pregunta:

1.2.1 Problema General:

¿De qué manera el material particulado impacta los humedales marino- costeros de la Región Callao-Perú, periodo 2020-2021?

1.2.2 Problemas Específicos:

- a. ¿De qué manera el material particulado afecta la calidad del aire de los humedales marino-costeros de la Región Callao-Perú, periodo 2020-2021?
- b. ¿Cómo el material particulado influye en la calidad del agua de los humedales marino-costeros de la Región Callao-Perú, periodo 2020-2021?
- c. ¿De qué manera el material particulado afecta la calidad de los suelos y lodos de los humedales marino-costeros de la Región Callao-Perú, periodo 2020-2021?
- d. ¿Cómo afecta el material particulado a la vegetación de los humedales marino-costeros de la Región Callao-Perú, periodo 2020-2021?

1.3 Justificación Teórica

- a. Esta investigación permitirá conocer el estado actual del humedal Marino costero en estudio, respecto al material particulado, producido por las acciones del sector para evitar o mitigar los impactos ambientales, que genera el material particulado que se produce alrededor del humedal.
- b. Identificar si las empresas ubicadas alrededor del humedal marino costero realizan acciones pertinentes en el manejo ambiental de sus emisiones, residuos sólidos, que se producen como resultado de los procesos y operaciones en sus instalaciones.
- c. Comprobar el cumplimiento de la legislación ambiental y las obligaciones, así como los compromisos relacionados con la gestión ambiental.

- d. Planificar los controles ambientales que aseguren el adecuado manejo del humedal marino costero.

1.4 Justificación Práctica

- a. Calificar de que, modo el material particulado produce impacto negativo en los cuerpos receptores (aire, agua, suelo y vegetación) del humedal marino costero ubicado en la avenida contralmirante Mora.
- b. El estudio se apoyará en un muestreo para la revisión de la calidad del aire, como agua, suelos, lodos incluida la vegetación; a fin de realizar estudios físicos, químicos y de orden biológico, mediante un plan de monitoreo del ambiente creado expresamente para supervisar la calidad ambiental en las estaciones y condiciones meteorológicas. Dado los resultados se compararán con los ECA's respectivos. Asimismo, en relación a la vegetación se realizará un análisis cuantitativo que mostrará la ausencia o presencia del material particulado en la vegetación.
- c. A partir del grado de afectación del humedal, se propondrá el plan de remediación.
- d. Gestionar ante la autoridad del Callao, el uso racional, conservación y sostenibilidad del humedal, en beneficio del personal que labora cerca de sus instalaciones, de las empresas y de los asentamientos humanos ubicados alrededor.
- e. Difundir los servicios ambientales de los humedales costeros a la comunidad.
- f. Comunicar la información a las partes interesadas: comunidad que circunda el humedal, comunidad científica.

1.5 Objetivos de la Investigación

1.5.1 Objetivo General

Analizar los impactos generados por el material particulado en los humedales marino-costeros de la Región Callao-Perú, periodo 2020-2021.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Explicar de qué manera el material particulado afecta la calidad del aire en los humedales marino-costeros de la Región Callao-Perú, periodo 2020-2021.
- Describir como el material particulado influye en la calidad del agua de los humedales marino-costeros de la Región Callao-Perú, periodo 2020-2021.
- Verificar la manera como el material particulado afecta la calidad de los suelos y lodos de los humedales marino-costeros de la Región Callao-Perú, periodo 2020-2021.
- Explicar cómo afecta el material particulado a la vegetación de los humedales marino-costeros de la Región Callao-Perú, periodo 2020-2021.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1 Marco filosófico o epistemológico de la investigación

Existe una relación estrecha entre el hombre y la naturaleza, basada en que la naturaleza nos brinda recursos para nuestras actividades (productivas, alimentos, medicinas, etc.) pero extraídos por el hombre de una manera no sostenible en el tiempo trayendo como consecuencia la extinción de muchos de estos recursos, por lo tanto, se debe evaluar, reducir la extracción de recursos y/o permitir que estos se regeneren a su ritmo, por lo tanto, es necesario tomar acciones que admitan la gestión inteligente de los recursos.

Otro de los temas importantes es que nuestro ritmo de vida actual ha creado una sociedad de consumo de bienes innecesarios y la extracción descontrolada de los recursos de la naturaleza, y se ha maximizado por ejemplo la generación de residuos con cantidades que exceden la capacidad de la naturaleza para absorberlos de manera natural, situación que ha creado un desbalance. Los científicos indican que, si se siguen generando residuos al ritmo actual, para el año 2050, se necesitaran 3 planetas tierra para colocar los residuos que generamos. Entre las acciones correctivas está migrar de un modelo económico lineal a un modelo económico circular, que consuma menos recursos y que genere menor cantidad de residuos, que los residuos sean segregados para ingresar a otros procesos productivos dejando que la naturaleza trabaje a su ritmo y que se regenere.

La pandemia logró lo que ninguna cumbre mundial pudo hacer, los gobernantes de todos los países decretaron cuarentena en sus territorios y solo quedaron las

actividades esenciales, esta acción dio un respiro a la naturaleza, logrando minimizar los gases de efecto invernadero a un nivel manejable, así como los contaminantes provenientes del sector transporte que dañan entre otros la salud del hombre.

Los humedales son parte de la naturaleza, pero para el hombre este ecosistema tiene poco valor, por desconocimiento trata de erradicarlo para generar ya sea un lugar de trabajo o de vivienda. La naturaleza y su funcionamiento debe ser estudiada para comprenderla y obtener un mayor provecho de ella.

Nuestro país es un territorio mega diverso con innumerables variedades de flora y fauna, y cuentan con normativa ambiental extensa pero que no se fiscaliza adecuadamente. El gobierno peruano declara desde la Constitución Política del Perú, en el artículo N° 225. – “Todos tienen derecho a un medio ambiente ecológicamente equilibrado, bien de uso común del pueblo y esencial a la saludable calidad de vida, imponiéndose al poder público y a la colectividad el deber de defenderlo y preservarlo para las presentes y futuras generaciones”. La preservación de los humedales para las siguientes generaciones sugiere que este ecosistema es valioso, frágil y debe gestionarse de manera sostenible puesto que los humedales son fuentes de biodiversidad en la vida natural y vegetación de nuestro ecosistema.

Los humedales de la Región Callao, del distrito de Ventanilla y de la avenida Contralmirante Mora, cumplen una misión muy importante en esta región como captadores de gases de efecto invernadero como es el Dióxido de Carbono (CO₂). Por lo tanto, este ecosistema disminuye la huella de carbono producida por el sector industrial, residencial y el tránsito vehicular que los rodea.

El estudio del humedal y sus relaciones con las empresas de su entorno permitirá conocer los impactos y sus implicancias, así como evaluar los resultados y asumir acciones correctoras que demuestren un avance significativo.

2.2 Antecedentes de investigación

La presente investigación contó con la revisión de los trabajos que se indican a continuación: Según Jie Yang et al., (2021) en su obra “Effects of Anthropogenic Emissions from Different Sector on PM2.5 Concentrations in Chinese Cities”, el autor cita la contaminación por PM2.5 y el efecto dañino que genera en la salud pública. Este estudio utilizó el Geo Detector para evaluar los impactos en las principales ciudades de la China y exhibió cambios significativos en diversas áreas geográficas y espacios de tiempo.

Newton et al. (2020). Anthropogenic, direct pressures on coastal wetlands. Los sectores económicos (urbanización, transporte marítimo, desarrollo industrial y la minería entre otros) ejercen presiones directas en los humedales costeros y en sus alrededores. Estas actividades afectan el medio ambiente, la ecología y los servicios ecosistémicos de los humedales. Esta investigación determinó que este ecosistema se vio afectado de alguna manera independientemente del estado de conservación.

El investigador Yongjie Shan et al., (2020) en su estudio “The pattern and mechanism of air pollution in developed coastal areas of China: from the perspective of urban agglomeration”. El desarrollo de las áreas verdes de las aglomeraciones urbanas costeras se ha convertido en áreas estratégicas de: crecimiento económico, investigación y de interés gubernamental. La investigación se inició con la

recolección de partículas atmosféricas finas (PM_{2.5}) entre los años 2010 al 2016 para determinar las características de la evolución en el tiempo y el lugar de la influencia del MP y la polución en las aglomeraciones urbano-costeras.

Jianjun He et al., (2020) en su artículo “Source apportionment of particulate matter based on numerical simulation during a severe period in Tangshan, North China” enuncia que, frente a las álgidas dificultades de polución del aire, el gobierno chino tomó medidas para prevenir y frenar la contaminación, como primera medida identificó las fuentes de contaminación, el estudio utilizó el método de simulación numérica y analizó las emisiones locales de diferentes sectores (industriales, tráfico de residentes, agrícola y de plantas de energía) y cuál era la trayectoria de esas fuentes de contaminación, así como el impacto de las condiciones meteorológicas en la distribución de la contaminación. El estudio mostró que las emisiones industriales (23.1%) fue la fuente de contaminación más importante, seguida de: las emisiones agrícolas con un (10,3%), emisiones de centrales eléctricas (2.0%), el tráfico (3.0%) y las fuentes residenciales con un (7.2%).

Chung et al., (2011). En su investigación “Characteristics of environmental pollution related with public complaints in an industrial shipbuilding complex, Korea”, observó que, en la industria naval coreana, las construcciones navales ocasionan problemas ambientales como el material particulado, olores y ruido; evaluó las concentraciones de PM-10 y se observó que el astillero afectaba significativamente a la comunidad asentada en su cercanía, teniendo en cuenta diferentes alturas de medición. Respecto a los problemas del olor estos se relacionaban con la intensidad

del trabajo del astillero y la temperatura del ambiente. El ruido básicamente influyó dentro del astillero, con niveles de ruido severos, superiores a 90 dB.

Lioy et al., (2011). En su investigación “Personal and ambient exposures to air toxics in Camden, New Jersey”, observó la exposición de los pobladores urbanos de “Camden New Jersey” a concentraciones de componentes tóxicos presentes en el aire, los cuales convirtieron a la zona de estudio en un “hot spot” de contaminación. El hot spot de contaminación era el vecindario Waterfront South. Se recogieron muestras de aire durante 24 horas y se midieron 32 compuestos objetivos: 11 compuestos orgánicos volátiles (COV), cuatro aldehídos, 16 hidrocarburos aromáticos poli cíclicos (HAP) y PM, material particulado, con un diámetro aerodinámico de 2.5 micras (PM2.5).

Por otro lado, Mo-Keum Kim & Wan-Keum Jo (2006). En su investigación “Elemental composition and source characterization of airborne PM-10 at residences with relative proximities to metal-industrial complex”, midió las concentraciones y la composición del material particulado PM10 (micras) y evaluó la calidad del aire en las residencias cercanas a un complejo industrial metalúrgico en Corea del Sur, caracterizando dos tipos de fuentes: aire industrial y aire residencial. Para medir las trazas metálicas se utilizó un equipo el espectrómetro de emisión atómica de plasma acoplada por medio inductivo (ICP-AES), los resultados de este estudio confirmaron que los vecindarios cercanos al complejo industrial estaban expuestos a elevados niveles de partículas y metales.

Compton et al., (1999). En el artículo “Environmental Management in Practice: Vol 3. Managing the Ecosystem”, se enfoca en los ecosistemas intervenidos de manera continua por el hombre especialmente en las ciudades y las áreas rurales.

La Convención de RAMSAR-Ramsar.org, se enfoca en los humedales de importancia internacional; su función principal es la conservación y el uso inteligente de los humedales, por medio de acciones para lograr el desarrollo sostenible de los humedales en el mundo. De tal manera que se evite el detrimento de este o de la intrusión en sus hábitats.

Resalta la situación ecológica de los espacios RAMSAR en todas las regiones y países y la exposición los resultados hallados en la evaluación. Sin embargo, también se indicó que existía diferencia significativa en la tasa de pérdida de hábitats de humedales naturales entre los años 1990 y 2005. Se concluye que el solo hecho de encontrarse en la lista RAMSAR, no garantiza la conservación de estos hábitats naturales. Otros estudios indicaron que “la riqueza y la abundancia de las especies de aves acuáticas creció muy rápido” en los sitios RAMSAR que en humedales que no lo eran. En este sentido la perspectiva mundial sobre la Diversidad Biológica indica que la continua degradación y eliminación de estos recursos, sobrelleva a una mengua de las funciones de estos ecosistemas, aun cuando se reconozca su importancia”.

World Wildlife Fund: WWW- Endangered Species Conservation. Esta institución reafirma que el agua es vital para la vida en la tierra, advierte que, entre los hábitats de agua dulce, se encuentran: lagos, ríos, arroyos y humedales, que contienen más

del 10% de todos los animales y cerca del 50% de todas las especies acuáticas que conocemos hasta hoy.

Los humedales representan la infraestructura del planeta para tratar las aguas residuales y almacenar carbono. Los humedales sustentan el cultivo del arroz y contribuyen con el control de las inundaciones, limpieza del agua, protección del litoral y la generación de materia prima, medicamentos y hábitat, para combatir el cambio climático: a pesar de que es una mínima área del planeta, su capacidad para aprisionar carbono es invaluable”.

Xibao Xu et al., (2020). En el artículo “Wetland ecosystem services Research: A critical review” realiza una revisión de los artículos emitidos en torno a los humedales en el área del conocimiento, desarrollo, tendencia y limitaciones de las funcionalidades de los ecosistemas de humedales (WES). Los estudios realizados se centran en la evaluación de los humedales, los factores impulsores, el manejo de humedales y el diseño de políticas representan el 90.9% de los artículos presentados. Asimismo, Ting Xu et al., (2019). En su investigación “Wetlands of International Importance: Status, Threats, and Future Protection” indica que los 2,303 humedales identificados y que son de importancia mundial, se distribuyen de manera desigual en diferentes continentes. Europa posee la mayor cantidad de sitios, mientras que África tiene la mayor área de humedales. Más de la mitad de estos sitios están afectados por tres o cuatro factores de impacto, y entre los más importantes están la contaminación, el uso de los recursos biológicos, la modificación del sistema natural y la agricultura y acuicultura.

Los principales objetos afectados son el área terrestre y el medio ambiente de los humedales. Los tipos más afectados por la invasión del área terrestre son los humedales fluviales y los lacustres, los tipos con mayor impacto en el medio ambiente son los humedales marinos- costeros y los fluviales. El humedal con mayor impacto en la biodiversidad son los fluviales.

Así como los más afectados por el cambio climático son los humedales lacustres y los marinos- costeros. Se calcula que alrededor de un tercio de los sitios de humedales han sido reconstruidos artificialmente.

Sievers et al., (2019) en su artículo “The role of vegetated coastal wetlands for marine mega fauna conservation” revela que la pérdida de hábitats está acelerando una crisis de extinción. Los estudios sugieren que existe una importante asociación entre la vegetación costera y la mega fauna marina tales como cetáceos, tortugas y tiburones.

Wu et al., (2017) “Development of an environmental performance indicator framework to evaluate management effectiveness for Jiaozhou Bay Coastal wetland special marine protected area, Qingdao, China” en este artículo se pone en evidencia el manejo de las áreas marinas protegidas porque ha ganado mayor atención con el incremento de la investigación a nivel mundial. Los indicadores de desempeño ambiental se consideran una forma para planificar y evaluar las áreas marítimas protegidas.

Qian et al., (2021). “From source to sink: review and prospects of microplastics in wetland ecosystems” este artículo indica que la fuente, distribución, migración y destino de los micro plásticos en ecosistemas acuáticos y terrestres ha recibido mucha atención. Las últimas investigaciones han demostrado que las fuentes de material particulado provienen del vertido de aguas residuales, escorrentía superficial y

residuos plásticos de la acuicultura. La vegetación del humedal es una trampa para el material particulado y afecta su migración. En medios acuáticos el material particulado es digerido por los organismos y se integran a los sedimentos, lo que no permite su detección. La foto degradación y la degradación microbiana puede reducir el tamaño del material particulado. Este estudio revisó la fuente, distribución, migración y destino del material particulado en estos ecosistemas y llegó a la conclusión de que actúan como sumidero de material particulado.

Qian et al., (2020)” From source to sink: review and prospects of microplastics in wetland ecosystems” este estudio revela que los microplásticos se han identificado como contaminantes emergentes porque representa una amenaza para la vida silvestre y nuestra cadena alimentaria. Los estudios demuestran la fuente, distribución y efectos en el medio marino, terrestre y falta completar la información de la presencia y características de los materiales particulados en los humedales costeros.

Zhai et al., (2021) “Microplastic in wetlands: A review on distribution and detection methods” indica que los humedales costeros actúan como sumideros para una amplia gama de contaminantes de las actividades humanas.

Li et al., (2023) “A review on microplastics pollution in coastal wetlands” este estudio la acumulación de los microplásticos en los sedimentos de los humedales marino costeros, luego se discuten las fuentes de los contaminantes y en tercer lugar los efectos en los humedales marino costeros e invita a nuevos estudios para completar los vacíos detectados en esta investigación.

Barbier (2019), en su estudio “The Value of Coastal Wetland Ecosystem Services” indica que existen desafíos importantes para valorar la biodiversidad de los

humedales costeros y sus servicios. En general, existe un interés creciente a nivel mundial por valorar los humedales costeros por sus beneficios, incluso para regiones específicas como Europa o países en desarrollo (Brander et al., 2012; Chaikumbung et al., 2016). Sin embargo, los humedales costeros siguen desapareciendo, debido a la presión de la población por el desarrollo urbano de la zona. Por ello, es relevante evaluar los beneficios de estos ecosistemas (valoración costera, variación espacial en los beneficios de los paisajes de humedales costeros, evaluación de sus beneficios como la pesca, protección contra tormentas, control de la contaminación, en un entorno interconectado marino).

Dolf De Groot (2018), en su investigación “Wetland Ecosystem Services” afirma que los humedales y sus servicios ecosistémicos tienen un valor para las personas y se expresan de muchas formas: el sustento, la biodiversidad, y valores por sus beneficios económicos. Sin embargo, mucho de estos valores o funcionalidades: la recarga de aguas subterráneas, la desinfección hídrica o los valores culturales, no se perciben con facilidad cuando se observa un humedal y cuando la mayoría de sus servicios no se comercializan en mercados convencionales.

Sievers et al., (2017). Impacts of human-induced environmental change in wetlands on aquatic animals. Este investigador asevera que muchos humedales albergan comunidades biológicas muy diversas y proporcionan amplios servicios ecosistémicos. Sin embargo, estas características ecológicas están siendo alteradas, degradadas y destruidas en todo el mundo. Los animales responden a los cambios antropogénicos en los humedales naturales y usan los humedales creados, si bien algunos humedales alterados pueden proporcionar un hábitat vital, otros podrían

representar un riesgo considerable para la vida silvestre. Este riesgo aumentará si dichos humedales son trampas ecológicas, hábitats preferidos que confieren una condición física más baja que un hábitat natural y que hasta podría provocar extinciones. Entre los taxones, los anfibios es el taxón más sensible y, por lo tanto, puede ser un bioindicador valioso de la calidad de los humedales.

Van Meter & Basu, (2015). En su estudio “Signatures of human impact: size distributions and spatial organization of wetlands in the Prairie Pothole landscape” observa que más del 50% del área global de humedales han desaparecido en los dos últimos siglos, lo que resulta en pérdidas de hábitat y diversidad de especies, así como una disminución de la funcionalidad hidrológica y biogeoquímica. La confirmación de la magnitud de la pérdida de humedales, así como la gran variedad de servicios ecosistémicos proporcionados por los humedales, ha dado importancia a la restauración de los mismos. Sin embargo, las actividades de restauración tienen un enfoque en maximizar el área total restaurada en un lugar de otros atributos espaciales de la red de humedales, que son menos conocidos, Este estudio aborda como las actividades humanas han alterado la distribución del tamaño y la organización espacial de los humedales sobre la región de baches de la pradera de lóbulo de Des Moines utilizando la tecnología LIDAR de alta resolución.

Asimismo, Perissinotto et al., (2013), en su libro “Ecology and Conservation of Estuarine Ecosystem”: sugiere que una “función muy importante de los humedales está relacionada al secuestro de carbono, porque las tasas de acumulación de turba son altas, se estiman que las turberas activas en el sistema de drenaje Totweni acopian 1.3 toneladas de material orgánico por hectárea por año, siempre que los ecosistemas

en los que se produce la acumulación de turba no estén dañados y la turba enterrada durante largos periodos de tiempo, hace que estos sistemas sean sumideros de carbono a largo plazo”.

2.3 Bases teóricas

Según los estudios realizados por el investigador Huimin Zha et al., (2021) se identifica al material particulado PM 2.5 como el principal contaminante de la pureza atmosférica en una ciudad China, en los estudios ejecutados entre el 2012 al 2016 su principal conclusión fue que: la mayor contaminación se dio en el año 2013, pero que con la ayuda del gobierno los valores decrecieron anualmente, así como el nivel al que llegaba el contaminante: alto en el norte y bajo en el sureste, además identificó que en el nivel de contaminación respecto a las estaciones del año, siendo alto en el verano y bajo en el invierno; además dependen de factores tales como áreas verdes y factores meteorológicos tales como humedad, temperatura y precipitación. Por lo cual, concluye que las concentraciones de PM 2.5 está en manos de la actividad del hombre. Además, analizó los valores medidos mensualmente y a diferentes horas del día, concluyendo que las tasas reductoras de PM 2.5 son más altas durante el día que la noche.

Según Yunmi Park et al., (2021) en su obra “Spatial association of urbano from and particle matter” sugiere que los efectos perjudiciales de las partículas finas (PM) se debe al desarrollo económico de la zona de estudio: noreste de Asia. El análisis revela que las principales fuentes del PM están en el polvo, la combustión y las reacciones químicas. Por otro lado, la configuración espacial del uso del suelo y la cobertura del suelo también influyen en los niveles de PM. El tipo de cobertura del suelo (tierras

desarrolladas, agrícolas, boscosas, pasto o estériles), el tamaño de cobertura terrestre, la cercanía y proximidad de los parches de cobertura terrestre, y los patrones de pastizales.

Xiaoyang Li et al., (2019); en su obra “Particulate matter pollution in chinese cities: Areal-temporal variations and their relationships with meteorological conditions (2015-2017)” refiere que China experimenta una grave contaminación por material particulado (PM) en muchas de sus ciudades. Los factores meteorológicos son fundamentales para establecer los grados de contaminación por partículas. En esta investigación se examinaron las variaciones regionales y temporales de los particulados y la relación PM_{2.5}/PM₁₀ y sus relaciones con las condiciones meteorológicas.

Gillooly et al., (2019) en su artículo “Evaluations deciduos tree leaves as biomonitors for ambient particulate matter pollution in Pittsburgh, PA, USA, 2019”, refiere que la contaminación del aire con material particulado y específicamente con partículas finas (PM_{2.5}) varía de manera espacial y de manera temporal en concentración y composición y se ha demostrado sus efectos en la salud humana y ecológica.

Además, estudió el biomonitoreo observando la deposición en las hojas de los árboles en sus diferentes especies con diferentes estrategias de muestreo y métodos analíticos. Este estudio utiliza el diseño de saturación espacial en la ciudad de Pittsburgh, Pensilvania, tomando muestras de PM_{2.5} en las hojas de los árboles, usando filtros para captarlo, con el objetivo de diferenciar las fuentes móviles y estacionarias que producen el PM_{2.5} y su composición. Las mediciones revelaron algunas asociaciones significativas con el tráfico y con la proximidad del área de estudio a la carretera. Se compararon las muestras obtenidas del filtro de las hojas de

los árboles con diferente meteorología, el tiempo de recolección del MP y/o la captura del tamaño de partículas entre las muestras.

Losacco & Perillo., (2018). Particulate matter air pollution and respiratory impact on humans and animals. Este artículo afirma que la polución del aire es un grave problema de salud pública, además de ser un problema social. La concentración de partículas (PM) se relaciona con diversas manifestaciones clínicas: enfermedades pulmonares y cardiovasculares, asociadas con la morbilidad y mortalidad inducida. Y específicamente las enfermedades respiratorias, tanto en humanos como en la especie animal.

Según el autor Zhenming Zhang, et al., (2017), la contaminación por particular finas afecta a los seres humanos y una forma de retenerlas es a través de las hojas de los bosques y de los humedales. Las especies de árboles de coníferas de hojas anchas mostraron mayor capacidad de recolección de las partículas finas que la deposición en las hojas de los humedales. Y la deposición seca es el principal proceso de remoción de dichas partículas.

Kim & Kabir (2015). A review in the human health impact of airborne particulate matter: sugiere que el material particulado (PM) es un indicador clave de la polución de aire que proviene de acciones naturales y humanas que permite la suspensión en la atmósfera durante un momento y viajar en la misma por largas distancias a través del aire, pudiendo causar diversas enfermedades que llevan a una pérdida importante de la calidad de vida del ser humano. Las dimensiones de las partículas están relacionadas con su potencial para provocar daños de salud. Las partículas más dañinas son las “gruesas inhalables” PM 10 (diámetro de 2.5 a 10 μm) y el PM2.5 “partículas finas” (con diámetro menor a 2.5 μm). Debido al significativo rol de la

PM y sus contaminantes asociados, es vital el conocimiento detallado de sus impactos en la salud humana.

Gacia et al., (2021). *Phragmites australis* as a dual indicator (air and sediment) of trace metal pollution in wetlands – the key case of Flix reservoir (Ebro River): La evaluación de la contaminación por trazas metálicas es complejo y requiere el uso de diversos indicadores, la caña común, conocida como *Phragmites australis* es un biomonitor de la contaminación por sedimentos y tiene potencial para evaluar la contaminación del aire. Las panículas de las plantas tienen pelos que los recolectan los contaminantes atmosféricos, y que bioconcentran los metales pesados en sus raíces, rizomas, tallos, hojas y panículas. Las panículas retienen la contaminación atmosférica reciente (menos de un año) mientras que las raíces indican el transporte de contaminantes a largo plazo. En conclusión, la planta en estudio es un biomonitor dual del aire y de los sedimentos.

Ling Cong et al., (2020). En su estudio “The blocking effect of atmospheric particles by forest and wetland at different air quality grades in Beijing China”, este autor realiza un estudio comparativo para comprender el efecto de los bosques y de los humedales en la calidad del aire, previamente se recopilaron datos meteorológicos y de concentración de PM10 y PM2.5 en los bosques y humedales del Parque Forestal Olímpico de Beijing en China. El estudio concluyó que las variaciones diurnas de MP fueron diferentes en el bosque y en el humedal. El bloqueo fue mayor en el bosque que en los humedales. Y por último se presentó una correlación negativa entre las concentraciones de PM10 y la temperatura, mientras que las concentraciones de PM10 y la humedad relativa es positiva.

Según Jiakai Liu et al., (2017) “Removal of particles by vegetation: comparison between a forest and a wetland”: La ciudad de Beijing es una ciudad altamente contaminada por partículas, este análisis se efectuó para evaluar el nivel de remoción de las partículas por las plantas de un humedal en el Parque Olímpico de Beijing y en un bosque artificial, se recopilaron datos de concentración y meteorológicos durante el día. Las tasas de recolección de vegetación se calcularon mediante un modelo y se validó la deposición midiendo en 11 días de experimentos aleatorios. El año del experimento se dividió en etapas: de crecimiento de las plantas según la densidad del dosel, y el día se dividió en cuatro momentos diferentes. En el bosque se definieron dos alturas, 10 y 1,5m, mientras que en el humedal se definieron 0,5m y 1.5m. Los resultados mostraron que, en Beijing, la contaminación es más severa por PM en la etapa en que las plantas están sin hojas (NS), y la etapa de hojas completas (FS) es la etapa más limpia.

Dongdong Qiu, et al., (2015). En su artículo “Particulate matter assessment of a wetland in Beijing”, realizó un estudio experimental sobre la concentración y composición de PM₁₀, y PM_{2.5} en el Parque Forestal Olímpico de Beijing entre el 2013 y 2014. Este estudio analizó los factores meteorológicos y los flujos de deposición a diferentes alturas y en diferentes épocas, en los humedales. La concentración de PM₁₀ y PM_{2.5} tuvo una correlación significativa positiva con la humedad relativa, pero presentó correlación negativa en la velocidad del viento y negativa insignificante con la temperatura y la radiación.

Chipoco et al. (2015). En la tesis “Determinación de la capacidad de adsorción de material particulado en el aire en una especie arbórea *Schinus terebinthifolius* y una

rastrera *Aptenia cordifolia* en el condominio La Quebrada-Cieneguilla”, el autor evaluó la captación de material particulado por las especies arbóreas seleccionadas, que en el caso de las emisiones industriales y su incidencia en el humedal también pueden ser retenidas por una barrera vegetal alrededor del humedal para disminuir la cantidad de material particulado derivado de las actividades industriales de la zona.

Xi-Xi Xiang et al., (2023). “Impacts of human disturbance on the species composition of higher plants in the wetlands around Dianchi Lake, Yunnan province of southwest China”. Esta investigación trata de evaluar la introducción de plantas superiores para construir ecosistemas de humedales seminaturales, enfoque clave para restaurar los humedales que sufrieron una grave contaminación y destrucción. Además, la selección de especies de plantas de manera científica y apropiada es importante para evitar la degradación proveniente de las actividades humanas. En este estudio se identificaron diferentes especies de plantas y los resultados se compararon con los datos del año 1960 encontrándose que en los humedales evaluados no se encontraron comunidades de especies nativas es decir propias del lugar sino comunidades formadas por especies introducidas.

Li et al., (2022). Heavy metal pollution in coastal wetlands: A systematic review of studies globally over the past three decades: Los humedales costeros son ecosistemas asentados entre la tierra y el océano y están sujetos al ingreso de metales pesados en la tierra, en el océano y en la atmósfera. Se han revisado los artículos publicados entre 1990 y 2019. Entre los metales pesados más estudiados se encontraron el mercurio, el cadmio y el cobre. En referencia a los componentes

de los ecosistemas se investigaron los suelos, los sedimentos y las plantas. Además, se evaluó la interacción entre las fuentes antropogénicas y el cambio climático y la metodología de control y remediación.

Zarq Ezaz et al., (2020). Current trends of phytoremediation in wetlands: mechanisms and applications: Este estudio trata de integrar la investigación mundial sobre la fitorremediación y evaluar las tendencias actuales de la eliminación de contaminantes mediante los humedales. Se orienta a la fitorremediación de la polución orgánica e inorgánica de sitios contaminados. Esta es una tecnología rentable para eliminar contaminantes orgánicos (fosforo, nitrógeno, patógenos) e inorgánicos (metales y pesticidas). Los humedales absorben los contaminantes uniéndolos y convirtiéndolos en parte del sedimento. Los mecanismos de eliminación de contaminantes incluyen Fito-extracción, Fito-estabilización, Fito-volatilización y rizofiltración. La estrategia de fitorremediación para la remoción depende del nivel de contaminación, las especies de plantas y las condiciones climáticas del humedal. Algunas plantas tienen capacidad natural de degradar o convertir contaminantes en inofensivos para el suelo, agua o aire que son una amenaza grave para los seres humanos y animales.

Fang Han Ya., (2018). A review of research on substrate materials for constructed wetland. Este estudio asevera que los humedales se conocen por su capacidad de descontaminación del agua. En esta investigación se presentó la literatura referente al tema y se realizó un análisis comparativo. Los sustratos (suelos) de los humedales son la clave que permite la eliminación de la polución mediante los humedales

artificiales y la modificación de los materiales del humedal, es una forma eficaz para mejorar la capacidad de descontaminación del material del sustrato.

Fabelo., (2017). En su obra titulada “Methodological proposal for contaminated soil recovery”. Resalta que la contaminación de suelos se debe a la presencia de diferentes sustancias y/o productos y que esta condición se extiende en todo el mundo, por ello es necesario identificar el tipo de contaminante para darle el tratamiento adecuado usando una metodología para la recuperación de los suelos con eficiencia y eficacia. Esta propuesta implica las etapas de diagnóstico, caracterización selección de la tecnología y su validación técnica económica a nivel de laboratorio y plata piloto. Una vez realizado se diseña la tecnología del tratamiento.

Sun Z et al., (2017). “Spacial variations and toxicity assessment for heavy metals in sediment of intertidal zone in a typical subtropical estuary (Min River) of China”, en este estudio se recogieron muestras de las plantas en cinco pantanos (C1, *Phragmites australis*; C2, *P. australis* y *Cyperus malaccensis*; C3, *C. malaccensis*; C4, *Spartina alterniflora*; y C5, *Cyperus compressus*) respectivamente a lo largo de dos transectos típicos (T1 y T2) que se extienden desde el pantano con vegetación hasta la marisma en un estuario subtropical típico (Rio Min) de China en julio de 2015 para investigar la variación espacial y la toxicidad de los metales pesados (Pb, Cr, Cu, Zn y Ni) en la zona intermareal. Los niveles de metales pesados en las plantas evaluadas del estuario del rio Min fueron más altos en comparación con la mayoría de los estuarios en Asia, Europa, África y América del Sur. Los sedimentos en la zona intermareal del estuario del rio Min fueron moderadamente

contaminados por los cinco metales, y particularmente, el Ni fue identificado como metal pesado de preocupación principal. Tanto el Ni como el Pb en los sedimentos de la zona intermareal mostraron una alta toxicidad potencial y altas contribuciones a la suma de las unidades tóxicas (Σ TUs). Si no se toman medidas para rehabilitar los sedimentos contaminados de metales se tendrán consecuencias potenciales a largo plazo para los animales en peligro de extinción o para las aves migratorias.

Zhang Guangliang et al., (2016) y su artículo *Soil quality assessment of coastal wetlands in the Yellow River delta of China based on the minimum data set*, evaluó los cambios dinámicos en la calidad del suelo de los humedales de las regiones costeras, se recolectaron muestras de las plantas *Suaeda salsa*, *Tamarix chinensis*, *Phragmites australis* en agua dulce y *Phragmites Australis* en agua salobre, en las estaciones de verano y el otoño del 2007 y en la primavera del 2008. La calidad del suelo se evaluó mediante el “Índice de calidad el suelo” (SQI) utilizando el conjunto de datos que permitió la revisión de sus componentes principales y la salinidad del suelo, lo cual podría ser un indicador característico para las revisiones de la calidad del suelo en los humedales de las regiones costeras. La herramienta SQI es eficaz para evaluar la calidad de los suelos de los humedales.

Garcia et al., (2012) “Soil quality indicators: A new way to evaluate this resource”. El autor plantea que la superficie o suelo es un patrimonio vital para el desarrollo de la vida, porque allí se desarrollan las plantas, animales y la vida del hombre. Sin embargo, no se conocen todas las funciones del suelo, es decir sus características químicas, como la disponibilidad de macro elementos primarios como el nitrógeno, fósforo y potasio. Estos estudios permitieron nuevas definiciones que caracterizan

las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, incluida su capacidad de sostenibilidad, en la producción de alimentos sanos y reducir la contaminación medioambiental. Este estudio define la aptitud del suelo, partiendo del análisis de sus funciones; revisión de los indicadores biológicos, físicos y químicos, así como las variables que los asocian.

Azizur Rahman., (2020). Pytoremediation of toxic metals in soils and wetlands: concepts and applications: Durante siglos las actividades industriales, mineras, militares, la agronomía y la administración de residuos han contaminado los suelos y humedales con altas concentraciones de metales tóxicos, con efectos permisivos con los ecosistemas, los recursos naturales y para la salud humana. En contraposición con los compuestos orgánicos, los metales no se degradan, por lo tanto, requiere un tratamiento para su eliminación. La mayoría de los tratamientos son costosos y degradan la fertilidad del suelo que luego impacta de manera adversa en el ecosistema los métodos convencionales de remediación no resuelven el problema los transfieren a la generación futura. Por lo tanto, es urgente la necesidad de métodos alternativos, baratos y eficientes para limpiar los sitios contaminados con metales tóxicos.

Carabassab et al., (2020) “Soil restoration using compost-like-outputs and digestates from non-source-separated urban waste as organic amendments: Limitations and opportunities”: La rehabilitación del suelo para restaurar canteras, vertederos o pendientes de carreteras requiere la adición de enmiendas orgánicas para mejorar los sustratos. Los biorresiduos provenientes de plantas de tratamiento mecánico-biológico, con productos similares al compost y digestatos son útiles para

ser usadas en enmiendas orgánicas. Este estudio evaluó la idoneidad de los recursos desde el punto de vista fisicoquímico, biológico, eco toxicológico para descartar efectos peligrosos en la fauna del suelo. Este estudio se realizó en varias pendientes de carretera y en un lugar de descarga.

Collins et al., (2020). “Restoration of soil quality using biochar and brown coal waste: A review”. Este estudio trata de la restauración de suelos utilizando materiales de desecho orgánicos que mantiene o restauran la funcionalidad química, física biológica y ecológica, aumentando la materia orgánica del suelo puede influir en el microclima del suelo, la estructura de la comunidad microbiana, la renovación de la biomasa y la mineralización de nutrientes. Estudia el uso del biochar que se prepara a partir de materias primas a diferentes temperaturas como el BCW opción con aplicación a nivel mundial. Estos materiales tienen contenidos altos de carbono y proporcionan estabilidad del suelo, por lo tanto, pueden usarse para el secuestro del carbono a largo plazo para reducir las emisiones de gases de efectos invernadero y como acondicionadores para mejorar la calidad del suelo.

Rezania Shahabaldin et al., (2019). “Phytoremediation potencial and control of *Phragmites australis* as a green phytomass: an overview”: Resalta el uso de la especie *Phragmites australis* (caña común), planta emergente distribuida en varias partes del mundo. Esta especie se ha empleado para la fitorremediación de diferentes tipos de aguas residuales, suelo y precipitaciones desde los años 70. La investigación publicada confirma que la especie caña común es un gran acumulador de variados tipos de nutrientes y metales pesados. Esta investigación presenta la literatura existente acerca de la eliminación de los nutrientes y metales pesados de

las aguas residuales, el suelo, sedimentos, utilizando la especie *Phragmites australis*, se observa el potencial de ser utilizada para obtener beneficios adicionales, como la producción de bioenergía y materia prima animal debido a sus características. La determinación de estrategias adaptativas es vital para reducir el crecimiento invasivo de *P. australis* en el medio ambiente y sus efectos económicos.

Bozdogan S. et al., (2019), “Heavy metal accumulation in Rosemary leaves and stem exposed to traffic related pollution near Adana-Iskenderun Highway (Hatay Turkey)”. La contaminación se ha convertido en un problema a escala mundial y plantea un riesgo significativo en términos de salud humana y ecosistemas naturales, siendo las mayores fuentes de contaminación: las instalaciones municipales e industriales, sin embargo, el tráfico también es una fuente peligrosa. Existen varios métodos de intervención para medir y reducir el riesgo y los efectos de la polución relacionada con el tráfico. Para efectuar la medición de la referida contaminación se utilizaron ciertas plantas para acumular los contaminantes en sus tejidos para descubrir los metales que se acumulan en las hojas y tallos de romero (bioacumulador) para revelar la tasa de polución por metales (Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb y Zn) a lo largo de la carretera que conecta Adana con Iskenderun (Hatay). La conclusión de este estudio muestra que esta planta es una variedad efectiva para establecer la cantidad de polución relacionada con el tráfico en las zonas urbanas.

Marjan Esmailzadeh., (2017) “Antioxidante response to metal pollution in *Phragmites australis* for Anzali wetland” esta investigación se realizó para examinar las variaciones de la actividad antioxidante de la *Phragmites australis*

como biomarcador para metales como: As, Pb, Cu y Cd. Se recogieron muestras de sedimentos y plantas de siete estaciones ubicadas en el humedal de Anzali y se concluyó que las enzimas antioxidantes son buenos marcadores biológicos que reflejan la polución por metales pesados en el humedal analizado.

Jin Wang, et al., (2017) “Surface sediment properties and heavy metal pollution assessment in the Sallow Sea wetland of the Liaodong Bay, China”: La bahía de Liaodong es una bahía semicerrada ubicada en el noreste de China, afectada por las descargas de cinco ríos. Se analizaron 100 muestras de sedimentos superficiales del humedal marino poco profundo de la bahía de Liaodong para determinar el tamaño de grano y concentraciones de carbono orgánico (Corg) así como metales pesados. Las evaluaciones de contaminación revelaron que algunas estaciones estaban moderadamente a altamente contaminados con As, Cd y Hg. Se observó contaminación severa en el estuario del río Xiaoling; además de concentraciones más bajas de metales pesados en otras desembocaduras de ríos, donde los sedimentos eran más gruesos. Las distribuciones de los metales pesados se asociaron estrechamente con Corg y el tamaño del grano. Gran porcentaje de los contaminantes de metales pesados que ingresan al océano se encuentran en sedimentos suspendidos. Y los sedimentos son considerados como el ultimo sumidero de metales pesados en el medio ambiente marino (Santos et al., 2005; Sin et al., 2001).

Huang et al., (2017). “Removal of Cu, Zn, Pb and Cr from Yangtze estuary using the *Phragmites australis* artificial floating wetlands”. La contaminación por metales pesados amenazaría los recursos hídricos y los suelos; la fitorremediación

se puede utilizar para remediar los sitios contaminados. Para esta investigación se construyó humedales flotantes artificiales utilizando la macrofitas *Phragmites australis* fuera del embalse Qingcaosha en el estuario del Yangtze. Se determinaron cuatro metales pesados (cobre, zinc, plomo y cromo) tanto en el agua y tejidos vegetales. La planta *P. australis* tiene potencial para ser utilizado para proteger el agua del embalse de Qingcaosha de la polución de metales pesados.

Oyuela et al., (2016) “Native herbaceous plant species with potential use in phytoremediation of heavy metals, spotlight on wetlands – A review”. La polución medio ambiente generada por la movilidad y solubilidad de los metales pesados afecta significativamente el ambiente, la vida humana, las plantas y los animales. La fitorremediación es una técnica empleada para descontaminar el suelo de metales pesados, y generalmente implica el uso de especies exóticas, pero podrían exhibir un comportamiento invasivo, y afectar el ecosistema desde el punto de vista ambiental ecológico. Este artículo se analizan algunas especies de plantas herbáceas nativas reportadas (*Baccharis latifolia*, *Bromus catharticus*, *Calceolaria bogotensis*, *Carex buehneri*, *Carex lanuginosa*, *Carex lurida*, *Cestrum buxifolium*, *Cyperus bipartitus*, *Equisetum bogotense*, *Fuirena incompleta*, *Gratiola bogotensis*, *Hydrocotyle umbellata*, *Hypericum humboldtiana*, *Hypericum humboldtii*, *Juncus densiflorus*, *Juncus effusus*) en los humedales de Bogotá, Colombia, con uso potencial en la fitorremediación de metales pesados. Se utilizaron especies herbáceas capaces de descontaminar sustratos contaminados con metales pesados.

Zhongchuang Liu et al., (2020), en el artículo de investigación “A review on phytoremediation of mercury contaminated soils” los autores señalan que este metal es uno de los contaminantes ambientales más nocivos que existe en los suelos y propone el método de fitorremediación por la baja inversión y presenta entre las especies de plantas experimentales para acumular mercurio y descontaminar los suelos a la planta *Axonopus compressus* cuyo factor de bioacumulación es superior a 1.

Sunita Sharma et al., (2015) “Phytoremediation: role of terrestrial plants and aquatic macrophytes in the remediation of radionuclides and heavy metal contaminated soil and water”. Este estudio se refiere a la alta contaminación producida por residuos radiactivos, después del cual se detectan metales pesados, estos se producen en la corteza terrestre y en baja concentración son esenciales para los seres vivos, sin embargo, la bioacumulación de metales causa efectos peligrosos se integran al organismo mediante la ingesta de agua potable contaminada o mediante la cadena alimenticia. Los tratamientos ecológicos para remediar los suelos y los recursos hídricos emplean diferentes tratamientos fisicoquímicos pero estas técnicas son caras, complicadas y tiene efectos secundarios, otra de las técnicas que superan estos efectos es la fitorremediación cuyo proceso es efectivo, fácil, económico y ecológico. Esta técnica utiliza plantas y sus microbios asociados para descontaminar sitios contaminados. Este estudio ha revisado diferentes modos de fitorremediación mediante el uso de diversas plantas acuáticas y terrestres para rectificar los metales pesados de los suelos y de los medios marinos y además se

discuten potenciadores naturales y sintéticos que aceleran el proceso de concentración y absorción de metales por las plantas.

Phillips et al., (2014). “Wetland plants as indicators of heavy metal contamination”. En este estudio se investigaron las capacidades de acumulación de metales de tres macrófitas emergentes (*Phragmites australis*, *Typha capensis* y *Spartina marítima*) en el estuario urbanizado de Swartkops. Se recolectaron muestra de plantas y sedimentos en siete sitios a lo largo de las orillas del canal principal y en los canales adyacentes. Los sedimentos y los órganos de las plantas se analizaron, mediante espectrometría de absorción atómica, para cuatro elementos (Cd, Cu, Pb y Zn). Se encontró que las concentraciones de metales en los sedimentos de los canales adyacentes eran sustancialmente más altas que las de los sitios a lo largo de las orillas del estuario. Estas diferencias se reflejaron en los órganos de la planta para plomo y zinc, pero no para cobre y cadmio. En las tres especies se encontraron concentraciones significativamente más altas de metales en sus raíces. Por lo tanto, estas especies son adecuadas para su uso como indicadores de la presencia y del nivel de contaminantes de metales pesados en los estuarios.

Sahumarán., (2013). “Phytoremediation of heavy metal from industrial effluent using constructed wetland technology” La Fito remediación es la capacidad natural de ciertas plantas de bioacumular, degradar o volver inofensivos a los contaminantes concurrentes en el agua o aire. En esta investigación se realizó una evaluación comparativa de la eficiencia de las malezas acuáticas como la *Typha latifolia*, *Eichhornia crassipes*, *Salvinia molesta* y *Pistia stratiotes* para tratar los efluentes de laboratorio. Los humedales artificiales basados en *Typha latifolia*,

Eichhornia crassipes son las mejores opciones para el tratamiento del efluente. la *Eichhornia crassipes* eliminó el plomo y el cobre y el cadmio fueron eliminados de manera casi total por la *Typha latifolia*.

Junhong Bai et al., (2011). “Assessment of heavy metal pollution wetland soils from the young and old reclaimed regions in di Pearl River stuary, south China” En el presente estudio se tomaron muestras de los suelos en humedales de las regiones recuperadas (A) y antiguas (B) del estuario del río Perla. Se analizaron las concentraciones de metales pesados para investigar sus distribuciones y niveles de contaminación. Los resultados expusieron que los metales pesados encontrados en zanjas y los humedales ribereños no diferían significativamente de los humedales recuperados en la región A, mientras que era significativamente menor para Cd, Cu y Zn en humedales recuperados en la región B, lo que sugiere mejores efectos a largo plazo. El hierro, cromo y el cobre fueron identificados como contaminantes metálicos de preocupación principal y tenían mayores contribuciones a las unidades tóxicas totales en comparación con otros metales.

Los humedales costeros son los principales sumideros de metales pesados (Williams et al., 1994) debido a una variedad de procesos físico-químicos (como: adsorción, intercambio, de ligandos, sedimentación) (Lau y Chu., 2000).

Algunas propiedades fisicoquímicas de los humedales son factores de control para la estabilización de trazas metálicas (por ejemplo; Du Laing et al., 2009). IP y Col., (2007) presentaron que la reducción de la acumulación de metales pesados a trazas

disueltas y en partículas se mejoran en los suelos con la presencia de materia orgánica y hierro divalente (Fe) y arcillas.

Los objetivos principales de este estudio son:

- a. Evaluar los metales pesados, (Fe, Mn, Cd, Cr, Cu, Un. Pb y Zn) en suelo superficiales de humedales ribereños, humedales y tierras recuperadas de humedales (antiguas y nuevas);
- b. Detectar las características de la distribución de los metales pesados en estas regiones;
- c. Identificar la fuente de contaminación utilizando análisis multi variante.

Jianlong Wang & Can Chen., (2009). “Biosorbents for heavy metals removal and their future”. Para eliminar los metales pesados y recuperar los suelos, se propone el uso de los bioabsorbentes por su buen rendimiento, bajo costo y su disponibilidad. El bioabsorbentes, a diferencia de las resinas de intercambio iónico mono funcionales, contiene una variedad de sitios funcionales que incluyen restos de carboxilo, imidazol, sulfhidrilo, amino, fosfato, sulfato, tioéter, fenol, carbonilo, amida e hidroxilo. Los bioabsorbentes son alternativas baratas y efectivas para eliminar los metales pesados en una solución acuosa. En este documento, se revisaron los bioabsorbentes utilizados en la obtención de metales pesados, centrándose en su estructura celular, rendimiento de bioabsorción, pretratamiento, modificación, regeneración/reutilización, modelado de bioabsorción (isoterma y modelos cinéticos), además del desarrollo de nuevos bioabsorbentes (evaluación, aplicación potencial y futura), además del desarrollo de nuevos bioabsorbentes

(evaluación, aplicación potencial y futura). Asimismo, se evaluó el pretratamiento y la modificación de bioabsorbentes para mejorar su capacidad de absorción.

Na Fang, et al., (2019). “Effects of land use types at different spatial scales on water quality in Poyang Lake wetland”. El agua es el elemento ambiental crucial que afecta varios procesos ecológicos en los humedales. El lago Poyang es el más grande de China, su característica es de agua dulce y su variación estacional del nivel del agua genera un paisaje único de humedales en la estación seca, hábitat crítico para las aves migratorias siberianas. En este estudio se analizó la calidad del agua del lago en los parámetros clorofila-a, demanda química de oxígeno utilizando el índice de permanganato, nitrógeno total y fósforo total, en 30 sitios de muestreo. También, se investigó la relación entre los parámetros de calidad del agua y los tipos de uso de tierra en diferentes escalas espaciales.

De Castro et al., (2021). “Potential of plant species adapted no semi-arid conditions for phytoremediation of contaminated soils”. Este trabajo destaca que las técnicas de mediación físico-químicas utilizadas para descontaminar el suelo son costosas y dañinas para la estructura del suelo y muestra que la alternativa biológica como la fitorremediación son económicas y aplicables a grandes áreas y señala que una de las limitaciones es identificar la planta capaz de estabilizar y o absorber los metales del suelo y que éstas puedan adaptarse a las circunstancias climáticas de las áreas contaminadas. El objetivo de este estudio permitió evaluar la capacidad de las plantas para crecer en los suelos contaminados con diferentes concentraciones de Pb y adaptarse a las condiciones semiáridas de las tierras brasileñas. Se concluyó

que las especies *P. juliflora*, *A peregrina* y *U. ruziziensis* son más adecuadas en suelos que contienen altos niveles de Pb.

Chamba et al., (2017) “*Erato polymnioides* - a Nobel Hg hyperaccumulator plant in Ecuadorian rainforest acid soils with potential of microbe-associated phytoremediation”. Este artículo de investigación valoró la capacidad de acumulación de Hg de las especies de plantas (*Axonopus compressus*, *Erato polymnioides* y *Miconia zamorensis*) las cuales crecen en los suelos contaminados por minas artesanales de oro. Los resultados destacan el papel facilitador de los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en la fitoacumulación de Hg el estudio concluye en que la planta *Erato polymnioides* es un buen candidato para diseñar estrategias asistidas por microbios, para la remediación de mercurio en áreas de la mina de oro.

Ramírez y Hernández., (2016). “Tolerancia a la salinidad en especies espinosas” las especies espinosas se reproducen mediante semillas, estolones y o esquejes. la información señala que el sistema radicular es denso y fibroso. Además, estas plantas se adaptan a diferentes condiciones de precipitación y temperatura. Tienen una rápida germinación y establecimiento, fina textura, color intenso y un fuerte sistema radica, además, soporte al pisoteo, adaptación al corte bajo, crecimiento rastrero, pero lento. Además de presentar resistencia y/o tolerancia a los estresores bióticos y abióticos.

La salinización y la sobre sodificación de los suelos atenta contra su fertilidad y su productividad de los cultivos, y ser intensifica en las zonas donde escasean las lluvias. Gran parte de estas plantas cultivadas son susceptibles al estrés salino ($CE > 4 \text{ dS m}^{-1}$) lo cual reduce su productividad por la nutrición inadecuada de estas plantas. Egamberdieva y Lugtenberg (2014). La salinidad es una de las principales causas del estrés abiótico que influye en el crecimiento, desarrollo y formación del césped. En la tabla 1 “Efecto del estrés salino en gramíneas cespitosas” se muestra que la planta *Axonopus compressus* con una conductividad eléctrica 18,6 muestra la reducción en el crecimiento del tallo y la raíz y calidad del césped. El éxito o deficiencia de las especies cespitosas está relacionado con la selección de la especie que le permite mejorar y adaptarse a las condiciones de salinidad.

Zine et al., (2020). “Guidelines for a phytomanagement plan by the phytostabilization of mining wastes”. Este trabajo de investigación se refiere a los desechos mineros los cuales producen una conminación severa, con impactos en el medio ambiente y efectos negativos en la salud humana. Los planes de fitorremediación presentan una solución rentable y sostenible para estabilizar estos desechos. Esta guía es de gran ayuda porque se basa en la selección de especies de plantas, su manejo, las características de los metales pesados, el estado de los nutrientes y las características físicas de los suelos. Este estudio propone directrices para la fitorremediación de los residuos mineros. La metodología se fundamenta en pruebas como la flora local, seleccionada con criterios botánicos. La disponibilidad de material genético (semillas) en el campo y su rendimiento en la germinación. Los resultados indican su utilidad y beneficios a largo plazo.

Adams et al., (2022). “Comparison of pasture types in the tropical Andes: Species composition, distribution, nutritive value and responses to environmental change”. En este trabajo se informa que el uso principal de la tierra en los Andes tropicales de América del Sur es el pastoreo y predominan las siguientes especies de pastizales: *Axonopus compressus*, *Melinis minutiflora*, *Pennisetum clandestinum* y *Holcus lanatus*. Este estudio exploró si plantar *Setaria* es la mejor opción para el cultivo de bajos insumos en montañas tropicales.

Alok Srivastava et al., (2019) “Study of toxic elements in River Water and wetland using Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) as pollution monitor” La unión de tóxicos en los recursos hídricos superficiales del humedal del río Sutlej y Harike y en el tejido biológico de la planta *Eichhornia crassipes*, o “Jacinto de agua”, se estableció mediante la técnica de la espectrofotometría de masas (ICP-MS), encontrándose los componentes: (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), manganeso, (Mn), níquel (Ni), plomo (Pb), uranio (U) y zinc (Zn). En el río Sutlej y en el humedal Harike. La acumulación de elementos pesados se halló en diferentes partes del agua y en el Jacinto de agua, observándose una gran absorción en las raíces de la planta, también del tallo y de la utilizando, se halla aplicando el índice del factor de bioconcentración (FBC), el cual ayuda a detectar los diferentes elementos. El estudio realizado muestra que la rizos filtración puede desempeñar un papel relevante en el control de la carga polutiva.

Yanan Wu et al., (2018). Comparison of dry and wet deposition of particulate matter in near-surface waters during summer. La deposición de material particulado atmosférico envuelve tanto los procesos húmedos, como secos, para vigilar la

contaminación del aire. Para investigar las características de la deposición húmeda y seca de los humedales se monitoreó la acumulación de material particulado y las circunstancias meteorológicas fueron monitoreadas en el verano y en alturas de 1,5m, 6m sobre el nivel del suelo en el humedal Cuihu (Beijing, China) para valorar la eficiencia de la remoción de PM_{2.5} y de PM₁₀. Los hallazgos establecen que las concentraciones diarias de PM, la velocidad de deposición seca y los flujos cambian con la misma variación de la tendencia. También se observó que la lluvia y el diámetro del PM en la eficiencia de la deposición húmeda. En términos de remoción de PM_{2.5}, la deposición húmeda (92%) fue más eficiente. Bullock & Acreman., (2003). “The role of wetlands in the hydrological cycle”; Los humedales tienen un efecto significativo en el ciclo hidrológico. Por lo tanto, esta se ha convertido en un elemento importante en la política de gestión del agua a nivel nacional, regional e internacional. Los estudios demuestran que los humedales reducen las inundaciones, recargan las aguas subterráneas o aumentan los caudales bajos. Este documento presenta una base de 439 declaraciones difundidas acerca de las funciones de cantidad del agua de los humedales de 169 casos en todo el mundo.

Palta et al., (2017). “Accidental urban wetlands: Ecosystems functions in unexpected places” Los humedales urbanos “accidentales” se forman no a través de actividades deliberadas de restauración o gestión, sino como un producto del uso del suelo y las decisiones de infraestructura del agua, por parte de los municipios. La investigación se realizó en el noreste y sureste de los Estados Unidos. Sugiere que los humedales accidentales contrarrestan la eutrofización antropogénica,

proporcionando hábitats para comunidades ecológicas importantes, fomentando la biodiversidad y mitigando el calor.

Meli et al., (2014). “Restoration enhances wetland biodiversity and ecosystem service supply, but are context-dependent a meta-analysis” los humedales se consideran ecosistemas muy importantes, pues comprenden una gran biodiversidad y ejecutan servicios importantes para la sociedad. Al degradarse los humedales es obligatorio una restauración ecológica para recuperar la biodiversidad y los servicios naturales del ecosistema, sin embargo, se desconoce su efectividad en la recuperación de esta biodiversidad, así como los servicios del ecosistema.

El estudio evalúa humedales degradados y restaurados, así como evalúa utilizando índices de respuesta y modelos categóricos de efectos aleatorios. Se evaluó como factores de contexto el tipo de ecosistema, el principal agente de degradación, la acción de restauración, el diseño experimental y la edad de restauración influyeron en la biodiversidad y las funciones ecosistémicas después de restauración. La biodiversidad mostró una excelente recuperación, aunque esta dependió del tipo de organismos involucrados.

Rosa Morales Saravia., (2019). En la presentación “Humedales, cambio climático y desertificación (05-02-2019)”. Se aseveró que los fenómenos climáticos afectan directamente a millones de peruanos y evitan alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), lo que motiva al Estado peruano el asumir la lucha contra las consecuencias adversas del cambio climático, como una convicción personal y una política de Estado. Presidente de la República, Martín Vizcarra, Segmento de líderes del evento” Nueva York (20-09-2018).

Los humedales son ecosistemas sensibles porque se ven afectados por las variaciones del clima y los fenómenos externos del tiempo. De acuerdo con el informe de evaluación del IPCC, las variaciones climáticas intensifican el ciclo hidrológico mundial y podrían causar significativos impactos en los recursos hídricos de todas las regiones.

Bejarano J., (2014), en su tesis titulada “Plan de recuperación de los humedales de Bogotá, caso humedal Juan Amarillo”: El análisis de esta investigación muestra que “La participación del ser humano en los humedales de la Sábana de Bogotá ha presentado importantes efectos en los últimos 15 mil años. Estos humedales fueron no solamente la fuente principal de alimento y calidad de vida de los pobladores aledaños, sino también lugares sagrados que resumían y representaban el origen de la vida”.

Bejarano resalta que “Estos humedales se comportan como un soporte elemental para la calidad de vida de los pobladores y el crecimiento sostenido de la ciudad porque actúan como amortiguadores hidráulicos, y por ende su preservación es elemental para alcanzar una estructura ecológica sostenible en la ciudad y en restauración e incorporación en el marco de una estructura urbana ecológica”.

Méndez., I., (2014), en la tesis “Análisis del marco regulatorio e institucional de la problemática del manejo y preservación del ecosistema del humedal La Vaca”. Este caso específico es un estudio del humedal urbano y se aplican las mismas condiciones, porque presenta problemas y características muy específicas: Méndez resalta que “la naturaleza por sí mismo se ha encargado de generar los usos

y funciones de estos humedales, por lo cual aportan beneficios a los seres vivos que dependen de estos para un desarrollo natural”, del mismo modo menciona que “los beneficios de los humedales son el control y retención de sedimentos y erosión, control de inundaciones, mejoramiento de la calidad del agua, reducción de la polución, estabilidad climática, educación del ambiente a los miembros de la sociedad, soporte de cadenas tróficas, conocimiento de la diversidad paisajística y control del flujo para su regulación hídrica natural. (Secretaría Distrital de Ambiente, pág. 31). (López- Calderón & Ríosmena- Rodríguez, (2016).

Rangel N., (2014), en la tesis titulada “Análisis territorial para la conservación de los humedales en la región mediterránea de Baja California, México”: en la página 110 muestra que “la degradación de los humedales y sus efectos socio ambientales, similares a otros ecosistemas ofrecen servicios ambientales específicos a una población, por tanto, su eliminación o degradación hace que disminuyan los servicios que estos aportan a la sociedad. En la costa la degradación o supresión de los humedales reduciría el control de inundaciones, su estabilización y su protección ante eventos hidrometeorológicos extremos, del mismo modo la adaptación y mitigación a las variaciones climáticas. En el área continental se afecta a los servicios de recarga de aguas subterránea y la depuración del agua con la consiguiente afectación negativa de los valores paisajísticos.

Chen et al., (2013). “The impacts of climate change and human activities on los biogeochemical cycles on the Qinghai-tibetana”: 06-06-2013 (Los impactos del cambio climático y las actividades humanas en los ciclos biogeoquímicos en la meseta Qinghai-tibetana): La temperatura en la meseta (“tercer polo” de la Tierra)

ha aumentado en 0.2 °C por década en los últimos 50 años, lo que resulta en un deshielo significativo y de retirada del glasear de permafrost. La revisión surgió sugirió que el calentamiento mejoró la producción primaria neta y la respiración del suelo, disminuyó las emisiones de metano CH₄ de los humedales y aumentó el consumo CH₄, de los prados, pero podría aumentar las emisiones del CH₄ en los lagos. El deshielo permafrost inducido por el calentamiento y la fusión de los glaciares también darían como resultado una emisión sustancial del dióxido de carbono (CO₂) y CH₄ antiguos. Las actividades humanas (pastoreo, cambios en la cobertura del suelo) modificación significativamente los ciclos biogeoquímicos y amplían la incertidumbre en la meseta. Sí el calentamiento y la humectación proyectados continúan, los futuros ciclos biogeoquímicos serán más complejos.

Chen et al (2019). “Assessment and improvement of wetlands environmental protection plans for achieving Sustainable development”. Los planes de gestión de humedales y de control de su erosión se ven influenciados por diversos elementos interrelacionados, como el bienestar humano, la, seguridad propiedad, la gestión las operaciones, el mantenimiento, la ecología, el medio ambiente, las estructuras artificiales, el control climático y el desarrollo sostenible. El propósito de este documento es crear índices de plan utilizando criterios/atributos, así como ayudar a alcanzar estos índices a los niveles de aspiración en cada criterio/atributo.

Baofeng Cai et al., (2018) “An optimization model for a wetland restoration project under uncertainty” Restaurar los humedales naturales es una tarea urgente para el bienestar humano. Esta investigación crea un modelo de optimización en restauración de humedales y busca minimizar la inversión total en proyectos de

restauración de humedales y obtener beneficios ambientales y socioeconómicos adicionales.

Durante el desarrollo de esta investigación, se plantó cañas en 46.75 km². Se recomendó las especies *Populus euphratica* y *Sauces secano* en un patrón de bosque mixto, dentro del intervalo de 30.54 km² a 37.25 km².

Según Miranda (2012). Evaluación de la calidad del aire en cercanías de los almacenes de concentrados mineros. En este informe se presenta una evaluación de la calidad del aire en las empresas que manejan concentrados mineros.

Según Arciniegas (2012). En su artículo “Diagnostico y material particulado: Partículas suspendidas totales y fracción respirable PM10” define al material particulado como uno de los contaminantes atmosféricos formado de partículas sólidas y/o líquidas (a excepción del agua pura) presentes en suspensión en la atmosfera (Mészáros, 1999), cuyas fuentes pueden ser naturales o antropogénicas, las mismas que tienen propiedades morfológicas, físicas, químicas y termodinámicas. Este contaminante produce efectos negativos a la vegetación, materiales y al hombre, y la reducción visual en la atmosfera, causada por la absorción y dispersión de la luz (Chen, Ying & Kleeman, 2009).

Además, es necesario medir las concentraciones del material particulado del PM, evaluar su comportamiento (espacial y en el tiempo) teniendo en cuenta fenómenos meteorológicos, composición química y origen, y de tal modo que se puedan conocer estas características poder establecer estrategias de control y seguimiento por los fiscalizadores.

Pastakia (1995). Rapid assessment matrix for use in water relates projects. En la matriz para evaluar impactos ambientales, la investigadora utiliza un método semicuantitativo para evaluar los impactos ambientales. El sistema se basa en colocar puntuaciones a los componentes de impacto contra criterios pre definidos y colocar las puntuaciones en rangos, describiendo el grado de impacto positivo o negativo.

Sánchez (2011). Evaluación de impacto ambiental. Se entiende por impacto ambiental al efecto que produce una determinada acción humana sobre el medio ambiente en sus diferentes aspectos. Técnicamente, es la alteración de la calidad ambiental producida por la modificación de los procesos naturales o sociales provocada por la acción humana.

En el informe de consultoría de Sánchez Rivas et al., 2010, se reporta que en la vertiente del Pacífico se encuentra 32% de los humedales del país y entre los cuales la destrucción de estos ecosistemas está el crecimiento de las ciudades, la contaminación, el mal manejo del agua y la frecuente extracción de recursos”

Zegarra et al., (2019). “Tendencias y escenarios posibles a mediano plazo de la contaminación del aire por fuentes de origen automotriz en Lima Metropolitana”. Los autores evalúan la polución del aire en un lapso de varios años y realizan una proyección mediante la estadística aplicada al juicio de expertos

Hernández (2018). “Análisis de la percepción en la contaminación de arroyos urbanos en la Microcuenca de Riíto en Tonalá Chiapa, México”. En este estudio se toma en cuenta la población y su percepción (tanto la urbana como la de

instituciones gubernamentales). El deterioro ambiental de las aguas superficiales, el origen de la contaminación, sus efectos y soluciones.

Bofill et al., (2005). “Efectos sobre la salud de la contaminación de agua y alimentos por virus emergentes de los humanos”. Los autores muestran que los virus en el medio ambiente producen impactos en la salud, pérdidas económicas; destaca la transmisión de los virus por alimentos y agua. Los virus se detectan en las aguas residuales y los biosólidos en plantas de tratamiento de aguas residual.

Rodríguez y Mc Laughin., (2019). “La contaminación del suelo: una realidad oculta”. Hace referencia a la situación actual de la contaminación del suelo y las consecuencias en la seguridad de alimentos y en la salud; así como su importancia en la evaluación de contaminación del suelo a nivel mundial.

Abad (2020). “El cambio de uso del suelo y su utilidad del paisaje periurbano de la cuenca del río Guayllabamba en Ecuador”. En este estudio se investiga como el desarrollo urbano incide en las variaciones de uso del suelo y los ecosistemas de la tierra, generando problemas en las zonas periurbanas ubicadas en la interfase urbana rural.

Muñoz.et al., (2009). “Impacto de la pérdida de la vegetación sobre las propiedades de un suelo aluvial”. La investigación muestra como la degradación del suelo se traduce en la pérdida de las funciones de suelo; la degradación se puede medir por los índices y propiedades que son sensibles a cambios funcionales en los primeros 20 cm.

Evan y Randir., (2021). “Effects of climate and land use changes on water quantity and quality of coastal watersheds of Narragansett Bay”. Este estudio modela un sistema de cuencas hidrográficas costeras, simula el uso futuro de la tierra y los factores de estrés climático.

Orrala (2010). “Diseño de un sistema de extracción de material particulado de una planta de arena (trituration y clasificación de polvo)”. el estudio trata del diseño de un sistema de extracción de polvos para captar material particulado útil para esta tesis, porque evita que se transporte material particulado no deseado.

Font et al., (2014). “Degradation in urban air quality from construction activity front and increase traffic arising from a road widening scheme”. Este estudio propone la ampliación de las zonas urbanas como una solución para disminuir la congestión del tráfico, porque este produce un impacto en la calidad del aire. Afirma que el incremento del tráfico es producto del crecimiento económico de cada región.

Sánchez et al., (2010). “Informe Nacional sobre el estado del ambiente Marino del Perú”. Este trabajo trata de los humedales de la franja costera, sobre su importancia ecológica y la diversidad de especies que albergan.

Escobar y Cuervo., (2008). “Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización”. Los autores exponen el juicio de expertos y su aplicación.

Amable et al., (2017). “Contaminación Ambiental por ruido”. Mediante este artículo se expresa que la contaminación sonora como un problema ambiental afecta a la salud del ser humano y la salud ambiental.

Lacalle, et al., (2023). “Phytostabilization of contaminated with As, Cd, Cu, Pb, and Zn. Physicochemical toxicological, and biological evaluations”. Los autores mediante la técnica de la Fito estabilización utilizaron especies seleccionadas para reducir la toxicidad de los metales en suelos contaminados.

Según el “Manual de prácticas de edafología del departamento académico de suelos de la facultad de agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina”, elaborado por Bazán (1986), revisada y actualizada por Vega et al. (2022). Define las características de los suelos.

Ibarra et al., (2009). “Distribución espacial de pH en suelos agrícolas de Zopopan, Jalisco México”. El estudio determinó el pH de los suelos agrícolas donde el 61.10% es frecuentemente ácido y el 38.90% es modernamente ácido.

Aguirre. (2009). “El manejo de la conductividad eléctrica en fertirriego”. La investigación trata de la inyección de ácidos al suelo, como del ácido fosfórico o ácido nítrico para ajustar el pH del suelo.

Ramírez y Hernández. (2016). Efecto del estrés salino en gramíneas espitosas. Este estudio evaluó el estrés que produce la salinidad en las especies cespitosas y el deterioro de la estructura del suelo; esta investigación se efectuó en la Estación experimental de pastos y forrajes Indio Hatuey (provincia de Matanzas), para encontrar alternativas para un mejor aprovechamiento de los suelos degradados por la salinización y el incremento del potencial de producción del césped con la calidad necesaria. Las especies cespitosas son una solución práctica al problema de la salinidad.

Swarnendu & Usha. (2017). "Tropical Grasslands- Forrajes tropicales". En este trabajo se realizó un estudio de la tolerancia de la salinidad de 12 gramíneas forrajeras nativas de la parte oriental de los Terai-Duar Grasslands en India nororiental. Los resultados mostraron que las plantas *Imperata cylindrica*, *Digitaria ciliaris* y *Cynodon dactylon* fueron las gramíneas más tolerantes a la salinidad.

Julca et al., (2006). "La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura". El estudio presenta la revisión de la fracción orgánica del suelo, rol y experiencias en la incorporación de la materia orgánica del suelo.

Giraldo. (2008). Revisión del género *Axonopus compressus* (*Poaceae: Paniceae*): primer registro del género en Europa y novedades taxonómicas. La planta *Axonopus P. Beauv.* Es un género nativo del continente americano, del que se conoce unas 72 especies, el estudio nos muestra su distribución geográfica y ecológica.

Glosario de Términos

Según el Convenio Ramsar, en el artículo 1ero del protocolo "define al humedal como una zona húmeda o como cualquier extensión de marisma, pantano, turbera, o superficie cubierta de aguas, ya sean naturales o artificiales, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de aguas marinas cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros". Ramsar, (1971). Los humedales se clasifican en humedales marinos y costeros, humedales continentales y humedales artificiales.

Material particulado: Según Arciniegas, el material particulado es el conjunto de partículas sólidas y/o líquidas (a excepción del agua pura) las cuales se encuentran en suspensión en la atmósfera (Mészáros, 1999), las cuales pueden provenir de

fuentes naturales o antropogénicas y cuentan con propiedades morfológicas, físicas, químicas y termodinámicas. El material particulado puede impactar en la vegetación, materiales, en la salud del hombre, en la falta de visibilidad causada por la absorción y dispersión de la luz (Chen, Ying & Kleeman, 2009). Definición citada por Arciniegas Suarez. (2012) en su artículo Diagnóstico y material particulado: Partículas suspendidas totales y fracción respirable PM10.

De acuerdo con la Norma EN ISO 14001:2015, se define como:

Aspecto ambiental: elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que interactúan o pueden interactuar con el medio ambiente. Un aspecto ambiental puede causar uno o varios impactos ambientales. El aspecto ambiental puede ser significativo y no significativo con sus respectivos impactos significativo y no significativo respectivamente.

Mientras que, Impacto Ambiental es el cambio que se produce en el medio ambiente, ya sea adverso o beneficioso, como resultado total o parcial de los aspectos ambientales.

De acuerdo con la Ley N° 28611 “Ley General del Ambiente”

- a. En el artículo 25 de la “Ley General del Ambiente”, los **Estudios de Impacto Ambiental, EIA** son instrumentos de gestión que describen una actividad que puede ser de una pequeña empresa como de una gran empresa con efectos directos e indirectos en el medio ambiente físico y social, a corto o a largo plazo, con la evaluación técnica y con las medidas para evitar o reducir el impacto a niveles tolerables.

- b. En el artículo 31 de la “Ley general del ambiente”, el estándar de calidad ambiental (ECA) es la medida que establece el nivel de concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente.
- c. En el artículo 32 de la “Ley General del Ambiente”, el Límite Máximo Permisible (LMP), es la medida de la concentración y del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, propios de un efluente o una emisión, que en caso de ser excedida causa o puede dañar la salud, el bienestar humano o al ambiente.
- d. Según el OEFA, en la guía: “Instrumentos básicos para la fiscalización ambiental” define a los siguientes elementos:

Aire

- a. **Contaminante del aire:** Es una sustancia o elemento que en determinados niveles de concentración en el aire genera riesgos a la salud y al bienestar humano.
- b. **Polvo:** Son las partículas sólidas con un diámetro menor de 75 micras (μm) que caen por su propio peso pero que pueden permanecer suspendidas en el aire por algún tiempo a ese tipo de polvo se le conoce como polvo respirable.
- c. **Protocolo:** Es un documento guía que contiene pautas, instrucciones, directivas y procedimientos establecidos para desarrollar una actividad específica.

Agua

- a. **Monitoreo de la calidad del agua:** Es el proceso utilizado para medir la calidad del agua, para determinar la presencia de contaminantes para el uso seguro del agua y para el control de las fuentes de contaminación.

Suelo

- a. **Suelo:** es el material compuesto por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire.
- b. **Contaminante:** Es cualquier sustancia química diferente a la naturaleza del suelo o que su concentración excede la normativa, que puede causar efectos nocivos para la salud de las personas o el ambiente.
- c. **Emergencia:** Es el resultado de la contaminación de un lugar y que resulte en una circunstancia, evento indeseado, inesperado, que se libere de manera no controlada, ya sea mediante un incendio o explosión de uno o varios materiales o residuos peligrosos que afecten la salud humana o el ambiente, de manera inmediata.
- d. **Caracterización de sitios contaminados:** Determinación cualitativa y cuantitativa de los contaminantes químicos o biológicos presentes en el suelo, provenientes de materiales o residuos peligrosos, para estimar la magnitud y los riesgos producto de esa contaminación.
- e. **Remediación:** Es la aplicación de metodologías usadas en un sitio contaminado para eliminar o reducir los contaminantes.
- f. **Plan de descontaminación de suelos:** Es el instrumento de gestión ambiental utilizado para remediar los impactos de una actividad presente o pasada. Se puede

utilizar una técnica de remediación o una mezcla de técnicas, para eliminarlos, para controlar el uso del suelo, o para monitorear el sitio contaminado.

Otros conceptos:

- a. **Abrasivo escoria de cobre:** Es un subproducto de la fundición del cobre que está formado por impurezas de los metales o los minerales en el momento de la fusión y otros procesos metalúrgicos y de combustión (escorias de cobre).
- b. **Ecosistema:** Está formado por comunidades vegetales, animales y de microorganismos en su medio que interactúan como una unidad funcional.
- c. **Ecosistemas frágiles:** Son ecosistemas importantes, con sus características y recursos, condiciones climáticas y su relación con desastres naturales. Son ecosistemas en peligro porque sus poblaciones, su diversidad o sus condiciones de estabilidad decrecen peligrosamente o desaparezcan debido a factores exógenos. Comprenden, entre otros, desiertos, tierras semiáridas, montañas.
- d. **Evaluación de efectos:** Es el análisis e inferencia de las posibles consecuencias en un organismo específico, pudiendo ser también una población o ecosistema, por la exposición a un factor basado en el conocimiento de la relación causa-efecto.
- e. **Fuente de contaminación:** Es el punto o área de contaminación, dispersión de materiales y residuos peligrosos al ambiente, fuentes que emiten contaminantes al ambiente.
- f. **GPS:** Sistema de posicionamiento Global o, NAVSTAR GPS (Navigation System and Ranging –Global Positioning System, sistema de navegación y determinación de alcance, y sistema de posicionamiento mundial’) es el sistema que permite

determinar la posición geográfica en cualquier parte del mundo de un objeto, persona o nave y funciona mediante una red de satélites en órbita sobre el planeta.

2.4 Base Legal

Constitución Política del Perú de 1993

Que en su capítulo II, del ambiente y los recursos naturales, en el artículo 68° indica que el “estado está obligado a promover la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas” en este caso específico se refiere a la protección de la biodiversidad de las especies residentes en los humedales, así como de las especies migratorias.

Acuerdo nacional (2002), política 19, desarrollo sostenible y gestión ambiental y política 33 "Política de estado sobre recursos hídricos"

Según la política 19 “desarrollo sostenible y gestión ambiental” del Acuerdo Nacional, el Perú “se compromete a institucionalizar la gestión ambiental, pública y privada, para proteger la diversidad biológica, facilitar el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales asegurar la protección ambiental y promover centros poblados y ciudades sostenibles, lo cual ayudará a mejorar la calidad de vida, especialmente de la población más vulnerable del país”.

Según la política 33 “política de estado sobre los recursos hídricos” del Acuerdo Nacional, el estado se “compromete a cuidar el agua como patrimonio de la nación”.

D.S N° 009-2013-MINAGRI (2013), Política nacional forestal y de fauna silvestre,

En esta normativa el estado peruano “afirma que “reconoce la diversidad de realidades ecológicas que caracterizan al patrimonio forestal y de fauna silvestre de la nación y la diversidad cultural asociada a su gestión. Igualmente identifica una diversidad de usos y de usuarios que conviven en los distintos escenarios socio ambientales o que actúan sobre estos, e influyen decisivamente en los procesos que pueden afectar la conservación o la degradación y eventual desaparición de este patrimonio de la nación”.

Ley N° 26839 (1997), Ley sobre la conservación y aprovechamiento sostenible de diversidad biológica.

En el marco del desarrollo sostenible, la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica implica la conservación los ecosistemas, especies y genes, así como mantener los procesos ecológicos esenciales de los que dependen la supervivencia de las especies. Además, promueve acciones de conservación de los ecosistemas naturales, la prevención de la contaminación y degradación de los ecosistemas terrestres y acuáticos, mediante prácticas de conservación y manejo, la rehabilitación y restauración de los ecosistemas degradados y la incorporación de criterios ecológicos para la conservación de la diversidad biológica en los procesos de ordenamiento ambiental y territorial.

Además, promueve el establecimiento e implementación de mecanismos de áreas naturales protegidas y el manejo regulado de otros ecosistemas naturales, para garantizar la conservación de ecosistemas, especies y genes en su lugar de origen y promover su utilización sostenible.

Ley No 28611 (2005). Ley General del ambiente.

Esta ley promueve la conservación de ecosistemas, dando prioridad a ecosistemas especiales o frágiles. El Estado reconoce la importancia de los humedales como hábitat de especies de flora y fauna, en particular de aves migratorias, priorizando su conservación en relación con otros usos.

Ley N° 26821 (1997), Ley orgánica para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.

En el artículo 12.-El Estado fomenta la conservación de áreas naturales por su diversidad biológica, paisajes y otros componentes del patrimonio natural de la Nación.

Ley No 29338 (2009) Ley de recursos hídricos - y su reglamento, D.S. N. 001-2010-AG (2010).

Artículo 5°.- El agua cuya regulación es materia de la presente ley comprende los diferentes tipos de agua entre las que se encuentra en los humedales y manglares;

Ley N° 26834 (1997) Ley de áreas naturales protegidas, y su Reglamento D.S. N° 038-2001-AG (2001).

Artículo 2.-La protección de las áreas a que se refiere el artículo anterior tiene como objetivos:

- a. Asegurar la continuidad de los procesos ecológicos y evolutivos.
- b. Mantener muestras de los distintos tipos de comunidad natural, paisajes y formas fisiográficas, en especial de aquellos que representan la diversidad única y distintiva del país.

- c. Evitar la extinción de especies de flora y fauna silvestre, en especial aquellas de distribución restringida o amenazadas.
- d. Evitar la pérdida de la diversidad genética.
- e. Mantener y manejar los recursos de la flora silvestre, de modo que aseguren una producción estable y sostenible.

D.S. N. 004-2017-MINAM (2017), Estándares nacionales de calidad ambiental para agua.

Mediante este decreto se aprueban los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua en sus diferentes categorías. En este caso los humedales se consideran en la categoría 4 “conservación del ambiente acuático” en la sub categoría E1 “: lagunas y lagos: son aquellos cuerpos naturales de agua lenticos, que no presentan corriente continua, que incluyen a los humedales.” además podría considerarse como categoría E3: Ecosistemas costeros y marinos. En cuanto a los ecosistemas marinos “son aquellas zonas del mar comprendidas desde la línea paralela de baja marea hasta el límite marítimo nacional.

D.S. 006-2021-MINAM. Aprueban las Disposiciones generales para la gestión multisectorial y descentralizada de los humedales.

Esta norma tiene por finalidad garantizar la conservación y uso sostenible de los ecosistemas de humedales.

Resolución Ministerial 051-2014-MINAM (2014) “Estrategia nacional de humedales”, el objetivo de esta estrategia es prevenir, reducir y mitigar la

degradación de los ecosistemas de humedales y promover su conservación y uso sostenible.

Resolución Ministerial N° 093-2019-MINAM (2019), dispone la pre publicación del Protocolo nacional del monitoreo de la calidad ambiental del aire, que tiene por finalidad estandarizar los criterios técnicos para monitorear la calidad del aire y alinearse con la normativa internacional: norma EPA-454/B-17-001 January 2017. Quality assurances handbook for air pollution measurement system, volume II ambient air quality monitoring program.

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de la Investigación

Tipo de Investigación

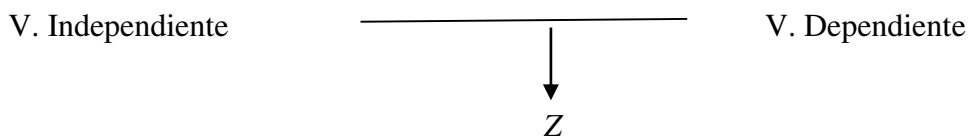
La metodología empleada en el estudio es de carácter no experimental, dado que no se efectuó la modificación de variables. Los fenómenos fueron observados en su entorno natural y luego sometidos a análisis, sin intervención directa (Gómez, 2016).

De acuerdo con su propósito, (Ñaupas, 2013) indica que esta investigación es de nivel secundario. Su principal objetivo radica en la recopilación de datos e información concerniente a las particularidades de los procesos naturales.

Según el enfoque, es cuantitativa, porque se caracteriza por el uso de métodos y técnicas cuantitativas por los análisis de laboratorio.

Según su alcance, (Bernal, 2006) es descriptiva explicativa, es decir que tiene por finalidad especificar las propiedades y características del fenómeno determinado y al medir las variables se buscará correlacionar los hechos mediante las relaciones a través de la prueba de hipótesis. Además, se busca correlacionar los resultados con el impacto ambiental a través de su comparación con los Estándares de Calidad Ambiental.

Diseño de Investigación



3.2 Unidad de análisis

Está conformada por las muestras tomadas en el humedal ubicado en la Avenida Contralmirante Mora, Callao (37 hectáreas).

3.3 Población de estudio

La población corresponde a los humedales marino-costeros de la región Callao y las actividades que se desenvuelven en su entorno, entre las cuales se distinguen las siguientes actividades: industriales, comerciales, transporte (de personas y de carga) terrestre, aéreo, marítimo y ferroviario, así como las actividades residenciales de la zona. La Avenida Contralmirante Mora es una zona muy saturada de actividades del sector transportes e industriales.

3.4 Selección de la muestra

La muestra corresponde al humedal marino-costero ubicado en la Avenida Contralmirante Mora y cuenta con un área de 37 hectáreas.

La estrategia de muestreo empleada es de tipo probabilístico. Esta modalidad implicó la selección de muestras que procuran representar a la población en su totalidad. El investigador tomó la decisión de elegir las muestras basándose en que poseían las características adecuadas para cumplir con los objetivos específicos del estudio (Hernández, et al. 2014).

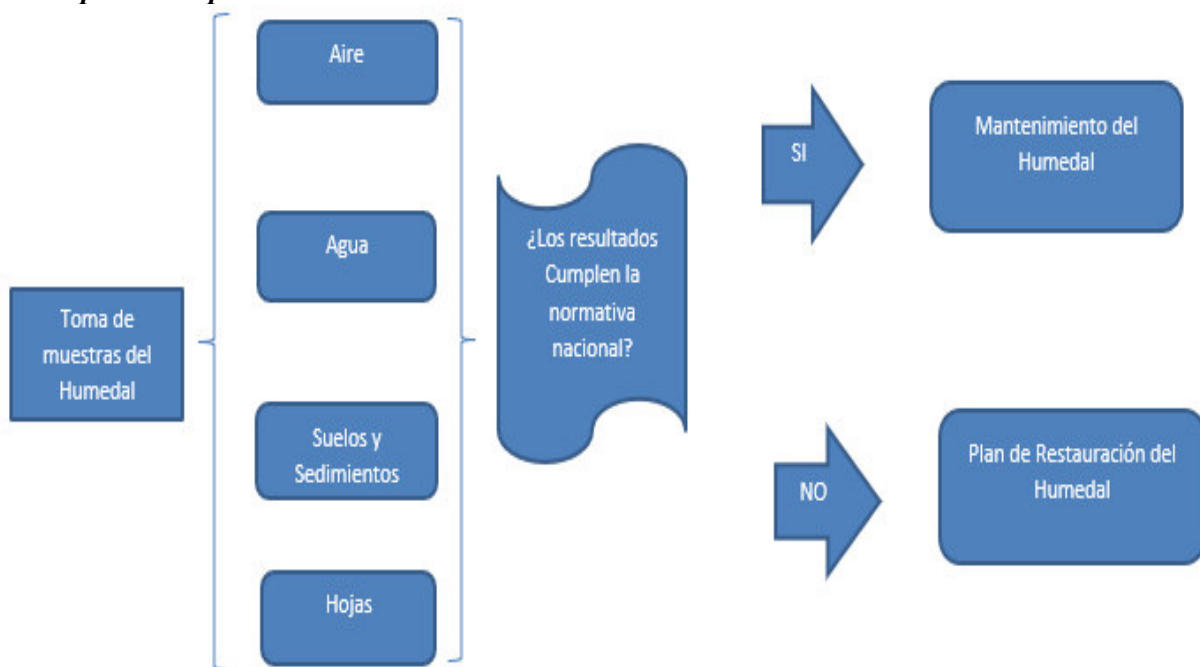
Durante el desarrollo de esta tesis se utilizaron los siguientes instrumentos de investigación: la observación, fotografías, mapas, software METEOBLUE, diseño del monitoreo ambiental (contratación de empresa consultora inscrita en el Ministerio de Producción, sector industrias, que realice los análisis según la metodología establecida por

los ECAS “ASTM, EPA, ISO, etc.” que los equipos de medición estén calibrados por organismos nacionales o internacionales “INACAL, ILAL”, uso del software SPSS para el análisis estadístico, encuestas para la determinación de la situación futura del humedal, la validación del plan de Fitorremediación, el impacto ambiental fue evaluado mediante el software RIAM y que la revisión bibliográfica proviene de fuentes confiables “revistas de prestigio como PUDMED, LATINDEX, ELSEVIER”).

3.5 Técnicas de recolección de Datos

Figura 1

Descripción del procedimiento



Material particulado:

Se efectúa mediante el muestreo del material particulado durante las actividades de la zona, es decir durante los trabajos de la actividad industrial y en especial de la empresa que recibe los concentrados mineros que podrían afectar al humedal con material particulado proveniente de la descarga de los mismos, influenciado por la dirección del

viento producido en la Avenida Contralmirante Mora hacia el humedal, así como durante las actividades del astillero, principales actividades que generan material particulado y que además están cerca al humedal, las actividades del grifo, el tránsito vehicular, y las actividades comerciales y residenciales de la zona.

Se tomarán muestras del factor: aire, agua, suelo y la vegetación del humedal porque podrían estar afectados por el material particulado de las actividades antes mencionadas, durante el verano y la primavera, se han identificado las fechas de cada estación en el siguiente cuadro:

Tabla 1

Estaciones astronómicas en el Perú

Datos muestreados según estaciones del año	Fecha de muestreo
Verano: inicio el 21 de diciembre y fin el 20 de marzo.	Realizado en enero 2021 (aire) Realizado en febrero 2021 (suelos, vegetación)
Otoño: inicio el 20 de marzo y fin el 21 de junio.	--
Invierno: inicio el 21 de junio y fin el 22 de septiembre.	--
Primavera: inicio el 22 de septiembre y fin el 21 de diciembre.	Realizado en noviembre 2020 (aire, suelos, vegetación)

Fuente: Plataforma digital única del Estado Peruano

Metodología para recolección de datos de calidad del aire:

- Materiales utilizados: filtros para PM10 y PM2,5, recipientes de muestreo (sobres manila, frascos y botellas), gel refrigerante (ice packs) o hielo, agua destilada y/o desionizada,

etiquetas para rotulado de muestras, cadenas de custodia, guantes de látex (exentos de talco piseta) o de nitrilo, tablero, formatos para registro de datos, extensiones de cable para toma de energía eléctrica.

- Equipos: Muestreador de PM10 y Muestreador de PM2,5 de alto y bajo volumen respectivamente, estación meteorológica, GPS.
- Desarrollo del muestreo.
- Análisis en laboratorio.
- Evaluación de los resultados.

Figura 2

Muestreo de calidad del aire en el humedal



Metodología de recolección de datos de la calidad del suelo:

- Para llevar a cabo este estudio, se recolectaron muestras de suelo superficial en la región industrial, en la Avenida Contralmirante Mora jardines y humedal, así como en el suelo colindante al río Rímac; se analizaron las muestras para identificar

presencia de hidrocarburos y metales pesados que podrían ser causados por las actividades industriales que rodean al humedal.

- Equipos: GPS, cámara digital, herramientas y materiales (lampas o palas, picota o pico pequeño, plastifilm o stretch film, paleta de plástico, agua destilada o desionizada, guantes de látex (exentos de talco) o de nitrilo, pisetas, plástico de 0.5m x 0.5m aproximadamente, cinta métrica (wincha) de 2m, mascarillas para polvo, bolsas ziplock, cadenas de custodia, coolers o hieleras, ice packs, cinta de embalaje).
- Desarrollo de la actividad de muestreo. – Muestreo superficial (entre 0 y 60 cm de profundidad), el cual se conserva en bolsa de plástico. Para efectuar el muestreo como primera medida se excava un hoyo con una pala o espátula de plástico a la profundidad que se indica en la tabla 4, se limpia las paredes del hoyo, retirando la capa de tierra que estuvo en contacto con la pala o espátula. Colocar la porción de suelo sobre el lienzo de plástico. Para obtener las muestras restantes, es necesario despegar y retirar el suelo de la base del agujero utilizando una espátula, una cuchara limpia o una pequeña pala; colocar el material extraído sobre el lienzo de plástico, el volumen de la muestra tomada debe exceder al volumen solicitado por el laboratorio, para aplicar la técnica del cuarteo diagonal y así obtener una muestra representativa del lugar y homogénea. Seguidamente se debe deshacer los terrones con diámetro mayor a 1 cm. Deshechar los fragmentos gruesos (gravillas, gravas, guijarros y piedras). Utilizar la espátula para verter la muestra homogenizada en el recipiente de acuerdo con los parámetros solicitados. Sellar los recipientes herméticamente; etiquetar, poner en el cooler para refrigerar. Al finalizar el muestreo descontaminar cada herramienta empleada. Antes de retirarse de cada punto de muestreo se debe reponer el suelo extraído.

Tabla 2

Profundidad de la toma de muestra según el uso del suelo

Usos del suelo	Profundidad del muestreo (capas)
Suelo comercial/industrial/extractivo	0 -10 cm ⁽²⁾
Suelo agrícola	0 -30 cm ⁽¹⁾
	30-60 cm
Suelo residencial/parques	0 -10 cm ⁽²⁾
	10-30 cm ⁽³⁾

(1) Profundidad de aradura

(2) Capa de contacto oral o dermal de contaminantes

(3) Profundidad máxima alcanzable por niños

Fuente: Guía de muestreo de suelos del MINAM

- Análisis en laboratorio

Figura 3

Muestreo de suelo en el humedal



Fuente: Elaboración propia

Metodología de recolección de datos de calidad de la vegetación del humedal

- Equipos: GPS, cámara digital. Herramientas y materiales (plastifilm o stretch film, agua destilada o desionizada, plástico de 0.5m x 0.5m aproximadamente, cinta métrica o wincha de 2m, bolsas ziplock, mascarillas para polvo, ice packs, coolers o

hieleras, guantes de látex (exentos de talco) o de nitrilo, cinta de embalaje y cadenas de custodia.

- Muestreo de tejido biológico (hojas de la vegetación del humedal):
- Los puntos de muestreo se encuentran especificados por las coordenadas (GPS) y se registran en la cadena de custodia.
- Tomar las muestras utilizando guantes de látex limpios.
- Identificar la zona de trabajo marcando un área de un metro cuadrado. En el punto de muestreo recolectar 200 gramos de tejido biológico y colocar la muestra en una bolsa ziplock, rotular y colocar en un cooler con ice pack. Identificar el nombre de la estación, fecha y hora de muestreo en la cadena de custodia y tomar una foto al punto de muestreo donde se aprecie la identificación de la estación.
- Evaluación de los resultados.

Figura 4

Muestreo de tejido vegetal



Fuente: Elaboración propia

Análisis en laboratorio

Metodología para la Evaluación del Impacto Ambiental

El EIA se puede dividir en las siguientes etapas:

Etapa de preparación del sitio, construcción y montaje: En nuestro caso, esta etapa no es aplicable, ya que las actividades industriales, comerciales, de transporte y residenciales ya están en desarrollo en el entorno del humedal.

Etapa de operación de los proyectos en ejecución que afectan al humedal: Esta es la fase que se va a evaluar en detalle, considerando los impactos ambientales durante la operación de los proyectos que afectan al humedal

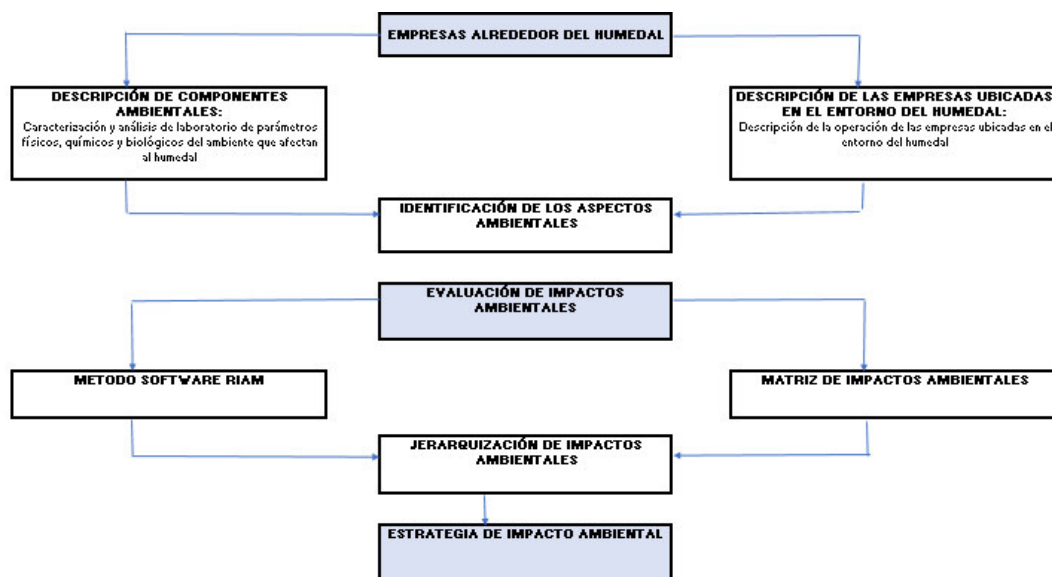
Etapa de cierre de los proyectos que afectan al humedal: No se llevará a cabo una evaluación en esta etapa.

La metodología para evaluar los posibles impactos en el humedal sigue un desarrollo secuencial que incluye las siguientes etapas:

Esquema de la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental (EIA)

Figura 5

Esquema de elaboración del estudio de Impacto Ambiental (EIA)



Fuente: Elaboración propia

- a. Descripción de las empresas ubicadas del entorno del humedal (con mayor probabilidad de producción de material particulado):
- **Impala Terminals:** La compañía en cuestión gestiona aproximadamente entre el 55% al 60% de los minerales que son depositados en el puerto del Callao. Su almacén es el receptor de los concentrados provenientes de empresas mineras como Volcan, Milpo, Votorantim y Chinalco. Consta de un depósito de concentrado de minerales techado destinada al almacenaje de estos, además cuenta con un almacén cerrado de plomo; los minerales se trasladan mediante la faja transportadora hermética de la empresa Transportadora Callao, para embarcar los minerales hasta los barcos.
 - **Perú Bar:** Empresa que realiza operaciones logísticas de almacenamiento, mezcla, acondicionamiento y embarque de concentrados de minerales.
 - **Sector industrial:** El principal centro de operación se encuentra en el Puerto del Callao y abarca empresas que trabajan con productos químicos y del sector pesquero. El astillero, ubicado en esta zona, se destaca por su capacidad para atender tanto embarcaciones de alto como de bajo bordo. Con unas instalaciones que ocupan un área de 300,000 metros cuadrados, este astillero está equipado con diques y gradas que permiten la ejecución de proyectos de construcción de embarcaciones de hasta 50,000 TPM, así como reparaciones de embarcaciones de hasta 25,000 TPM.
 - **Sector Transportes:**
 - En el Puerto del Callao, se moviliza los concentrados de minerales mediante contenedores en tráileres o a granel en camiones intercambiadores que llegan a los depósitos de Perú Bar y de Impala Terminals para su almacenamiento, pesaje, preparación de la ley y para su posterior embarque en los buques.

- APM Terminals Callao: Opera el terminal norte multipropósito en el puerto del Callao. Este terminal marítimo es versátil y está diseñado para gestionar una variedad de tipos de carga, incluyendo contenedores, carga fraccionada, proyectos, vehículos, graneles sólidos y líquidos.
 - Movilización de la carga de materiales de las empresas ubicadas en la Avenida Contralmirante Mora.
 - Movilización del personal de las empresas ubicadas en la Avenida Contralmirante Mora.
 - Movilización urbana de las personas que residen alrededor en las proximidades de la Avenida Contralmirante Mora.
 - De acuerdo con el “Diagnóstico de la gestión de la calidad ambiental del aire de Lima y Callao” MINAM (2019) basándose en los datos del año 2016, se establece que las emisiones de material particulado (PM2.5) están vinculadas a distintas categorías vehiculares. En concreto, los autobuses representan el 42% del total de emisiones de PM2.5. Además, se observa que la tecnología vehicular también influye en las emisiones: los vehículos Pre-EURO representan el 65% del total de las fuentes móviles que aportan PM2.5 y teniendo en cuenta la antigüedad vehicular, los ómnibus tienen 14 años o más de antigüedad.
 - Por otro lado, a partir del año 2018, en el Perú se implementaron vehículos que cumplen con el estándar europeo EURO IV. Estos vehículos están equipados con la válvula EGR, la cual tiene la función de recircular los gases liberados por el tubo de escape y reintroducirlos en la cámara de combustión del motor.
- b. Identificación de los aspectos ambientales.

Tabla 3

Identificación de los aspectos ambientales potenciales

Etapa	Componente	Actividad	Aspectos ambientales
Operación	Actividades	Empresas que reciben	Dispersión de material
Sectores	sector industrial	concentrados mineros	particulado
industriales	circundante al humedal	Sector industrial	Generación de emisiones atmosféricas
		Sector Transportes (personal y de carga), autos, combis, trenes, tráiler)	Generación de ruido
		Actividades comerciales	Generación residuos
		Grifo	Generación efluentes
			Riesgo de accidentes
			Demanda de personal
			Demanda de servicios

Fuente: Elaboración propia

c. Evaluación de los impactos ambientales.

Identificación de factores ambientales y sociales (potencialmente impactantes): Podrían tener un impacto referido al reconocimiento de los elementos presentes en los entornos físico (agua subterránea, agua superficial, aire, suelo, etc.) y socioeconómico (actividades económicas, etc.), que podrían verse afectados de manera positiva o negativa como resultado de las actividades en curso.

c.1 Según el enfoque del método software RIAM, se consideran cuatro categorías de factores ambientales:

Tabla 4

Factores ambientales método software RIAM

Factores	Descripción
Fisicoquímico (FC)	❖ Esta categoría engloba todos los elementos relacionados con las características físicas y químicas del ambiente. Incluye recursos naturales finitos no biológicos, como la contaminación, erosión, calidad del agua, calidad del aire y del suelo, entre otros.
Biológico – Ecológico (BE)	❖ Aquí se consideran todos los aspectos biológicos del ambiente, lo que abarca recursos naturales renovables, la conservación de la biodiversidad, la interacción de especies y la contaminación de la biosfera. Esto involucra

<p>Social Cultural (SC)</p>	<p>elementos como la flora, la fauna, los vectores de enfermedades y la biodiversidad en general.</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ En esta categoría se incluyen todos los aspectos relacionados con la influencia y el impacto de las actividades humanas en el ambiente. Esto abarca temas sociales que afectan a individuos y comunidades, así como aspectos culturales, como la conservación del patrimonio cultural y el desarrollo humano. Ejemplos de esto incluyen el suministro de agua, la pérdida de viviendas, el empleo, la inmigración y la emigración.
<p>Económico – Operacional (EO)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Aquí se consideran los aspectos económicos relacionados con el cambio ambiental, tanto temporal como permanente. Esto implica evaluar las consecuencias económicas de dichos cambios, así como las complejidades en la gestión de proyectos dentro del contexto de las actividades del proyecto. Ejemplos de elementos en esta categoría son la pérdida de cosechas, la pesca, el turismo, los costos de operación y mantenimiento, entre otros.

Fuente: Pastakia 1995

La evaluación se realiza según los siguientes criterios de cuantificación de impactos cuya descripción se indica a continuación:

- Definición de los criterios de cuantificación de impactos RIAM.

Tabla 5
Criterios de cuantificación de impactos RIAM

Criterios	Descripción
<p>Importancia de la condición (A1)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Es una medida de la importancia del impacto o condición, la cual es evaluada contra los límites espaciales o intereses humanos a ser afectados, y va desde “no importante” hasta “importante” a los intereses nacionales o internacionales. ❖ Es una valoración cualitativa por consenso. ❖ Depende de las características del proyecto y del ambiente. ❖ Es independiente de los otros criterios. ❖ Un factor ambiental impactado puede ser muy importante a pesar de que su magnitud sea mínima.
<p>Magnitud del cambio o efecto</p>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ La magnitud es una medida de la escala de beneficio o no beneficio de un impacto o una condición, y va de un “no beneficio o cambio

Tabla 5
Criterios de cuantificación de impactos RIAM

Criterios	Descripción
(A2)	<p>mayor”, pasando por “no cambio o estatus quo” hasta llegar a “beneficio positivo mayor”</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Es la escala o intensidad del impacto. ❖ Entre mayor sea la intensidad, mayor será la valoración que se hace de su magnitud.
Permanencia (B1)	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Se define como la condición temporal o permanente. ❖ Es el tiempo de exposición del impacto. ❖ Entre mayor sea la permanencia, mayor será la valoración dada a esta característica. ❖ Define si el impacto puede ser cambiado y es una medida de control sobre el efecto del impacto. No deberá de ser confundido o igualado con “Permanencia” (p.e. un derrame accidental de un tóxico sobre un río es una condición temporal (B1), pero su efecto (muerte de peces) es irreversible (B2))
Reversibilidad (B2)	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Es la capacidad del medio de retornar a su calidad ambiental original una vez que la causa ha sido eliminada. ❖ Es reversible si al eliminar la causa desaparece el impacto. ❖ Es irreversible si al eliminar la acción generadora el impacto persiste. ❖ Es una medida si el efecto será un impacto directo único o si existirán efectos acumulativos en el tiempo o efectos sinérgicos con otras condiciones.
Acumulativo (B3)	<ul style="list-style-type: none"> ❖ El criterio acumulativo es un medio de juzgar la sostenibilidad de la condición y no deberá ser confundida con la situación permanente o irreversible. ❖ Es la capacidad del impacto de volverse acumulativo en el ambiente. ❖ Entre mayor sea la acumulación, se pueden desencadenar otros impactos de manera sinérgica.

Fuente: Pastakia 1995

- Escala de criterios de evaluación.

La cuantificación de los Criterios de evaluación se realiza según la siguiente escala:

Tabla 6
Escala de los criterios de evaluación

Categoría	Escala	Descripción
A1	4	De importancia nacional / De interés internacional

Tabla 6

Escala de los criterios de evaluación

Categoría	Escala	Descripción
Importancia de la condición	3	De importancia regional / De interés nacional
	2	De importancia a áreas inmediatas fuera de la condición local
	1	De importancia solamente a la condición local
	0	No importante
	+3	Beneficios Positivos mayores
	+2	Mejoramiento significativo en “status quo”
	+1	Mejoramiento en “status quo”
A2 Magnitud del cambio / Efecto	0	No cambio / “status quo”
	-1	Cambio negativo en “status quo”
	-2	Cambios negativos significantes
	-3	Cambios negativos mayores
	1	No cambio / No aplicable
B1 Permanencia	2	Temporal
	3	Permanente
	1	No cambio / No aplicable
B2 Reversibilidad	2	Reversible
	3	Irreversible
	1	No cambio / No aplicable
B3 Acumulativo	2	No acumulativo / Sencillo
	3	Acumulativo / sinérgico

Fuente: Pastakia 1995

c.2 Rangos de evaluación.

Los valores de evaluación para el humedal se establecen utilizando puntuaciones procesadas mediante la aplicación de la siguiente fórmula matemática:

$$(a1) \times (a2) = aT$$

$$(b1) + (b2) + (b3) = bT$$

$$(aT) \times (bT) = ES \text{ (Environmental score)}$$

Donde:

- (a1) y (a2) representan los criterios individuales del grupo A.

- (b1), (b2) y (b3) detonan los criterios individuales del grupo B, y corresponden a valores de situación.
- aT es el producto resultante de la multiplicación de todas las puntuaciones del grupo (A)
- bT es el valor obtenido de la suma de las puntuaciones del grupo (B)
- ES equivale al puntaje de evaluación de la condición
- Rango de valores

Tabla 7

Rangos usados para la matriz RIAM

Puntaje RIAM	Valor del rango alfabético	Valor del rango numérico	Descripción del rango
108 a 72	E	5	Gran impacto positivo
71 a 36	D	4	Impacto significativo positivo
35 a 19	C	3	Impacto moderado positivo
10 a 18	B	2	Impacto positivo
1 a 9	A	1	Impacto leve positivo
0	N	0	No hay impacto
-1 a -9	-A	-1	Impacto leve negativo
-10 a -18	-B	-2	Impacto negativo
-19 a - 35	-C	-3	Impacto negativo moderado
-36 a -71	-D	-4	Impacto significativo negativo
-72 a -108	-E	-5	Gran impacto negativo

Fuente: Pastakia 1995

c.3 Identificación, descripción y evaluación de potenciales impactos.

Los resultados obtenidos en la Matriz RIAM demandan una atención especial en las evaluaciones -C, -D y -E, para las cuales es necesario proponer medidas de control ambiental. Respecto a las evaluaciones -A y -B, se implementarán medidas de control si la normativa ambiental del país lo requiere. Por ejemplo, en el caso de suelos contaminados, el Decreto Supremo N° 012-2017-MINAM "Criterios para la gestión de sitios contaminados" establece la obligación normativa de llevar a cabo la remediación de suelos. De manera similar, para situaciones de manejo inadecuado de residuos, el Decreto Legislativo N° 1278 "Ley de gestión integral de residuos sólidos" y su reglamento D.S. N° 014-2017-MINAM "Reglamento del decreto legislativo 1278"

Tabla 8

Identificación de potenciales impactos ambientales en el humedal

Subsistema ambiental	Componente Ambiental	IMPACTOS AMBIENTALES
Medio Físicoquímico (PC)	Aire	Alteración de la calidad del aire por material particulado en suspensión (polvo) en el humedal Alteración de la calidad del aire por gases de combustión interna
	Ruido Ambiental	Alteración en los niveles de ruido del humedal
	Agua y sedimento del humedal	Alteración de la calidad del agua del humedal por los efluentes de las empresas de influencia directa en el humedal Alteración de la calidad del sedimento del humedal
	Suelo	Alteración de la calidad del suelo por almacenamiento inadecuado de residuos sólidos de las actividades de influencia directa en el humedal Alteración de la calidad del suelo por metales pesados Secado del suelo del humedal para construir sobre la infraestructura del humedal
Medio biológico-ecológico (BE)	Flora del humedal	Alteración de la flora por material particulado Pérdida de cobertura vegetal
	Fauna del humedal	Alteración de la fauna del humedal
Medio Socio cultural (SC)	Aspectos económicos	Aumento de la tasa de ocupación local
	Valores estéticos y paisajísticos	Alteración de la estética del paisaje por el emplazamiento de la planta
Económico-operacional (EO)	Estructura económica	Cambios en la actividad económica
	Uso y aprovechamiento de los recursos	Cambios en el uso de la tierra
	Equipamiento operacional	Cambios en la capacidad de servicio de la Avenida Contralmirante Mora

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presentan la descripción y evaluación de los impactos:

Tabla 9

Ficha 1

Nombre del Impacto	Código del Impacto
Alteración de la calidad del aire por material particulado en suspensión (polvo) en el humedal	CI N° 1
Tipo de Impacto Primario	Impactos asociados El material particulado consiste en partículas que permanecen en suspensión en el aire debido a las actividades industriales en la zona, que incluyen descargas de concentrados mineros, otras actividades industriales y la actividad vehicular. Las partículas son arrastradas por la velocidad del viento y caen por deposición seca principalmente en el suelo, agua y sedimentos del humedal.
Componente y medio para afectar:	Físico Químico aire
Etapa	Actividades
Operación	Tratamiento de superficie Descarga de concentrados mineros
Descripción del Impacto: De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, el material particulado se considera un indicador de la contaminación del aire y está compuesto por diversos elementos como sulfatos, nitratos, amoniacos, cloruro de sodio, hollín, polvos minerales y agua (OMS, 2021). Según los análisis se evidencia presencia de material particulado y se evalúa versus los parámetros de la normativa nacional.	
Valoración del impacto:	
Permanencia: 3 Magnitud: - 3 Importancia: 1 Reversibilidad: 3 Acumulatividad y/o sinergia:2	
Sistemas de control previstos: ➤ Barreras naturales o cercos vivos (plantar árboles alrededor del humedal) ➤ Descargar materiales: como medida de control operacional proceder a la humectación de los concentrados durante la descarga. ➤ Minimizar la altura de descarga de concentrados mineros. ➤ En caso de vertido de concentrados mineros tapar inmediatamente. ➤ Limpieza y recogida de material derramado durante la descarga de concentrados.	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10

Ficha 2

Nombre del Impacto:	Código del Impacto
Alteración de la calidad del aire por gases de combustión interna	CI N° 2
Tipo de Impacto Primario	Impactos asociados La emisión de gases provenientes de la combustión de combustibles fósiles, como el Gasohol y el Diésel (DB5 S50), es una actividad diaria en la Avenida Contralmirante Mora. Esta emisión proviene tanto de las máquinas y equipos utilizados en la zona como del sector transporte de personal y de mercancías que circulan por dicha avenida.
Componente y medio para afectar:	Físico Químico aire
Etapa Operación	Actividades Descarga de concentrados mineros Tratamiento de superficie y otras actividades industriales Tránsito vehicular
Descripción del Impacto: La utilización de combustibles fósiles conlleva a la emisión de contaminantes al aire y constituye la principal fuente de generación de gases de efecto invernadero.	
Valoración del impacto: Permanencia: 2 Magnitud: - 1 Importancia: 1 Reversibilidad: 2 Acumulatividad y/o sinergia:2	
Sistemas de control previstos: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Fomentar de uso de la bicicleta en la Avenida Contralmirante Mora. ➤ Fomentar el uso de transporte público en reemplazo del transporte personal. ➤ Fomentar el uso de autos de bajas emisiones. ➤ Usar combustibles más limpios. ➤ Renovar la flota de tráileres con menos emisiones. 	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11

Ficha 3

Nombre del Impacto:	Código del Impacto
Alteración de los niveles de ruido	CI N° 3
Tipo de Impacto Secundario	Impactos asociados Cambios en los niveles de ruido resultantes del tráfico de vehículos pesados en el área industrial y del desplazamiento de personal.
Componente y medio para afectar:	Físico Químico ruido
Etapa	Actividades
Operación	Descarga de concentrados mineros Tránsito vehicular de carga pesada Otras actividades industriales
Descripción del Impacto:	
<p>La Organización Mundial de la Salud (OMS) establece que el ruido se define como cualquier sonido que excede los 65 decibelios (dB). De acuerdo con Amable et al., (2017), la contaminación acústica afecta tanto la salud humana como el bienestar ambiental. El ruido puede ser intenso, incontrolado o constante, y representa una forma de degradación ambiental que perjudica la calidad de vida de la población y los ecosistemas frágiles como los humedales. Durante las operaciones de las empresas en las cercanías del humedal, el nivel de ruido, tanto ambiental como ocupacional, aumenta debido al uso de maquinaria en actividades industriales, a los sonidos de las actividades comerciales locales y a la circulación de vehículos de transporte de personal.</p>	
Valoración del impacto:	
Permanencia: 2	
Magnitud: - 1	
Importancia: 1	
Reversibilidad: 2	
Acumulatividad y/o sinergia: 2	
Sistemas de control previstos:	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Colocar pantallas acústicas en las zonas que excedan los niveles de ruido ➤ Control de la velocidad ➤ Reasfaltar las zonas deterioradas 	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12

Ficha 4

Nombre del Impacto:	Código del Impacto
Alteración de la calidad del agua del humedal por los efluentes de las empresas de influencia directa del humedal	CIN° 4
Tipo de Impacto	Impactos asociados
Primario	Contaminación del agua Acidificación del agua
Componente y medio para afectar:	Físico Químico agua y sedimento del humedal
Etapa	Actividades
Operación	Descarga de concentrados mineros Tránsito vehicular Actividades industriales de la zona Tratamiento de superficie
Descripción del Impacto:	
<p>De acuerdo con la investigación realizada por Hernández Solórzano (2018), una de las principales fuentes de contaminación de las fuentes hídricas se origina a partir de la descarga de aguas residuales, ya sean de origen industrial o municipal, sin previo tratamiento, directamente en los cuerpos de agua.</p> <p>Según Bofill-Mas (2005), menciona que los virus “son parte de la naturaleza y miembros de los diferentes ecosistemas naturales, entre los cuales están: bacterias, algas, protozoos, etc.</p> <p>La velocidad del viento desplaza las partículas en diversas direcciones, siendo el viento predominante el principal medio a través del cual estas partículas pueden ser transportadas a largas distancias y depositarse en suelo o cuerpos de agua. La composición de estas partículas tiene el potencial de causar la acidificación de los cuerpos de agua o modificar el equilibrio de nutrientes, lo que puede resultar en la reducción de nutrientes en el suelo, alteraciones en la flora y fauna sensibles, así como contribuir a los efectos de la lluvia ácida.</p> <p>Este impacto puede producirse como consecuencia de los diferentes procesos industriales de la zona y de la descarga de concentrados mineros.</p>	
Valoración del impacto:	
Permanencia: 1	

Magnitud: - 1

Importancia: 1

Reversibilidad: 1

Acumulatividad y/o sinergia: 1

Sistemas de control previstos:

- Determinar la calidad del agua
- Determinar indicadores biológicos
- Descontaminar

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13

Ficha 5

Nombre del Impacto:	Código del Impacto:
Alteración de la calidad del sedimento del humedal	CI N° 5
Tipo de Impacto:	Impactos asociados:
Primario	➤ Contaminación del sedimento ➤ Acidificación del sedimento
Componente y medio para afectar:	Físico Químico agua y sedimento del humedal
Etapas	Actividades
Operación	Descarga de concentrados mineros Actividades industriales de la zona Tránsito vehicular

Descripción del Impacto:

La contaminación de los sedimentos del humedal podría provenir de la actividad industrial proveniente de sus alrededores, las muestras de campo se comparan con las normas nacionales.

Este impacto se produce como consecuencia del material particulado transportado por el viento que tiene implicancia en el sedimento del humedal alterando sus condiciones naturales.

Valoración del impacto:

Permanencia: 3

Magnitud: - 1

Importancia: 1

Reversibilidad: 3

Acumulatividad y/o sinergia: 3

Sistemas de control previstos:

- Determinar la calidad del sedimento
- Determinar indicadores biológicos
- Determinar acciones de prevención y de descontaminación

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14

Ficha 6

Nombre del Impacto:	Código del Impacto:
Alteración de la calidad del suelo por almacenamiento inadecuado de residuos sólidos de las actividades de influencia directa en el humedal	CIN° 6
Tipo de Impacto:	Impactos asociados:
Primario	Contaminación del suelo Acidificación de suelos
Componente y medio para afectar:	Físico Químico suelo del humedal
Etapa	Actividades
Operación	Actividades de la zona de usos especiales Tránsito vehicular
Descripción del Impacto:	
La contaminación del suelo se refiere a la presencia de productos químicos o sustancias en concentraciones más elevadas de lo normal, que tienen efectos perjudiciales (FAO y GTIS, 2015). Esta contaminación proviene principalmente de actividades humanas, como la agricultura y la industria. Otras fuentes incluyen la inadecuada eliminación de residuos industriales, residuos domésticos y municipales, la irrigación, la deposición de polvo	

contaminado y lluvia ácida proveniente de la atmósfera, así como también la influencia del agua marina.

Debido al deterioro y pérdida de la calidad del suelo, el paisaje puede extinguir tanto las especies de animales o vegetales autóctonos en una región.

Las actividades de influencia directa impactan sobre el suelo del humedal alterando sus condiciones naturales.

Valoración del impacto:

Permanencia: 3

Magnitud: - 2

Importancia: 1

Reversibilidad: 2

Acumulatividad y/o sinergia: 3

Sistemas de control previstos:

- Capacitar y sensibilizar sobre manejo de residuos
- Disponer zona de acopio de residuos
- Contratar Empresa Operadora de Residuos Sólidos (EO-RS) con registro autoritativo del MINAM
- Retirar de manera programada los residuos

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15

Ficha 7

Nombre del Impacto:	Código del Impacto:
Alteración de la calidad del suelo por metales pesados	CI N° 7
Tipo de Impacto:	Impactos asociados:
Primario	Contaminación del suelo por metales pesados (mercurio: humedal)
Componente y medio para afectar:	Físico Químico suelo del humedal
Etapa	Actividades
Operación	Descarga de concentrados mineros
Descripción del Impacto:	

El deterioro del suelo trae como resultado una gran pérdida en la calidad del suelo, el deterioro del paisaje características que pueden extinguir tanto las especies de animales o vegetales autóctonos en una región además imposibilitan que el área sea usada por las aves migratorias.

Las actividades industriales impactan sobre el suelo del humedal alterando sus condiciones naturales.

Valoración del impacto:

Permanencia: 3

Magnitud: -3

Importancia: 1

Reversibilidad: 2

Acumulatividad y/o sinergia: 3

Sistemas de control previstos:

- Aplicar fitorremediación al suelo utilizando la especie *Axonopus Compressus*, cuyos factores de traslocación y de bioacumulación muestran resultados superiores a 1.
- Revisar los informes de los monitoreos ambientales de las empresas ubicadas en el entorno del humedal.
- Proponer a las empresas mineras que remitan sus concentrados en sacas cerradas y/o que la descarga se realice en presencia de sistemas tecnológicos de control de material particulado.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16

Ficha 8

Nombre del impacto:	Código del Impacto:
Secado del suelo del humedal para construir infraestructura sobre el humedal	CI N° 8
Tipo de Impacto: Primario Componente y medio para afectar:	Impactos asociados: Cambio de uso del suelo Físico Químico suelo del humedal
Etapas	Actividades
Operación	Pérdida de agua del humedal Pérdida de la flora Pérdida de hábitat de las especies

Descripción del Impacto:

El estudio de Abad-Auquilla (2020) destaca que la expansión urbana es una de las causas principales del cambio de uso del suelo, lo cual conduce a la reducción de la calidad de los ecosistemas terrestres y a la vulnerabilidad del paisaje. Este cambio en la cobertura del suelo afecta directamente los servicios ecosistémicos que ofrece.

Los humedales costeros cumplen funciones ecológicas como: limpiar el agua, regular el ciclo del agua, absorber dióxido de carbono (CO₂), y son parte del corredor biológico del Pacífico porque albergan aves migratorias, pero si éstos se reducen o desaparecen, las aves deben hacer más esfuerzo para llegar al próximo humedal para descansar, alimentarse, hacer sus nidos y puede disminuir la población de las aves. En consecuencia, la modificación en el uso del suelo contribuye al aumento en la velocidad de la pérdida de biodiversidad.

Valoración del impacto:

Permanencia: 3

Magnitud: -2

Importancia: 1

Reversibilidad: 3

Acumulatividad y/o sinergia: 3

Sistemas de control previstos:

- Difundir los servicios ambientales y ecosistémicos del humedal marino costero, entre las entidades que rodean al humedal.
- Mapear la biodiversidad.
- Sensibilizar a la comunidad que rodea al humedal sobre el cuidado de este ecosistema.
- Proponer a las autoridades locales la emisión de normas para su protección.
- Fomentar la investigación científica en el humedal.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17

Ficha 9

Nombre del Impacto:

Código del Impacto:

Alteración de la flora por material particulado CI N° 9

Tipo de Impacto:

Impactos asociados:

Primario

Alteración de los hábitats de aves

Componente y pedio para afectar:

Medio biológico Ecológico Flora del humedal

Etapa

Actividades

Operación

Descarga de concentrados mineros

Actividades industriales de la zona

Tránsito vehicular

Descripción del Impacto:

El material particulado se deposita en las hojas de las plantas.

Posibilidad de afectación a las especies sensibles.

Valoración del impacto:

Permanencia: 1

Magnitud: 0

Importancia: 1

Reversibilidad: 1

Acumulatividad y/o sinergia: 1

Sistemas de control previstos:

- Inventariar la flora del humedal para determinar condición de las especies y evaluar la presencia de especies (nativas e introducidas) versus la normativa nacional para catalogar la diversidad de las plantas que alberga el humedal
- Determinar la presencia de flora amenazada
- Según los resultados, establecer acciones de protección en los casos que se requiera

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18

Ficha 10

Nombre del Impacto:	Código del Impacto:
Perdida de cobertura vegetal	CI N° 10
Tipo de Impacto:	Impactos asociados:
Secundario	Perdida de la flora
	Perdida de hábitat a las especies
	Suelos no fértiles
Componente y medio para afectar:	Medio biológico ecológico flora del humedal
Etapa	Actividades
Operación	Descarga de concentrados mineros
	Actividades industriales de la zona
	Tránsito vehicular

Descripción del Impacto:

De acuerdo con los autores Xiaolei y Guo (2021), la disminución de la cobertura vegetal es un signo revelador de la degradación del suelo, y requiere un enfoque especial las fracciones de cobertura viva o inerte que sufren desgaste con el tiempo. Además, los suelos desprovistos de vegetación experimentan una pérdida en su fertilidad y en la productividad inherente al ecosistema.

Valoración del impacto:

Permanencia: 3

Magnitud: - 1

Importancia: 1

Reversibilidad: 3

Acumulatividad y/o sinergia: 2

Sistemas de control previstos:

Captar imágenes satelitales para determinar la pérdida de cobertura vegetal

Control del humedal a cargo del Gobierno Regional del Callao

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19

Ficha 11

Nombre del Impacto:	Código del Impacto:
Alteración de la fauna del humedal	CI N° 11
Tipo de Impacto:	Impactos asociados:
Primario	Perdida de fauna
Componente y medio para afectar:	Medio biológico ecológico Fauna del humedal
Etapas	Actividades
Operación	Descarga de concentrados mineros
	Actividades industriales de la zona
	Tránsito vehicular

Descripción del Impacto:

La modificación en la fauna, en sí de la fauna del humedal viene como consecuencia de la alteración del hábitat, costumbres, migraciones y reproducción de alguna especie animal.

La alteración puede afectar directamente a una especie o a varias especies de animales, especialmente a las más frágiles.

Valoración del impacto:

Permanencia: 2

Magnitud: - 1

Importancia: 1

Reversibilidad: 2

Acumulatividad y/o sinergia: 2

Sistemas de control previstos:

- Inventariar la fauna del humedal para determinar condición de las especies y evaluar versus la normativa nacional para catalogar la diversidad de las plantas que alberga el humedal
- Determinar presencia de fauna amenazada
- Según los resultados, establecer acciones de protección en los casos que se requiera

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20

Ficha 12

Nombre del Impacto:	Código del Impacto:
Aumento de la tasa de ocupación local	CI N° 12
Tipo de Impacto:	Impactos asociados:
Primario	Incremento de tasa de ocupación local
Componente y medio para afectar:	Mejoras económicas de la población
Etapa	Medio social cultural Aspectos económicos
Operación	Actividades
	Descarga de concentrados mineros
	Actividades industriales de la zona
	Tránsito vehicular
Descripción del Impacto:	

En el ámbito de la interacción entre la empresa y la comunidad, se origina la creación de empleos que demandan tanto habilidades especializadas como no especializadas, lo que implica una aportación económica en la región donde se ubican dichas empresas.

En lo relativo a la relación humedal-comunidad se generan actividades compatibles con el medio ambiente como la recreación y/o actividades turísticas.

Valoración del impacto:

Permanencia: 2

Magnitud: + 1

Importancia: 1

Reversibilidad: 2

Acumulatividad y/o sinergia: 2

Sistemas de control previstos:

- Captar la mano de obra proveniente de las poblaciones vecinas.
- Capacitar al personal de las poblaciones vecinas en las actividades que se desarrollan en las empresas de la Avenida Contralmirante Mora

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21

Ficha 13

Nombre del Impacto:	Código del Impacto:
Alteración de la estética del paisaje por el emplazamiento de la zona industrial	CI N° 13
Tipo de Impacto:	Impactos asociados:
Primario	Introducción de especies invasoras
Componente y medio para afectar:	Medio social cultural valores estéticos y paisajísticos
Etapa	Actividades
Operación	Descarga de concentrados mineros
	Actividades industriales de la zona
	Tránsito vehicular
Descripción del Impacto:	

Conforme al Diccionario de la Real Academia Española (2017), el paisaje es la porción de un territorio que es visible desde un punto específico de observación.

El paisaje constituye un recurso natural al formar parte inherente de la naturaleza y poseer cualidades estéticas significativas, culturales y educativos, el cual se puede alterar por las diversas actividades de la zona industrial, comercial y residencial.

Valoración del impacto:

Permanencia: 2

Magnitud: - 1

Importancia: 1

Reversibilidad: 2

Acumulatividad y/o sinergia: 3

Sistemas de control previstos:

- Inventariar la flora/fauna del humedal para determinar condición de las especies y evaluar versus la normativa nacional para catalogar la diversidad de las plantas que alberga el humedal
- Según los resultados, establecer acciones de protección en los casos que se requiera

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22
Ficha 14

Nombre del Impacto:	Código del Impacto:
Cambios en la actividad económica	CI N° 14
Tipo de Impacto:	Impactos asociados:
Primario	Mejoras en la actividad económica local
Componente y medio para afectar:	Medio económico operacional estructura económica
Etapas	Actividades
Operación	Descarga de concentrados mineros
	Actividades industriales de la zona
	Tránsito vehicular

Descripción del Impacto:

En lo que respecta a la interacción entre las empresas y la actividad económica de la zona, la presencia de diversas industrias, comercios y el sector del transporte puede dar lugar al

aumento de sus operaciones existentes o incluso a la creación de nuevas actividades económicas.

Asimismo, con relación al concepto humedal-actividad económica, también pueden generar cambios en las actividades económica de la zona.

Valoración del impacto

Permanencia: 2

Magnitud: + 1

Importancia: 1

Reversibilidad: 2

Acumulatividad y/o sinergia: 2

Sistemas de control previstos:

➤ Control vehicular

Fuente Elaboración propia

Tabla 23

Ficha 15

Nombre del Impacto:	Código del Impacto:
Cambios en el uso de la tierra	CIN° 15
Tipo de Impacto:	Impactos asociados:
Primario	Calentamiento global
	Deforestación de la zona del humedal
Componente y medio para afectar: de los recursos	Medio económico operacional uso y aprovechamiento
Etapa	Actividades
Operación	Descarga de concentrados mineros
	Actividades industriales de la zona
	Tránsito vehicular
Descripción del Impacto:	

De acuerdo con las investigaciones de los autores Ross y Randhir (2021), se destaca que el cambio en la utilización del suelo es uno de los elementos que contribuyen al fenómeno del calentamiento global, ya que este proceso interfiere con los ciclos biogeoquímicos.

Es importante subrayar que esta modificación del uso de suelos intensifica la disminución de la diversidad biológica, afecta la disponibilidad hídrica y origina la contaminación del aire y de los suelos, con la emisión de gases de efecto invernadero hacia la atmósfera.

Valoración del impacto:

Permanencia: 3

Magnitud: - 1

Importancia: 1

Reversibilidad: 3

Acumulatividad y/o sinergia: 2

Sistemas de control previstos:

- Proteger y dar mantenimiento al humedal
- Recuperar al humedal

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24
Ficha 16

Nombre del Impacto:	Código del Impacto:
Cambios en la capacidad de servicio de la Avenida Contralmirante Mora	CI N° 16
Tipo de Impacto:	Impactos asociados:
Primario	
Componente y medio para afectar:	Medio económico operacional equipamiento social
Etapa	Actividades
Operación	Descarga de concentrados mineros
	Actividades industriales de la zona
	Tránsito vehicular

Descripción del Impacto:

Font et al., (2014) señala que el crecimiento vehicular significa presencia de progreso y desarrollo de un centro urbano, pero que también puede ocasionar congestión vehicular a

determinadas horas del día, por lo tanto, problemas de tráfico, seguridad vial y la contaminación del aire del centro urbano.

La Avenida Contralmirante Mora experimenta una saturación significativa debido a las operaciones de las empresas del sector transporte de la región. Tanto el traslado de personal como el transporte de carga pesada contribuyen a un tráfico vehicular excesivo, agravado por la presencia del ferrocarril, lo que resulta en una congestión que supera su capacidad de funcionamiento adecuado.

Valoración del impacto:

Permanencia: 2

Magnitud: - 2

Importancia: 1

Reversibilidad: 2

Acumulatividad y/o sinergia: 2

Sistemas de control previstos:

- Fomentar el uso de la bicicleta en la Avenida Contralmirante Mora.
- Fomentar el uso de transporte público en lugar del transporte personal.
- Fomentar el uso de vehículos de bajas emisiones.
- Usar combustibles más limpios.
- Renovar la flota de tráileres con menos emisiones.

Fuente: Elaboración propia

3.6 Hipótesis de trabajo

El proceso de esta investigación cuenta con una hipótesis general e hipótesis específicas, las cuales se detallan a continuación:

3.6.1 Hipótesis general

El material particulado impacta negativamente en los humedales marino-costeros de la Región Callao-Perú, periodo 2020-2021.

3.6.2 Hipótesis específicas

- a. El material particulado impacta negativamente en la calidad del aire de los humedales marino-costeros de la Región Callao-Perú, periodo 2020-2021.

- b. El material particulado impacta negativamente en la calidad del agua de los humedales marino-costeros de la Región Callao-Perú, periodo 2020-2021.
- c. El material particulado impacta significativamente en la calidad de los suelos y lodos de los humedales marino-costeros de la Región Callao-Perú, periodo 2020-2021.
- d. El material particulado impacta negativamente en la vegetación de los humedales marino-costeros de la Región Callao-Perú, periodo 2020-2021.

3.7 Técnica de prueba de hipótesis

La prueba de hipótesis se lleva a cabo mediante la evaluación de los resultados de los análisis de los monitoreos ambientales. Se inicia con la verificación de la normalidad de dichos resultados y, a continuación, se aplican pruebas estadísticas paramétricas o no paramétricas según corresponda. Los resultados de estas pruebas determinan si las hipótesis formuladas deben ser aceptadas o rechazadas.

3.8 Variables e Indicadores

Identificación de variables:

Variable Dependiente (Y): Impacto Ambiental.

Variable Independiente (X): Material particulado (PM).

Tabla 25

Matriz de Consistencia

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable	Dimensión de la variable	Medición
¿De qué manera el material particulado impacta los humedales marino- costeros de la Región Callao-Perú, periodo 2020-2021?	Analizar los impactos generados por el material particulado en los humedales marino-costeros de la Región Callao-Perú, periodo 2020-2021.	El material particulado impacta negativamente en los humedales marino-costeros de la Región Callao-Perú, periodo 2020-2021.	Independiente X1= Material Particulado (PM)	Tipos Composición	PM10: 50 µg/m ³ PM2.5: 25 µg/m ³ Análisis fisicoquímicos
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variable	Dimensión de la variable	Medición
¿De qué manera el material particulado afecta la calidad del aire de los humedales marino-costeros de la Región Callao-Perú, periodo 2020-2021?	Explicar cómo el material particulado afecta la calidad del aire en los humedales marino-costeros de la Región Callao-Perú, periodo 2020-2021	El material particulado impacta negativamente la calidad del aire de los humedales marino-costeros de la Región Callao-Perú, periodo 2020-2021	Dependiente Y= Impacto Ambiental	Fisicoquímico	Afectación del PM a los cuerpos receptores (aire, agua, sedimentos, suelo, vegetación)
¿Cómo el material particulado influye en la calidad del agua de los humedales marino-costeros de la Región Callao-Perú, periodo 2020-2021?	Describir como el material particulado influye en la calidad del agua de los humedales marino-costeros de la Región Callao-Perú, periodo 2020-2021.	El material particulado impacta negativamente en la calidad del agua de los humedales marino-costeros de la Región Callao-Perú, periodo 2020-2021		Biológico-ecológico	Inventario de la flora, fauna y la cobertura vegetal
¿De qué manera el material particulado afecta la calidad de los suelos y lodos de los humedales marino-costeros de la Región Callao-Perú, periodo 2020-2021?	Verificar la manera como el material particulado afecta la calidad de los suelos y lodos de los humedales marino-costeros de la Región Callao-Perú, periodo 2020-2021	El material particulado impacta significativamente en la calidad de los suelos y lodos de los humedales marino-costeros de la Región Callao-Perú, periodo 2020-2021		Sociológico-cultural	Análisis de la situación laboral de la población de la zona y de las empresas ubicadas en la avenida
¿Cómo afecta el material particulado a la vegetación de los humedales marino-costeros de la Región Callao-Perú, periodo 2020-2021?	Explicar cómo afecta el material particulado a la vegetación de los humedales marino-costeros de la Región Callao-Perú, periodo 2020-2021	El material particulado impacta negativamente a la vegetación de los humedales marino-costeros de la Región Callao-Perú, periodo 2020-2021		Económico-operacional	Análisis de la situación económica de la población de la zona y de las empresas ubicadas en la avenida y su respectiva evaluación de capacidad de carga, análisis de cambios de uso de la tierra

Fuente: Elaboración propia

3.9 Operacionalización de las variables

Tabla 26
Operacionalización de Variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Escala de medición
X: Material particulado	<p>El material particulado es el conjunto de partículas sólidas y/o líquidas (a excepción del agua pura) presentes en suspensión en la atmósfera (Mészáros, 1999) que se originan a partir de una gran variedad de fuentes naturales o antropogénicas y poseen un amplio rango de propiedades morfológicas, físicas, químicas y termodinámicas. La presencia en la atmósfera ocasiona variedad de impactos a la vegetación, materiales y el hombre, entre ellos, la disminución visual en la atmósfera, causada por la absorción y dispersión de la luz (Chen, Ying & Kleeman, 2009) Arciniegas (2012).</p>	<p>El material particulado fue evaluado con equipos "muestreadores de alto (High Vol) y bajo volumen (Low Vol) y mediante los tipos (tamaño de partícula) (PM10, PM2.5) y su composición.</p>	<p>Tipos (tamaño)</p> <p>Composición: físico-química, Sulfatos, nitratos, amoníaco, cloruro sódico, carbón, polvo de minerales, cenizas metálicas y agua</p>	<ol style="list-style-type: none"> Índice de Material Particulado presente en el aire Índice de Material Particulado presente como sólidos en suspensión y disueltos en el agua Índice de Material particulado en el suelo Índice de Material Particulado depositado en la superficie de la vegetación <ol style="list-style-type: none"> Índice de parámetros (As, Cd, Cr) presentes en el aire Índice de parámetros presentes en el agua Índice de parámetros presentes en el suelo y lodos Índice de compuestos presentes en la vegetación 	<p>$\mu\text{g}/\text{m}^3$</p> <p>$\mu\text{g}/\text{m}^3$</p> <p>mg/L</p> <p>mg/kg</p> <p>mg/kg</p>	<p>25-50</p> <p>según normativa</p> <p>Por determinar</p> <p>Por determinar</p> <p>Por determinar</p>

Impacto Ambiental: es el cambio en el medio ambiente, ya sea adverso o beneficioso, como resultado total o parcial de los aspectos ambientales. ISO 14001:2015

Se entiende por impacto ambiental al efecto que produce una determinada acción humana sobre el medio ambiente en sus diferentes aspectos. Técnicamente, es la alteración de la calidad ambiental que resulta de la modificación de los procesos naturales o sociales provocada por la acción humana (Luis Sánchez, 2011).

La medición del impacto ambiental se valoró mediante los criterios: físico-químicos, biológico-ecológico, sociológico-cultural y económico-operacional. (DHI Water & Environmental).

Fisicoquímico

1. Índice de alteración de calidad de aire por material particulado $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 25- 50
2. Índice de alteración de calidad del aire por gases de combustión $\mu\text{g}/\text{m}^3$ s/parámetro
3. Índice de emisión de gases de combustión interna por el uso de combustibles fósiles $\mu\text{g}/\text{m}^3$ s/parámetro
4. Índice de alteración de la calidad del agua por efluentes de las empresas que tienen impacto directo en el humedal mg/L s/parámetro
5. Índice de alteración de la calidad del sedimento del humedal mg/L s/parámetro
6. Índice de alteración de la calidad del suelo por almacenamiento inadecuado de residuos mg/kg PS s/parámetro
7. Índice de alteración del sedimento por metales pesados mg/kg PS s/evaluación
8. Índice de secado del humedal por construcción de infraestructuras % area

Biológico-ecológico

1. Índice de alteración de flora del humedal % por determinar
2. Índice de pérdida de cobertura vegetal % por determinar
3. Índice de alteración de la fauna del humedal % por determinar

Sociológico-cultural

1. Índice de aumento de la tasa de ocupación local % por determinar
2. Índice de alteración de la estética del paisaje % por determinar

Económico-operacional

1. Índice de cambio en la actividad económica % por determinar
2. Índice de cambio de uso de la tierra % por determinar
3. Índice de cambios de la capacidad de servicio de la Av. Contralmirante Mora % por determinar

Fuente: Elaboración propia

3.10 Análisis e interpretación de la información

Una vez se obtienen los resultados de los monitoreos ambientales, que incluyen datos de calidad de aire, agua, suelo y tejido biológico (hojas), se procede a evaluar la normalidad de dichos datos. Luego se selecciona el tipo de prueba estadística a aplicar, pudiendo ser tanto pruebas paramétricas como no paramétricas, con el objetivo de analizar los resultados. Las conclusiones se derivan de estos análisis.

En el contexto del estudio de impacto ambiental, se siguen los pasos delineados en la metodología previamente establecida. Esto incluye la preparación de fichas detalladas de los impactos ambientales. Posteriormente, se introduce la información recopilada en el software RIAM, empleando las escalas de valoración correspondientes. A partir de los resultados obtenidos en la matriz, se procede a evaluar los impactos que demandan una atención especial, identificados por su valor alfabético de -C, -D y -E. Para estos casos, se diseñan medidas de control ambiental específicas.

En los escenarios -A y -B, las medidas de control son aplicadas en consonancia con las normativas ambientales vigentes en el país. Como ejemplo, en el caso de suelos contaminados, se rige por el Decreto Supremo N° 012-2017-MINAM "Criterios para la gestión de sitios contaminados". Para el manejo inadecuado de residuos, la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, Decreto Legislativo N° 1278, y su reglamento D.S. N° 014-2017-MINAM establecen la pauta a seguir.

Por último, se determina sistemas de control previstos para los impactos significativos.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Análisis, interpretación y discusión de resultados

Los resultados de los monitoreos ambientales se utilizan para llevar a cabo el análisis, la interpretación y la discusión de los hallazgos de la siguiente manera:

a. Análisis, interpretación y discusión de resultados de los Datos meteorológicos

Se lleva a cabo un análisis de los resultados obtenidos en el primer y segundo monitoreo ambiental, centrándose en la información meteorológica que incluye la temperatura ambiente en relación con la humedad relativa, así como la velocidad del viento registrada en las estaciones monitoreadas.

Figura 6

Estación de calidad de aire, estación meteorológica primer monitoreo



Fuente: Google Earth. Digital Globe 2019.

Tabla 27

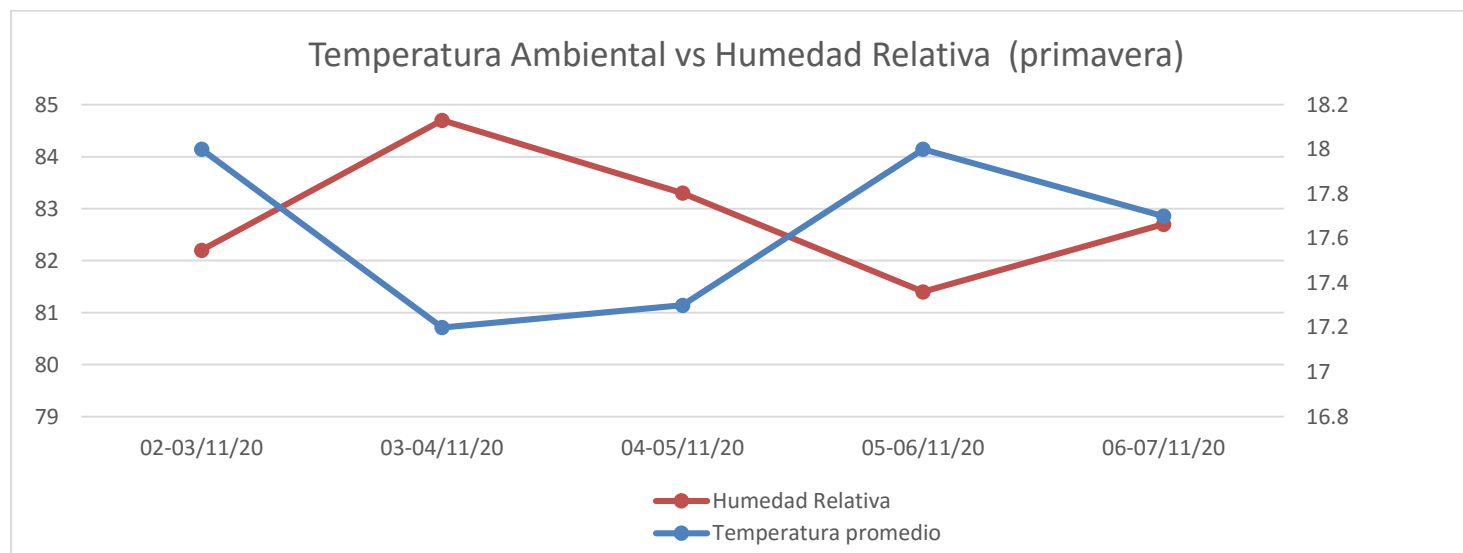
Ficha de recolección datos de campo meteorología del humedal primer muestreo

Lugar de Recolección	Humedal- primer muestreo			Altitud	A nivel del mar
Punto/Referencia	Humedal				
Coordenadas	Estación	Norte	Este		
WGS, Zona 18:	CA-4	8 668 207	0 267 411		
Fecha	Temperatura promedio ° C	Humedad relativa promedio %	Dirección predominante del viento	Velocidad viento promedio m/s	Periodo de calma %
02-03/11/20	18.0	82.2	SSE-NNW	1.31	4.08
03-04/11/20	17.2	84.7	SSE-NNW	1.45	0.00
04-05/11/20	17.3	83.3	SSE-NNW	1.53	0.00
05-06/11/20	18.0	81.4	SSW-NNE	1.13	6.12
06-07/11/20	17.7	82.7	SSS-NNN	1.32	0.00

Fuente: Elaboración a partir de los datos del Monitoreo Ambiental

Figura 7

Temperatura ambiental vs humedad relativa según monitoreo ambiental

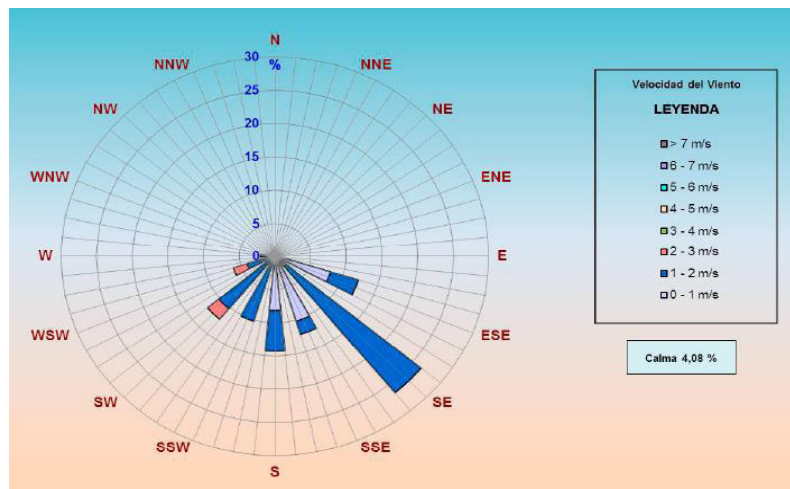


Fuente: Elaborado a partir de los datos del monitoreo ambiental

A partir de los datos meteorológicos recopilados, se construyó un gráfico que muestra la relación entre la temperatura ambiente y la humedad relativa durante la temporada de primavera. Durante este período, se registró una temperatura ambiente mínima de 17.2 °C y una temperatura ambiente máxima de 18.0 °C. En contraste, la humedad relativa mostró un patrón inverso, con un valor mínimo del 81.4 % y un valor máximo del 84.7 %. Además, se presenta a continuación la Rosa de vientos correspondiente a los días de monitoreo.

Figura 8

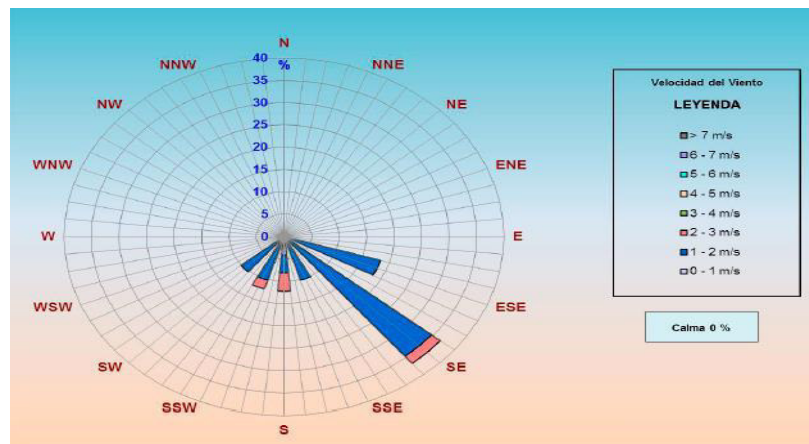
Rosa de vientos 02 de noviembre 2020 monitoreo ambiental



Fuente: Monitoreo Ambiental

Figura 9

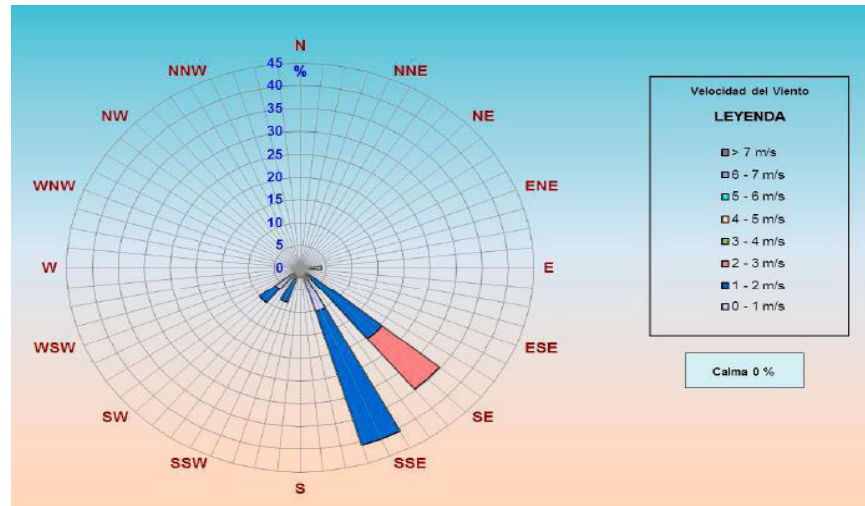
Rosa de vientos 02 de noviembre 2020 monitoreo ambiental



Fuente: Monitoreo Ambiental

Figura 10

Rosa de vientos 04 noviembre 2020 monitoreo ambiental



Fuente: Monitoreo Ambiental

En las imágenes, se observa que la dirección predominante del viento en el humedal es aproximadamente sureste, y la velocidad del viento varía en su mayoría entre 1.13 y 1.53 metros por segundo.

Tabla 28

Ficha de recolección de datos de campo meteorología segundo muestreo

Lugar de Recolección	Humedal- segundo muestreo			Altitud	A nivel del mar
Punto/Referencia	Humedal				
Coordenadas	Estación	Norte		Este	
WGS, Zona 18:	CA-4	8 668 341		0 267 414	
Fecha	Temperatura promedio ° C	Humedad relativa promedio %	Dirección predominante del viento	Velocidad viento promedio m/s	Periodo de calma %
11-12/01/21	21.7	87.4	SSE-NNW	1.84	0.00
12-13/01/21	21.4	87.9	SSE-NNW	1.24	16.33
13-14/01/21	21.1	88.5	SSE-NNW	1.55	4.08
14-15/01/21	21.2	88.5	SSE-NNW	1.60	0.00
15-16/01/21	21.0	89.4	SSE-NNW	1.50	0.00

Fuente: Elaboración a partir de los datos del monitoreo ambiental

Figura 11

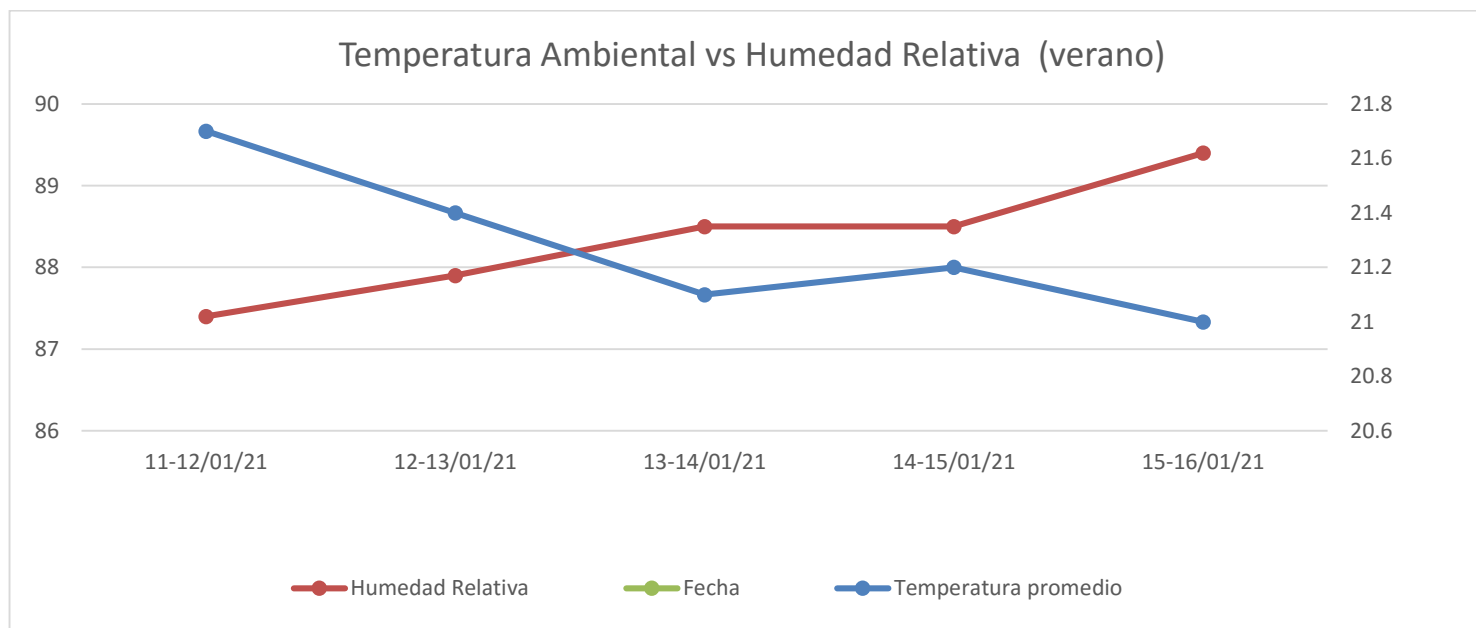
Estación de calidad del aire, estación meteorológica segundo muestreo



Fuente: Google image © 2021 Maxar Technologies

Figura 12

Temperatura ambiental vs humedad relativa según monitoreo

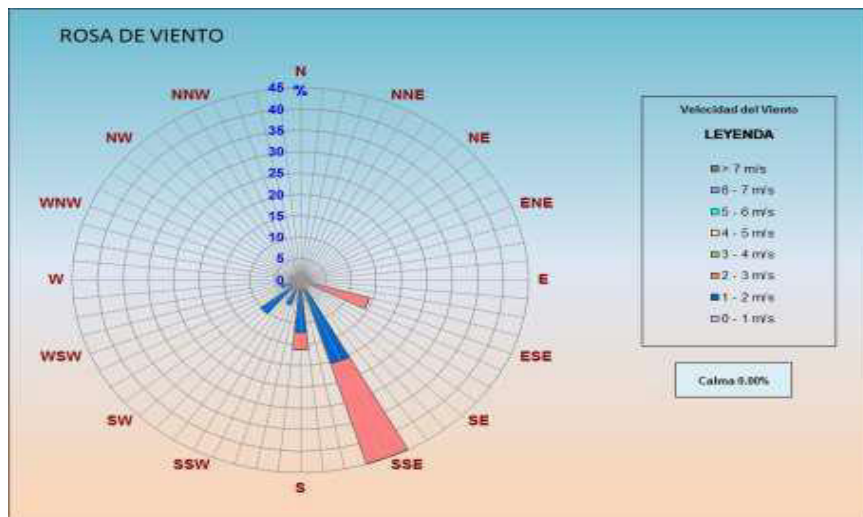


Fuente: Elaborado a partir de los datos del Monitoreo Ambiental

En el período de verano, la temperatura ambiental (TA) tuvo un mínimo de 21.0 °C y un máximo de 21.7 °C. En cuanto a la humedad relativa (H.R.), se comportó de manera inversa a la TA, registrando una H.R. mínima de 87.4 % y una H.R. máxima de 89.4 %. A continuación, se muestra la Rosa de Vientos correspondiente a los días de monitoreo.

Figura 13

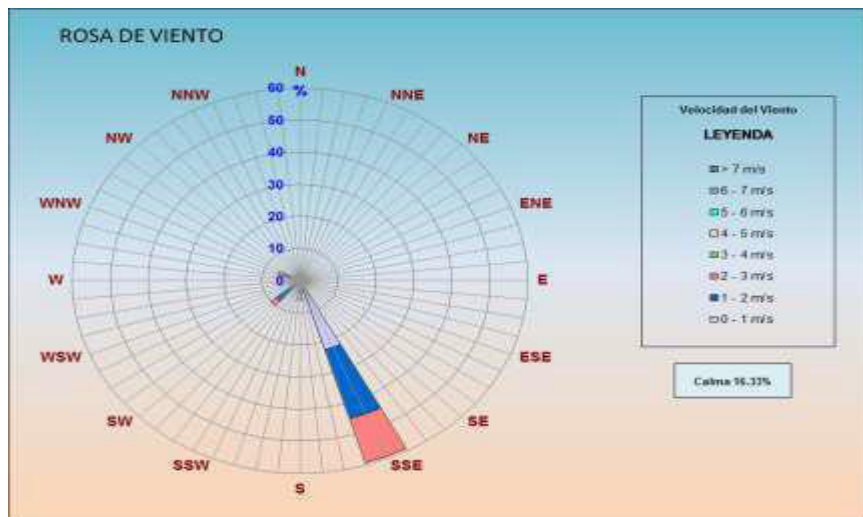
Rosa de Vientos 11 de enero 2021 monitoreo ambiental



Fuente: Monitoreo ambiental

Figura 14

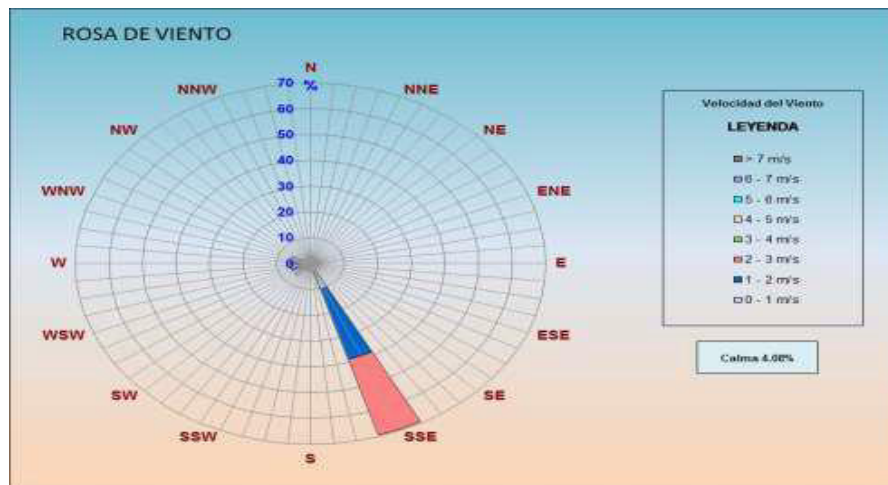
Rosa de Vientos 12 de enero 2021 monitoreo ambiental



Fuente: Monitoreo ambiental

Figura 15

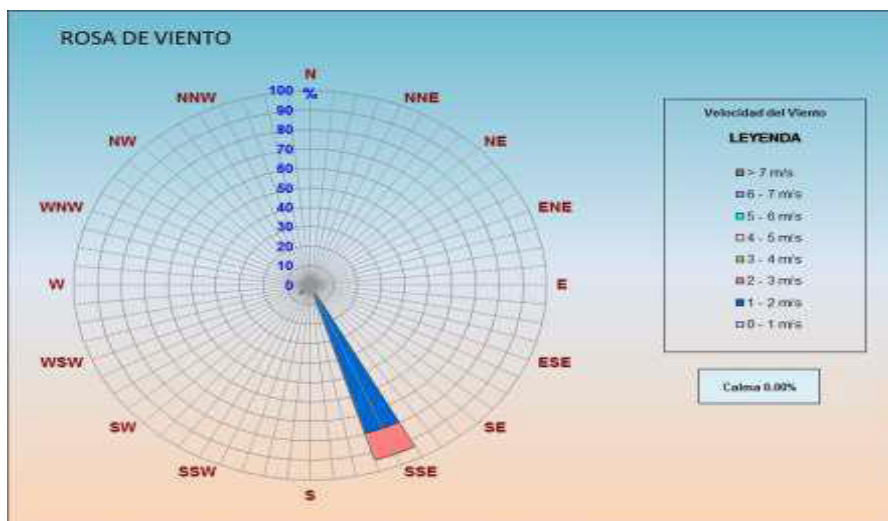
Rosa de Vientos 13 de enero 2021 monitoreo ambiental



Fuente: Monitoreo ambiental

Figura 16

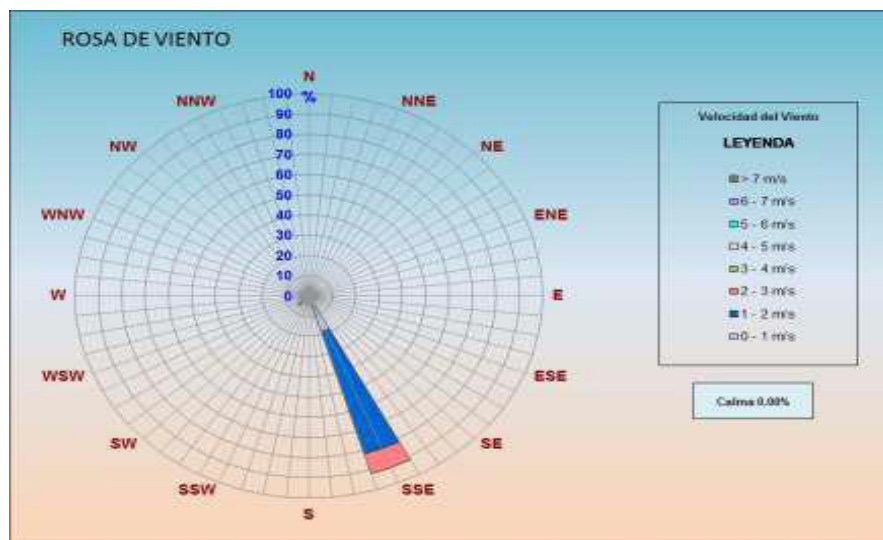
Rosa de Vientos 14 de enero 2021 monitoreo ambiental



Fuente: Monitoreo ambiental

Figura 17

Rosa de vientos del 15 de enero 2021 monitoreo ambiental



Fuente: Monitoreo ambiental

En las imágenes, la dirección del viento (DV) cuenta con una predominancia sureste y la rapidez de los vientos que oscilan mayoritariamente entre 1.24 a 1.84 m/s.

Evaluando los datos meteorológicos obtenidos entre el primer y segundo muestreo, se observa lo siguiente:

Tabla 29

Resumen de los datos meteorológicos

Parámetros	Primer muestreo	Segundo muestreo	Diferencia
Temperatura °C, promedio	17.64	21.28	3.64
% Humedal relativa, promedio	82.86	88.34	5.48
Velocidad del viento m/s, promedio	1.35	1.55	0.20

Fuente: Elaboración a partir de los resultados del monitoreo ambiental

Se presenta la tabla de valoración del viento en la que los resultados evidencian presencia de vientos suaves:

Tabla 30

Tabla de las velocidades del viento

Escala Beaufort	Velocidad viento (km/h)	Concepto de valoración
1	2-5	Suave
2	6-12	Suave

Fuente: PCE- Iberica.es

El parámetro viento actúa como agente de sedimentación, cuando este pierde velocidad, se depositan los materiales que transporta en el suelo o en el agua.

La humedad relativa y la temperatura ambiental muestran un comportamiento inversamente proporcional; a medida que la humedad relativa aumenta, la retención de partículas en el aire se incrementa. En cuanto a la dirección del viento, predomina en la dirección sureste, y en cuanto a su velocidad, se caracteriza por ser suave.

b. Análisis, interpretación y discusión de resultados de la calidad de aire

Tabla 31

Ficha de recolección de datos de campo de calidad de aire primer muestreo

Lugar de Recolección	Humedal						
Punto/Referencia	Humedal						
Coordenadas WGS-84, Zona 18:	Norte	8 668 207				Fecha:	Del 02 al 07 de noviembre 2020
	Este	0 267 411					
Altitud: Al nivel del mar	Primer muestreo						
Parámetros	Unidades	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	D.S. N° 003-2017-MINAM
		02-11-20 C/Trat y otras activ..	03-11-20 C/Trat y otras activ.	04-11-20 C/Trat y otras activ,	05-11-20 Otras actividades	06-11-20 Otras actividades	
Material particulado PM 10	µg/m ³	54,90	25,78	72,18	64,76	37,57	100
Material particulado PM 2.5	µg/m ³	32,54	16,66	54,86	43,81	10,14	50
Plata	µg/m ³	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	-
Aluminio	µg/m ³	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	-
Arsénico	µg/m ³	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,3*
Boro	µg/m ³	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-

Bario	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0064	<0,0001	0,0112	<0,0001	<0,0001	-
Berilio	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	-
Calcio	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0970	0,0873	0,0683	0,0748	0,0497	-
Cadmio	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,09*
Cerio	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	-
Cobalto	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	-
Cromo	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	0,5*
Cobre	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,1351	0,0982	0,0162	0,0553	<0,0003	-
Hierro	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,4207	0,1365	0,1404	0,2067	<0,0010	-
Potasio	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<0,0040	<0,0040	<0,0040	<0,0040	<0,0040	-
Litio	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	-
Magnesio	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	-
Manganeso	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<0,0001	0,0021	0,0028	0,0037	<0,0001	-
Molibdeno	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	-
Sodio	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,1738	0,0899	0,0193	0,0232	0,0191	-
Níquel	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	-
Fósforo	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,3802	0,3591	0,4530	0,5799	<0,0040	-
Plomo	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	0,5 (24 h)

Antimonio	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	-
Selenio	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,01000	-
Silicio	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0367	0,0284	0,0116	0,0106	0,0070	-
Estaño	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<0,0010	<0,0010	<0,001	<0,0010	<0,0010	-
Estroncio	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<0,00004	<0,00004	<0,00004	<0,00004	<0,00004	-
Titanio	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0034	<0,0001	<0,0001	0,0016	<0,0001	-
Talio	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	-
Vanadio	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	-
Zinc	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0475	0,0166	<0,0030	<0,0030	<0,0030	-

Fuente: Elaboración a partir de los resultados del monitoreo ambiental.

* Decreto Supremo N° 011-2023-MINAM

Tabla 32

Ficha de recolección de datos de campo de calidad de aire segundo muestreo

Lugar de Recolección	Humedal						
Punto/Referencia	Humedal						
Coordenadas WGS-84, zona 18:	Norte	8 668 341			Fecha:	Del 11 al 16 de enero 2021	
	Este	0 267 414					
Altitud: Al nivel del mar	Segundo muestreo						
Parámetros	Unidades	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	D.S. N° 003-2017-MINAM
		11-01-21	12-01-21	13-01-21	14-01-21	15-01-21	
		Otras actividades	Otras actividades	Otras actividades	C/Trat y otras activ.	C/Trat y otras activ.	
Material particulado PM 10	µg/m ³	<1,01	20,27	22,25	24,76	13,08	100
Material particulado PM 2.5	µg/m ³	<1,0000	12,2600	13,5700	14,0000	<1,0000	50
Plata	µg/m ³	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	-
Aluminio	µg/m ³	0,0640	0,0240	0,0400	0,0790	0,0500	-
Arsénico	µg/m ³	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030	0,3*
Boro	µg/m ³	<0,0010	0,0070	0,0100	0,0180	0,0410	-
Bario	µg/m ³	0,0055	0,0020	0,0029	0,0078	0,0034	-
Berilio	µg/m ³	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	-

Calcio	µg/m ³	1,0100	0,6000	0,6420	0,8830	0,6770	-
Cadmio	µg/m ³	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,09*
Cerio	µg/m ³	<0,0020	<0,0002	<0,0020	<0,0020	<0,0020	-
Cobalto	µg/m ³	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	-
Cromo	µg/m ³	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	0,5*
Cobre	µg/m ³	0,0983	0,0988	0,0986	0,1181	0,0821	-
Hierro	µg/m ³	0,5550	0,1280	0,1750	0,4190	0,3400	-
Potasio	µg/m ³	0,0650	0,0300	0,0550	0,1030	0,0770	-
Litio	µg/m ³	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	-
Magnesio	µg/m ³	0,1989	0,1302	0,1713	0,3100	0,02182	-
Manganeso	µg/m ³	0,0167	0,0031	0,0038	0,0086	0,0096	-
Molibdeno	µg/m ³	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	-
Sodio	µg/m ³	1,4590	1,0943	1,5440	2,4310	1,8880	-
Níquel	µg/m ³	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	-
Fósforo	µg/m ³	0,4850	0,4700	0,5290	0,4700	0,5130	-
Plomo	µg/m ³	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	0,5 (24 h)
Antimonio	µg/m ³	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	-
Selenio	µg/m ³	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	-
Silicio	µg/m ³	0,4970	0,9810	0,8850	0,7290	0,8700	-
Estaño	µg/m ³	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	-

Estroncio	µg/m ³	0,00152	<0,00004	0,00098	0,00259	0,00059	-
Titanio	µg/m ³	0,0044	0,0007	0,0017	0,0044	0,0024	-
Talio	µg/m ³	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	-
Vanadio	µg/m ³	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	-
Zinc	µg/m ³	0,0410	0,0280	0,0300	0,0600	0,0330	-

Fuente: Elaboración a partir de los resultados del monitoreo ambiental

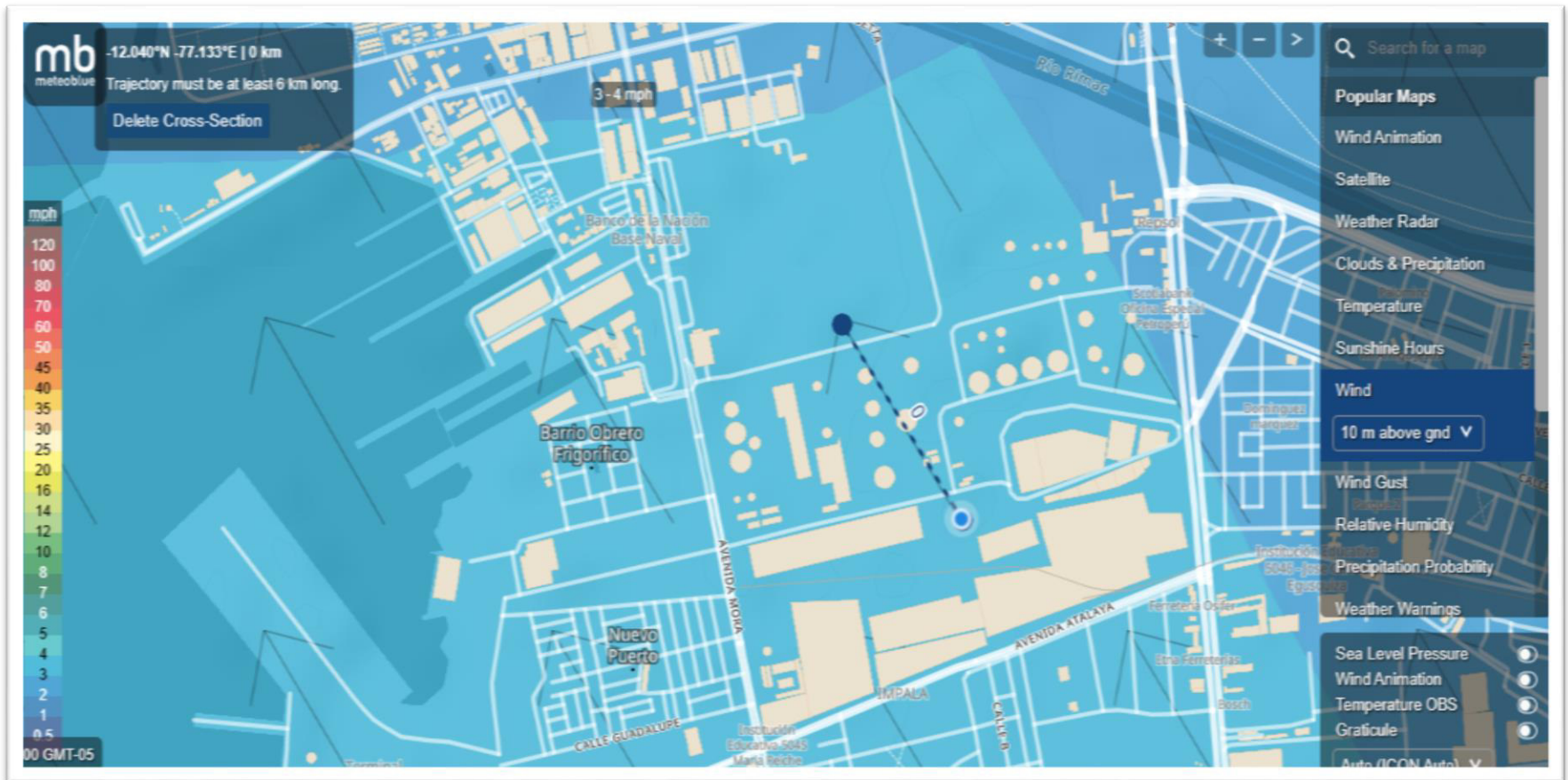
* Decreto Supremo N° 011-2023-MINAM

Los resultados de los parámetros analizados, en el primer monitoreo para el PM10 y el plomo cumplen el ECA Aire y en el caso del PM 2.5 un dato excede y otro dato se encuentra cercano al ECA Aire, mientras que los datos del segundo monitoreo tanto el material particulado (PM10, PM2.5) y el plomo, se encuentran dentro del Estándar de Calidad del Aire (ECA) para la zona de estudio.

La evaluación de los datos durante el periodo de arenado en el astillero no refleja contaminación por material particulado que supere los estándares de calidad del aire establecidos para la zona. Sin embargo, es importante señalar que estos resultados pueden estar influenciados por las actividades externas que se realizan en la Avenida Contralmirante Mora, como el almacenamiento de concentrados mineros (Cobre, Zinc y plomo) en los almacenes de Perú Bar, Impala Terminals y su posterior traslado en la faja transportadora para el embarque de estos, que se corrobora con la utilización del software METEOBLUE que indica la dirección del viento y la trayectoria, 6 km contados a partir de IMPALA TERMINALS y que inciden directamente en el humedal en estudio y las actividades residenciales e industriales de la avenida.

Figura 18

Simulación de la dirección y trayectoria del viento en la Avenida Contralmirante Mora



Fuente: METEOBLUE

Los resultados proporcionan información sobre la composición del material particulado, y es importante destacar que los estándares de calidad del aire (ECA Aire) pueden no tener parámetros específicos de comparación para la composición del material particulado, ya que esta puede variar significativamente según el tipo de actividad y las fuentes de emisión involucradas. Por lo tanto, la evaluación se centra en el tamaño del material particulado y el plomo, parámetros importantes por considerar debido al impacto en la salud humana y el ambiente. Sin embargo, en año 2023, el estado peruano emitió el D.S. N° 011-2023-MINAM, modificando el ECA Aire e incluyendo los parámetros: arsénico, cadmio y cromo cuya evaluación indica cumplimiento del estándar.

Se presenta la comparación de exigencias de la normatividad nacional con la normativa internacional:

Tabla 33

Promedio de la evaluación de la calidad del aire

Parámetros	Promedio del primer muestreo	Promedio del segundo muestreo	D.S. N° 003-2017-MINAM	Guías de calidad de aire 2020 (OMS)
Material particulado PM 10, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	51,03	16,27	100 (24 h)	45 (24 h)
Material particulado PM 2.5, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	31,60	8,37	50 (24 h)	15 (24 h)

Fuente: Elaboración a partir de los resultados del monitoreo ambiental.

b. Análisis, interpretación y discusión de resultados de la calidad de suelo

Tabla 34

Ficha de recolección de datos de campo de calidad de suelo ingreso ZUE

Lugar de Recolección	Suelo ingreso			Altitud	A nivel del mar
Punto/Referencia	Pared colindante con VOPAK				
Coordenadas	Estación	Norte	Este	Fecha muestreo	18-02-21
WGS, Zona 18:	S-RR	8 668 886	0 267 260		
		8 668 971	0 267 498		
Parámetros	Zona ingreso/Vopak mg/kg	D.S. N° 011-2017-MINAM Suelo industrial		Canadian soil quality guidelines for the protection of environmental and human health- Suelo industrial	
Arsénico	>150,00	140		12	
Bario total	361,20	2 000		2000	
Cadmio	10,10	22		22	
Cromo total	17,20	1 000		87	
Mercurio	1,37	24		50	
Plomo	484,70	800		600	

Fuente: Elaboración a partir de los resultados del monitoreo ambiental.

Tabla 35

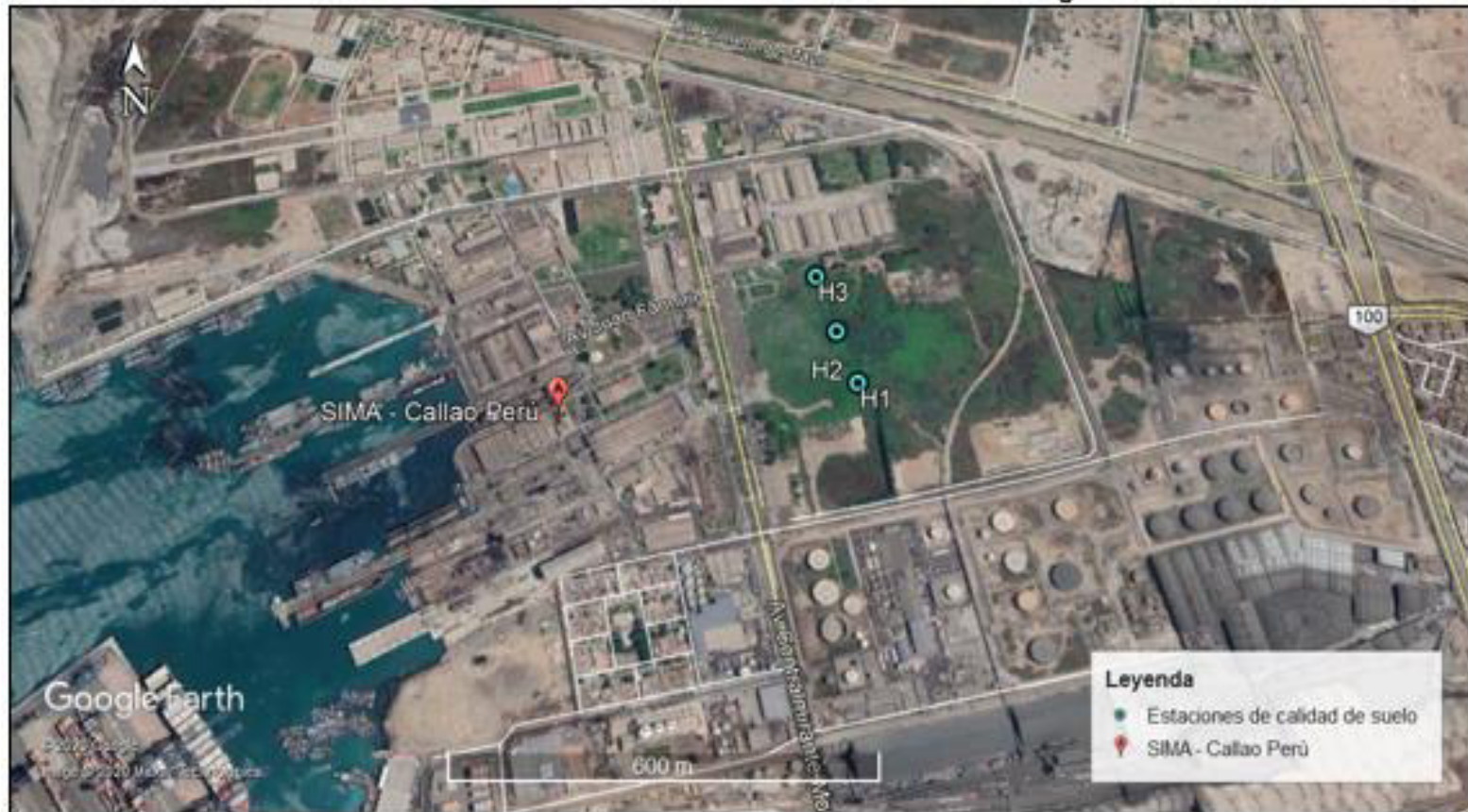
Ficha de recolección de datos de campo de calidad de suelo del humedal primer muestreo

Lugar de Recolección	Humedal primer muestreo						Altitud	A nivel del mar	
Punto/Referencia	Humedal						Fecha muestreo :	02-11-20	
Coordenadas	Estación		Norte	Este		(C/tratamiento)			
	H1	H2	8 668 195	H3	0 267 589	06-11-20			
WGS, Zona 18:	H2	H3	8 668 285	H1	0 267 550	(Otras actividades)			
	H3		8 668 381		0 267 527				
Parámetros	C/Trat. y otras activ.			Otras actividades			D.S. N°011-2017- MINAM	Canadian soil quality guidelines for the protection of environmental and human health S. industrial	
	H1	H2	H3	H1	H2	H3			
	mg/kg								
Arsénico	45,31	46,89	47,26	78,59	52,84	55,68	140	12	
Bario total	98,80	150,40	116,50	119,10	94,40	77,70	2 000	2000	
Cadmio	3,00	3,10	3,30	4,20	3,10	2,60	22	22	
Cromo total	<2,50	<2,50	<2,50	<2,50	<2,50	<2,50	1 000	87	
Mercurio	17,41	18,65	23,84	>25,00	23,95	19,78	24	50	
Plomo	60,50	58,30	52,70	148,00	54,10	49,90	800	600	

Fuente: Elaboración a partir de los resultados del monitoreo ambiental.

Figura 19

Estación de calidad de suelo del humedal primer muestreo



Fuente: Google image © 2020 Maxar Technologies

Tabla 36

Ficha de recolección de datos de campo de calidad de suelo segundo muestreo

Lugar de Recolección	Humedal segundo muestreo						Altitud	A nivel del mar	
Punto/Referencia	Humedal								
Coordenadas	Estación			Norte	Este		Fecha muestreo:	18-02-21	
WGS, Zona 18:	H1	8 668 314			0 267 432		(C/Tratamiento)		
	H2	8 668 221			0 267 465		08-03-21		
	H3	8 668 196			0 267 499		(Otras actividades)		
Parámetros	Con trat. Y otras activ.			Otras actividades			D.S. N° 011-2017-MINAM Suelo industrial	Canadian soil quality guidelines for the protection of environmental and human health-	
	H1	H2	H3	H1	H2	H3		Suelo industrial	
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg			
Arsénico	101,04	79,90	114,35	41,45	55,12	74,80	140	12	
Bario total	167,8	126,4	264,2	241,0	268,7	293,2	2 000	2000	
Cadmio	4,1	4,0	4,8	2,8	3,3	3,4	22	22	
Cromo total	<2,5	<2,5	13,0	<2,5	<2,5	<2,5	1 000	87	
Mercurio	0,90	1,09	1,20	12,39	15,92	16,85	24	50	
Plomo	103,6	87,8	205,6	74,1	100,8	118,3	800	600	

Fuente: Elaboración a partir de los resultados del monitoreo ambiental.

Figura 20

Estación de calidad de suelo del humedal segundo muestreo



Tabla 37

Ficha de recolección de datos de campo de calidad de suelo jardines interiores

Lugar de Recolección	Jardín I y II			Altitud	A nivel del mar
Punto/Referencia	Panadería				
Coordenadas	Estación	Norte	Este	Fecha muestreo:	05-11-20
WGS, Zona 18:	Jardín I	8 668 300	0 267 138		
	Jardín II	8 668 336	0 267 306		
Parámetros	Jardín I	Jardín II	D.S. N° 011-2017-MINAM Suelo Industrial	Canadian soil quality guidelines for the protection of environmental and human health- Suelo industrial	
Arsénico	> 150	> 150	140	12	
Bario total	256,2	348,5	2 000	2000	
Cadmio	4,9	7,6	22	22	
Cromo total	32,4	16,7	1 000	87	
Mercurio	12,86	17,51	24	50	
Plomo	635,8	537,5	800	600	

Fuente: Elaboración a partir de los resultados del monitoreo ambiental

Figura 21

Estación de calidad de suelo jardines

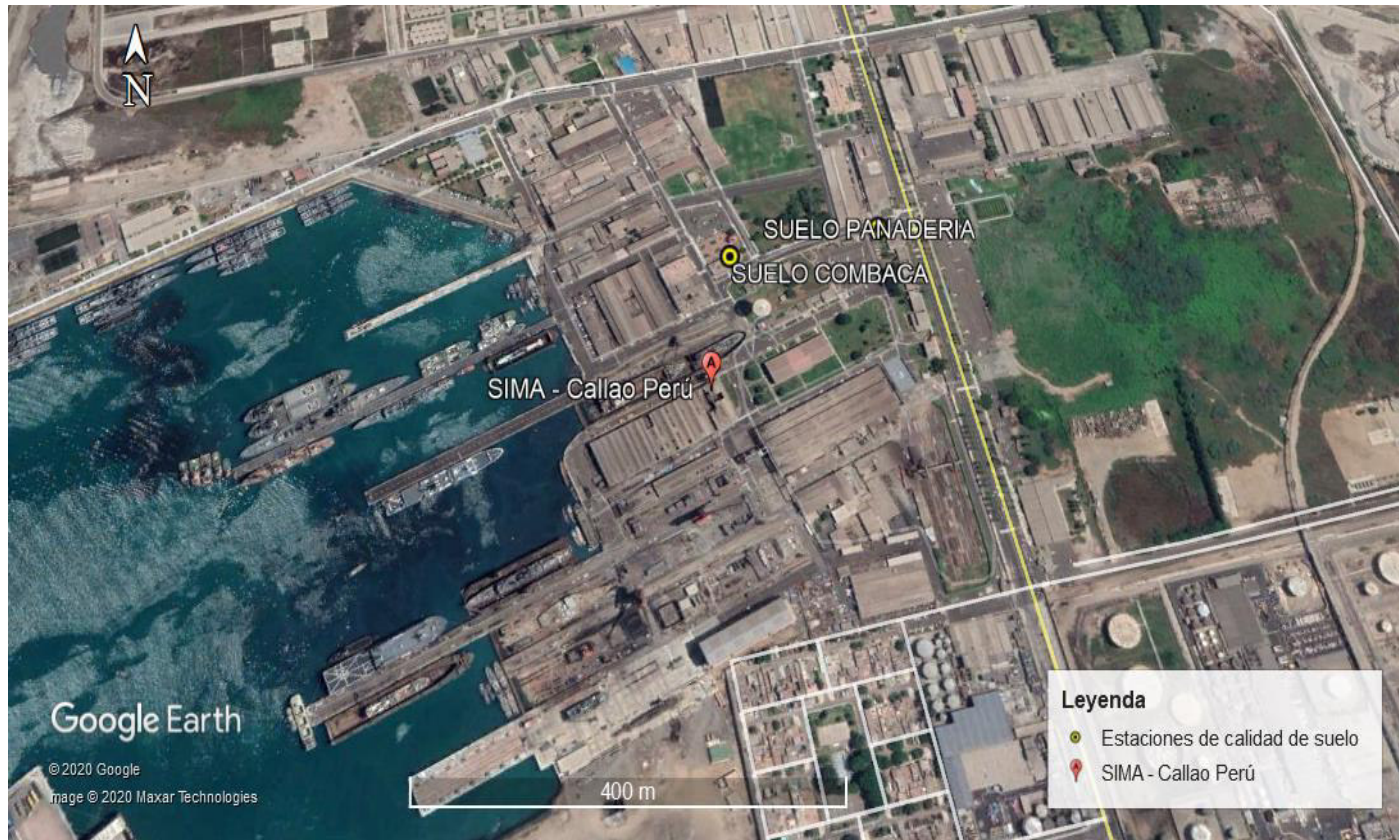


Tabla 38

Ficha de recolección de datos de campo de calidad de suelo del Río Rímac

Lugar de Recolección	A 1.5 metros del Río Rímac			Altitud	A nivel del mar
Punto/Referencia	Río Rímac				
Coordenadas	Estación	Norte	Este		
WGS, Zona 18:	S-RR	8 668 886	0 267 260	Fecha muestreo	18-02-21
Parámetros	Suelo a 1.5 m del Río Rímac mg/kg			D.S. N° 011-2017-MINAM Suelo Industrial	Canadian soil quality guidelines for the protection of environmental and human health- Suelo industrial
Arsénico	>150,00			140	12
Bario total	186,30			2 000	2000
Cadmio	7,10			22	22
Cromo total	12,9			1 000	87
Mercurio	1,22			24	50
Plomo	208,50			800	600

Fuente: Elaboración a partir de los resultados del monitoreo ambiental.

Tabla 39
Cuadro resumen de la evaluación de metales pesados en los suelos

Parámetros	Suelo Ingreso mg/kg	Suelo Humedales mg/kg	Jardines mg/kg	Suelo a 1.5 m del río Rímac mg/kg	D.S. N° 011- 2017- MINAM Suelo Industrial mg/kg	Canadian soil quality guidelines for the protection of environmental and human health- Suelo industrial
Arsénico	>150,00	59,74	>150,00	>150,00	140	12
Bario total	361,20	182,35	302,35	186,30	2 000	2000
Cadmio	10,10	3,24	6,25	7,10	22	22
Cromo total	17,20	2,5	24,55	12,9	1 000	87
Mercurio	1,37	18,98	15,18	1,22	24	50
Plomo	484,70	90,86	586,65	208,50	800	600

Fuente: Elaboración a partir de los resultados del monitoreo ambiental.

Nota: Los resultados de los humedales están expresados en promedio.

Además, se evaluó una muestra de suelo residencial en el Barrio Frigorífico, tomada como blanco debido a que en este suelo no se desarrollan actividades industriales y se tomó en una zona teniendo cuidado que no hayan añadido tierra. Se muestran resultados en la siguiente tabla:

Tabla 40

Muestreo de zona residencial

Parámetros	Muestreo suelo Barrio Frigorífico mg/kg	D.S. N° 011-2017-MINAM Suelo residencial, parques mg/kg	Canadian soil quality guidelines for the protection of environmental and human health-Suelo Residencial mg/kg
Arsénico	>150	50	12
Cadmio	1,20	10	2000
Mercurio	20,84	6,6	22
Plomo	527,80	140	87

Fuente: Elaboración a partir de los resultados del monitoreo ambiental.

Tabla 41

Comparación entre la normativa canadiense y la normativa nacional

Parámetros	Canadian soil quality guidelines for the protection of environmental and human health- Suelo industrial mg/kg	D.S. N° 011-2017- MINAM Suelo industrial mg/kg
Arsénico	12	140
Bario total	2000	2 000
Cadmio	22	22
Cromo total	87	1 000
Mercurio	50	24
Plomo	600	800

Fuente: Elaboración a partir de las normativa nacional e internacional

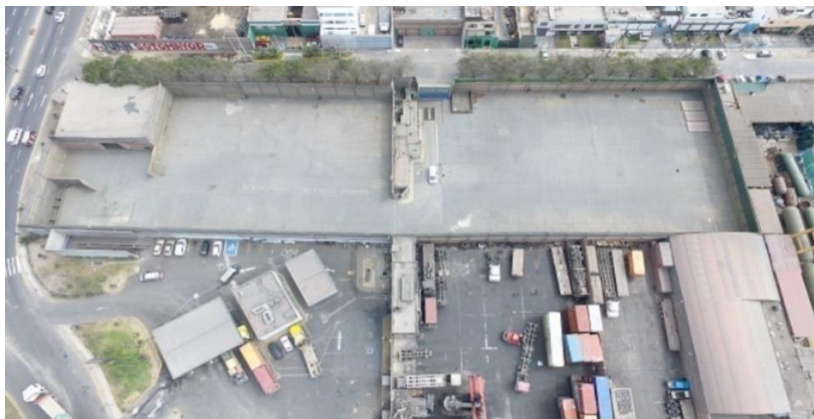
Se puede observar que la normativa canadiense es más exigente que la normativa nacional en relación con los parámetros: arsénico y plomo y es menos exigente que la normativa nacional con respecto al cromo total y el mercurio.

Respecto a las actividades realizadas en la Avenida Contralmirante Mora, para el tratamiento de concentrados mineros, el estado y la empresa ha tomado medidas importantes:

- a. Techado del almacén, no al 100%. Las flechas de las fotos que se muestran seguidamente se indican la zona de dispersión de material particulado por el techo del almacén identificadas tanto desde el exterior como hacia el interior del almacén.

Figura 22

Vista del almacén, antes y después del techado de sus operaciones



Fuente: Elaboración propia

Figura 23

Vistas luego de la descarga y limpieza



Fuente: Elaboración propia

- b. Para el transporte de los concentrados se utilizan camiones con brazo hidráulico con tolvas cerradas o en contenedores.
- c. Sin embargo, después del pesaje, estos se descargan en sus almacenes, actividad que produce material particulado.

Figura 24

Camiones con brazo hidráulico con tolva cerrada



Fuente: Elaboración propia

Figura 25

Concentrados transportados en containers



Fuente: Elaboración propia

- d. Los derrames (polvo) se recogen con máquina barredora y el concentrado se tapa con manta para evitar la dispersión de material particulado:

Figura 26

Máquina barrenadora



Fuente: Elaboración propia

Figura 27

Control Operacional para disminuir el material particulado después del vaciado



Fuente: Elaboración propia

- e. Otro de los momentos donde se produce material particulado ocurre cuando se prepara la ley del concentrado minero.
- f. Cuando el concentrado está listo para su despacho se descarga a la faja transportadora.

El estudio de Sun Z et al., (2017) destaca que la presencia de metales pesados en los suelos puede tener efectos significativos a largo plazo en la fauna y el ecosistema circundante. Esto subraya la importancia de implementar medidas adecuadas para la restauración de los suelos contaminados con metales pesados, con el fin de mitigar los impactos negativos en la biodiversidad y preservar la salud del entorno ambiental.

El estudio de Huang et al., (2017) resalta la preocupación acerca de cómo la contaminación por metales pesados puede representar una amenaza significativa para los recursos hídricos y el suelo. En este contexto, se llevaron a cabo evaluaciones para determinar si los recursos hídricos han sido contaminados. Esto incluyó la evaluación de la textura del suelo y el análisis del agua de la capa freática. Estas acciones son cruciales para comprender la magnitud de la contaminación y tomar medidas adecuadas para preservar la calidad del agua y proteger el suelo de posibles impactos negativos.

En cuanto a la textura del suelo, los resultados del muestreo revelan que el suelo presenta las siguientes características: un 79.61 % de arena, un 20.19 % de arcilla y un 0.20 % de limo. De acuerdo con el Triángulo de clases texturales, basado en SSDS (1993), estos valores clasifican al suelo como franco arcilloso arenoso.

La presencia de arcillas en el suelo actúa como una barrera que impide que la contaminación alcance los niveles de la capa freática. Esto se refleja en los resultados que se detallan a continuación:

Tabla 42

Resultados del análisis de agua en la capa freática

Parámetros mg/L	Napa freática	D.S. N° 031-2010-SA Reglamento de la calidad de agua para consumo humano
Arsénico	0,00321	0,010
Cadmio	<0,00001	0,003
Plomo	<0,00006	0,010
Mercurio	<0,00007	0,001

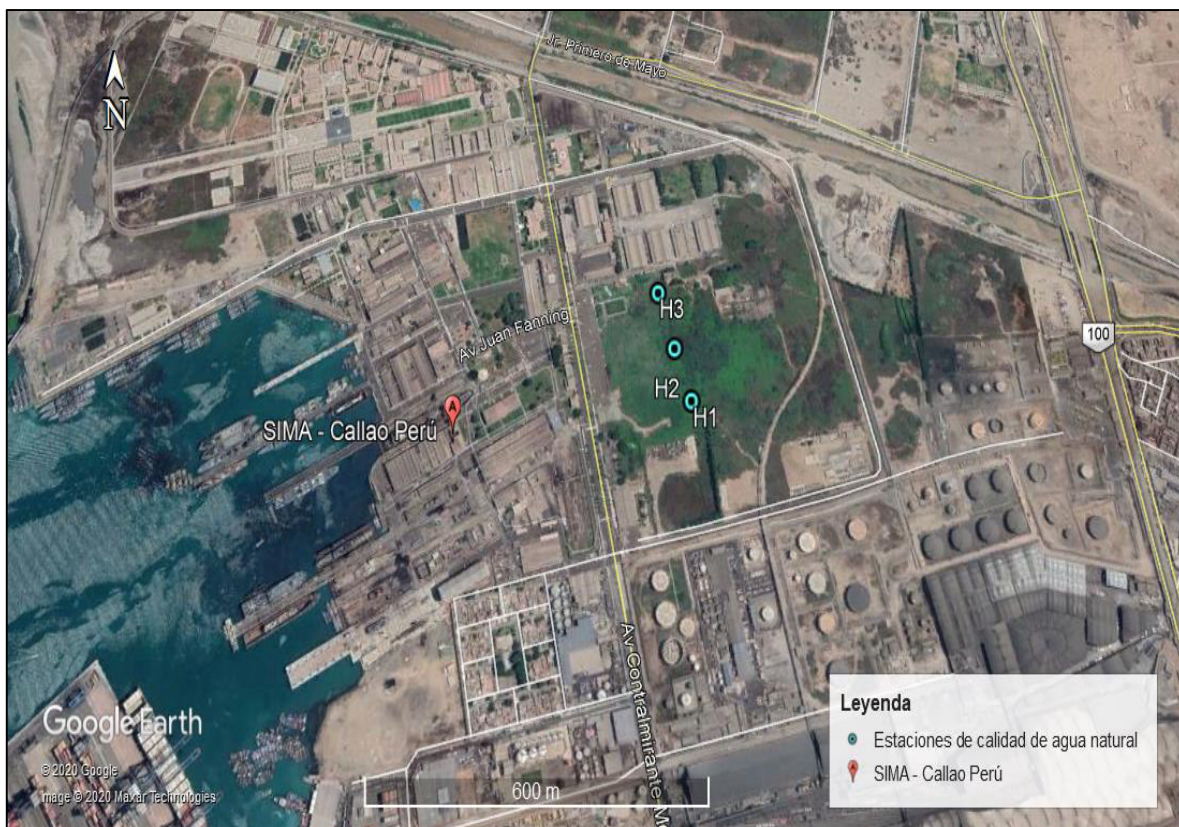
Fuente: Monitoreo ambiental

c. Análisis, interpretación y discusión de resultados de los datos de calidad del agua:

Con respecto a los análisis del agua en el humedal, se ha organizado el muestreo de acuerdo con la siguiente imagen:

Figura 28

Estación de calidad de agua en el humedal



Fuente: Google Earth

Los parámetros para evaluar se definen en la tabla siguiente:

Tabla 43

Ficha de recolección de datos de campo de agua del humedal

Lugar de recolección	Humedal																			
Punto referencia	Humedal																			
Coordenadas UTM:	X																			
	Y																			
Altitud	Primer muestreo					Segundo muestreo					Tercer muestreo									
Parámetros	Unidades	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Valor medio	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Valor medio	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Valor medio	
<p>a. Parámetros Campo: Oxígeno disuelto, conductividad, p H, temperatura</p> <p>b. Parámetros fisicoquímicos: Amoníaco, color, aceites y grasas, DBO, fósforo total, nitrógeno total, sulfuros, sólidos totales suspendidos.</p> <p>c. Parámetros inorgánicos: Metales totales, metales disueltos, cromo hexavalente, fenoles, mercurio total, cianuro libre, clorofila, nitrato.</p> <p>d. Parámetros orgánicos: Compuestos orgánicos volátiles (COV's Halogenados), hidrocarburos totales de petróleo (TPH) (C10-C40), BETEX: m p-xileno, o- xileno, Benceno, Tolueno, Metilbenceno, Hidrocarburos aromáticos polinucleares (PAHs), Plaguicidas organoclorados, Plaguicidas organofosforados, Aldicarb, Bifenilos policlorados (PCB's).</p> <p>e. Parámetros microbiológicos: Coliformes fecales (Termo tolerantes)</p>																				

Fuente: Elaboración a partir de la normativa nacional

Evaluación de resultados:

Este estudio se está llevando a cabo durante el desarrollo del Fenómeno "La Niña", que es un fenómeno de variabilidad climática causado por el enfriamiento inusual de las aguas en el Océano Pacífico. Este fenómeno generalmente conlleva condiciones de sequía, lo que explica por qué el humedal actualmente carece de agua y el río Rímac tiene un caudal muy bajo. Normalmente, entre los meses de febrero y abril, el volumen y el caudal del río Rímac aumentan considerablemente y llegan hasta el nivel del puente (ver fig. 28) amenazando con desborde. Esta situación genera preocupación por la posibilidad de inundaciones, lo que requiere la colocación de defensas como sacos de arena para prevenir daños a las máquinas y equipos. En los años 2020 y 2021, no se registró la presencia de agua en el humedal.

Figura 29

Muestreo de agua en el Río Rímac



Fuente: Elaboración propia

Figura 30

Faja transportadora



Fuente: Elaboración propia

d. Análisis, interpretación, discusión de resultados del tejido biológico (hojas)

Tabla 44

Ficha de recolección de datos de la vegetación del humedal primer muestreo

Lugar de Recolección	Humedal primer monitoreo		
Punto/Referencia	Humedal		
Coordenadas UTM:	H1	8 668 195	0 267 589
	H3	8 668 381	0 267 527
Altitud	Primer muestreo		
Parámetros	Unidad	C/Trat. Y otras activ.	Otras actividades
		TB-01	TB-02
Aluminio	mg/kg	56,20	64,00
Antimonio	mg/kg	<0,80	<0,80
Arsénico	mg/kg	<0,80	<0,80
Bario	mg/kg	3,40	4,800
Berilio	mg/kg	<0,03	<0,03
Cadmio	mg/kg	<0,10	<0,10

Calcio	mg/kg	9 722,10	14 153,30
Cobalto	mg/kg	<0,20	<0,20
Cobre	mg/kg	69,30	62,10
Cromo	mg/kg	<0,40	<0,40
Estroncio	mg/kg	43,78	74,15
Fosforo	mg/kg	<6,00	<6,00
Hierro	mg/kg	255,80	277,20
Litio	mg/kg	<0,10	<0,10
Magnesio	mg/kg	1 017,10	1 680,80
Manganeso	mg/kg	<0,10	<0,10
Mercurio	mg/kg	<0,90	<0,90
Molibdeno	mg/kg	<0,40	<0,40
Níquel	mg/kg	<0,50	<0,50
Plata	mg/kg	<0,04	<0,04
Plomo	mg/kg	11,10	9,90
Potasio	mg/kg	8 528,30	7 593,60
Selenio	mg/kg	<2,00	<2,00
Sodio	mg/kg	372,10	410,30
Talio	mg/kg	<0,10	<0,10
Torio	mg/kg	<1,00	<1,00
Uranio	mg/kg	<1,00	<1,00
Vanadio	mg/kg	<0,30	<0,30
Zinc	mg/kg	66,80	53,00

Fuente: Elaboración a partir de los resultados del monitoreo ambiental.

Tabla 45

Recolección de datos de campo de la vegetación segundo muestreo

Lugar de Recolección	Humedal segundo monitoreo		
Punto/Referencia	Humedal		
Coordenadas UTM:	H1	8 668 319	0 267 432

Altitud: A nivel del mar

Parámetros	Unidad	C/Trat. Y otras activ.	
		TB-01	TB-02
Aluminio	mg/kg	132,10	68,90
Antimonio	mg/kg	<0,80	<0,80
Arsénico	mg/kg	<0,80	<0,80
Bario	mg/kg	6,00	3,40
Berilio	mg/kg	<0,03	<0,03
Cadmio	mg/kg	<0,10	<0,10
Calcio	mg/kg	21 200,80	9 825,80
Cobalto	mg/kg	<0,20	<0,20
Cobre	mg/kg	159,60	50,50
Cromo	mg/kg	<0,40	<0,40
Estroncio	mg/kg	112,89	80,54
Fosforo	mg/kg	1 685,20	1 830,50
Hierro	mg/kg	579,50	254,30
Litio	mg/kg	0,10	9,30
Magnesio	mg/kg	2 078,10	2 037,40
Manganeso	mg/kg	86,10	41,60
Mercurio	mg/kg	<0,90	<0,90
Molibdeno	mg/kg	<0,40	<0,40
Níquel	mg/kg	<0,50	<0,50
Plata	mg/kg	<0,20	<0,20
Plomo	mg/kg	21,00	9,90
Potasio	mg/kg	14 466,10	13 167,30
Selenio	mg/kg	<2,00	<2,00
Sodio	mg/kg	368,00	779,80

Talio	mg/kg	<0,10	<0,10
Torio	mg/kg	<1,00	<1,00
Uranio	mg/kg	<1,00	<1,00
Vanadio	mg/kg	0,30	<0,30
Zinc	mg/kg	90,70	68,50

Fuente: Elaboración a partir de los resultados del monitoreo ambiental.

Evaluación de los resultados:

Obtenidos los datos en ambos muestreos indican por un lado que existen parámetros que forman parte de la constitución de la planta, otros que las raíces absorben del suelo y que las hojas están reteniendo material particulado cuya composición se presenta en las tablas.

Como este estudio se ha centrado en la presencia de contaminantes del suelo, solo se van a mencionar esos parámetros: En promedio, los valores de arsénico fueron menores de 0,80 mg/kg, los de mercurio menores de 0,90 mg/kg, mientras que el cadmio registró un valor menor de 0,10 mg/kg y el plomo alcanzó los 12,975 mg/kg. Para el caso de los metales encontrados en las hojas no se ha identificado normativa nacional de comparación que indique afectación al tejido vegetal (hojas) de las plantas.

Los parámetros mencionados anteriormente también se observaron en el suelo, pero en el caso de las hojas se encontraron en una cantidad no significativa proveniente de las zonas industriales que se esparcen por la acción del viento y son retenidas por las hojas en cantidades pequeñas que no se asemejan a las cantidades depositadas en los suelos. Los resultados de los análisis de suelos sugieren que el material particulado podría estar cayendo al suelo debido a la acción de la gravedad y acumulándose a lo largo de los años.

Por otro lado, se han encontrado elementos contaminantes como el arsénico, mercurio, cadmio y plomo, también se han encontrado elementos esenciales para el crecimiento y

funcionamiento de las plantas como el calcio, magnesio, sodio y potasio, los cuales son absorbidos del suelo por las raíces de estas. Esto sugiere que, a pesar de la presencia de contaminantes, algunas plantas pueden sobrevivir y crecer en el área estudiada. Sin embargo, es importante monitorear de cerca los niveles de elementos tóxicos para asegurar la salud de los ecosistemas circundantes.

e. **Análisis, interpretación, discusión de resultados del Impacto ambiental:**

El Impacto ambiental se evaluó utilizando el método RIAM (Rapid Impact Assessment Matrix), esta herramienta fue desarrollada por DHI Water & Environmental, con ella vamos a evaluar las actividades que rodean el humedal y cada factor ambiental relacionados con las interacciones relevantes.

El objetivo principal de este estudio es identificar y evaluar los posibles impactos, tanto negativos como positivos, que podrían surgir como resultado de las actividades llevadas a cabo en las cercanías del humedal. Estos impactos se analizan desde varias perspectivas, como los factores fisicoquímicos, biológicos-ecológicos, sociales-culturales y económicos-operativos. El propósito de este análisis es desarrollar estrategias y medidas para prevenir, mitigar o eliminar los impactos negativos, al mismo tiempo que se fortalecen y fomentan los impactos positivos. En última instancia, se busca garantizar la sostenibilidad y la salud del humedal y su entorno.

Evaluación de los impactos con el software RIAM:

Figura 31

Resultados RIAM

Físico y Químico componentes (FQ)								
	Componentes	ES	RB	A1	A2	B1	B2	B3
FQ1	Alteración de la calidad del aire por material particulado en suspensión (polvo) en el humedal	-24	-C	1	-3	3	3	2

FQ2	Alteración de la calidad del aire por gases de combustión interna	-6	-A	1	-1	2	2	2
FQ3	Emisión de gases de combustión por el uso de combustibles fósiles (Gasoholes y DB5 S50) de máquinas, equipos de transporte de personal y mercancías	-6	-A	1	-1	2	2	2
FQ4	Alteración de la calidad de agua del humedal por los efluentes de las empresas de influencia directa del humedal	-3	-A	1	-1	1	1	1
FQ5	Alteración de la calidad del sedimento del humedal	-9	-A	1	-1	3	3	3
FQ6	Alteración de la calidad del suelo por almacenamiento inadecuado de residuos sólidos de las actividades de influencia directa en el humedal	-16	-B	1	-2	3	2	3
FQ7	Alteración de la calidad del suelo por metales pesados	-21	-C	1	-3	2	2	3
FQ8	Secado del suelo del humedal para construir infraestructura (deportiva) sobre el humedal	-6	-A	1	-1	2	2	2

Biológico y Ecológico componentes (BE)								
	Componentes	ES	RB	A1	A2	B1	B2	B3
BE1	Alteración de la flora por material particulado	0	N	1	0	1	1	1
BE2	Pérdida de cobertura vegetal	-8	-A	1	-1	3	3	2
BE3	Alteración de la fauna del humedal	-6	-A	1	-1	2	2	2

Sociológico y Cultural componentes (SC)								
	Componentes	ES	RB	A1	A2	B1	B2	B3
SC1	Aumento de la tasa de ocupación local	6	A	1	1	2	2	2
SC2	Alteración de la estética del paisaje por el emplazamiento de la planta	-7	-A	1	-1	2	2	3

Económico y Operacional componentes (SC)								
	Componentes	ES	RB	A1	A2	B1	B2	B3

EO1	Cambios en la actividad económica	6	A	1	1	2	2	2
EO2	Cambios en el uso de la tierra	-8	-A	1	-1	3	3	2
EO3	Cambios en la capacidad de servicio de la Avenida Contralmirante Mora	-12	-B	1	-2	2	2	2

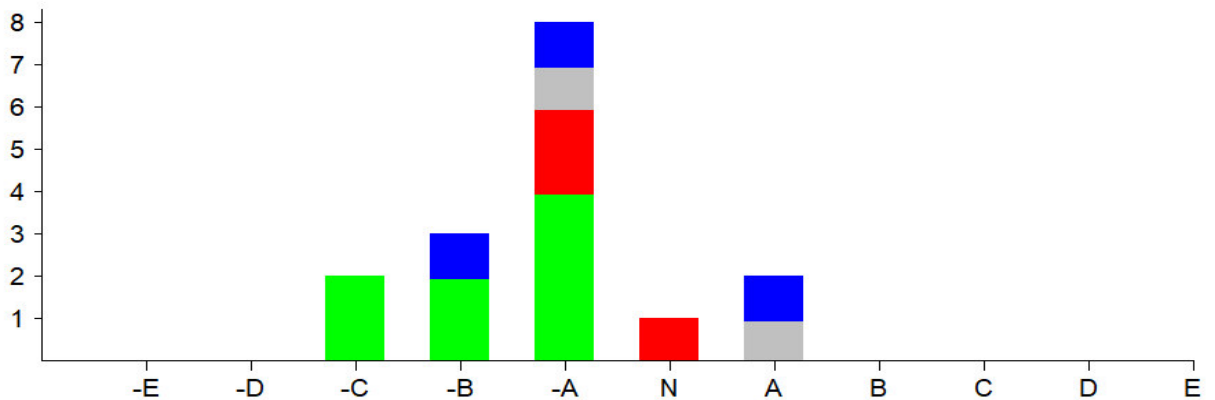
Resumen de puntaje											
Variedad	-108	-71	-35	-18	-9	0	1	10	19	36	72
	-72	-36	-19	-10	-1	0	9	18	35	71	108
Clase	-E	-D	-C	-B	-A	N	A	B	C	D	E
FQ	0	0	2	2	4	0	0	0	0	0	0
BE	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0
SC	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
EO	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0
Total	0	0	2	3	8	1	2	0	0	0	0

Fuente: Método RIAM

Figura 32

Opción única

Opción única



Fuente: Método RIAM

Figura 33

Histograma del componente fisicoquímico y biológico ecológico

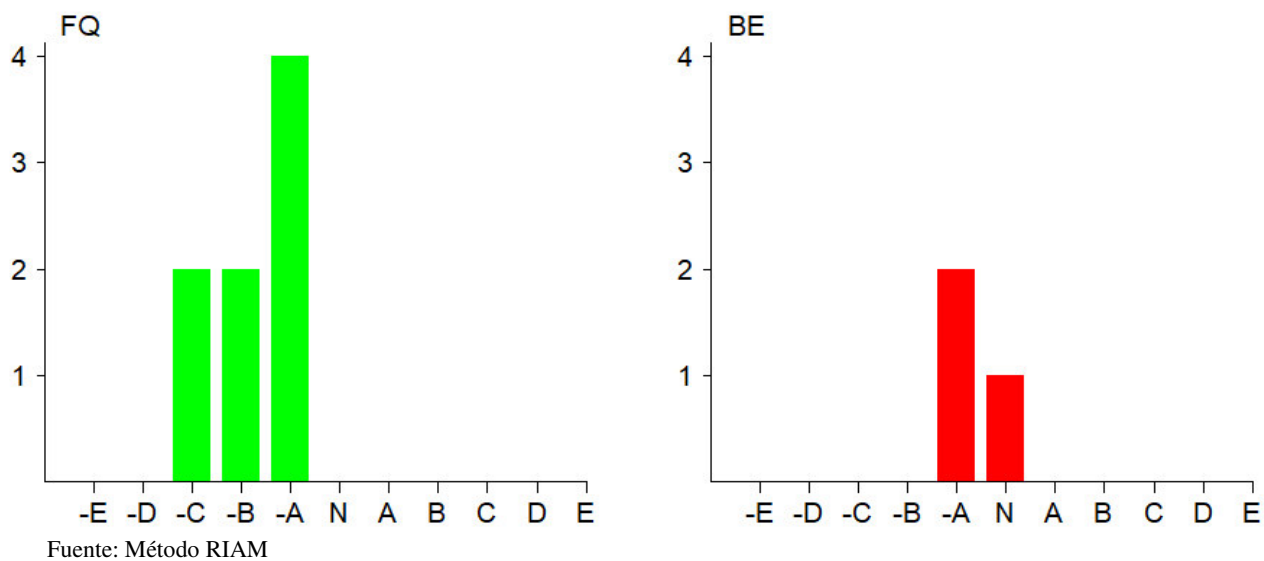
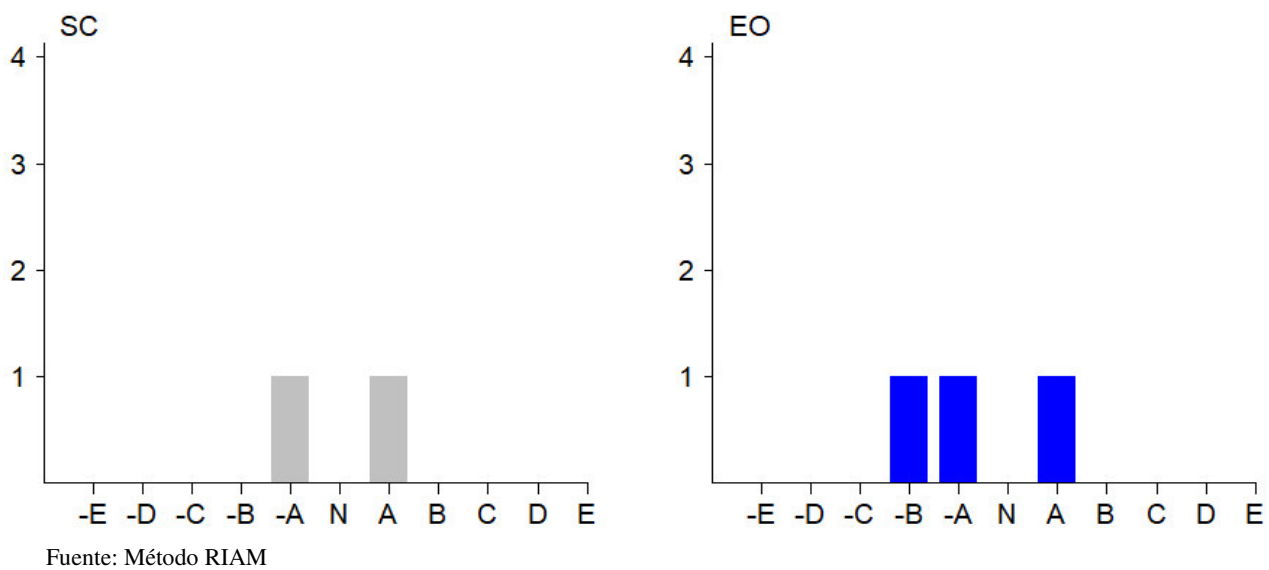


Figura 34

Histograma del componente socio cultural y económico operacional



Discusión de los resultados

De los componentes evaluados: fisicoquímico, biológico-ecológico, sociológico-cultural y económico-operacional, el más importante y afectado es el componente fisicoquímico que en porcentaje equivale al 78.03% del total evaluado.

Jerarquización de los impactos

Tabla 46
Componentes ambientales impactados

Componente	Código	Puntaje ambiental	%
Alteración de la calidad del aire por material particulado en suspensión (polvo) en el humedal	CI 01	-24	18.18
Alteración de la calidad del aire por gases de combustión interna	CI 02	-6	4.55
Alteración en los niveles de ruido del humedal	CI 03	-6	4.55
Alteración de la calidad del agua del humedal por los efluentes de las empresas de influencia directa en el humedal	CI 04	-3	2.27
Alteración de la calidad del sedimento del humedal	CI 05	-9	6.82
Alteración de la calidad del suelo por almacenamiento inadecuado de residuos sólidos de las actividades de influencia directa en el humedal	CI 06	-16	12.12
Alteración de la calidad del suelo por metales pesados	CI 07	-21	15.91
Secado del suelo del humedal para construir sobre la infraestructura del humedal	CI 08	-18	13.64
Alteración de la flora por material particulado	CI 09	0	0.00
Pérdida de cobertura vegetal	CI 10	-8	6.06
Alteración de la fauna del humedal	CI 11	-6	4.55
Aumento de la tasa de ocupación local	CI 12	6	-4.55
Alteración de la estética del paisaje por el emplazamiento de la planta	CI 13	-7	5.30
Cambios en la actividad económica	CI 14	6	-4.55
Cambios en el uso de la tierra	CI 15	-8	6.06
Cambios en la capacidad de servicio de la Avenida Contralmirante Mora	CI 16	-12	9.09
TOTAL		132	100.00

Fuente: Elaborada a partir de los resultados de la matriz RIAM

Del cuadro resumen del puntaje obtenemos que:

Para el componente Físicoquímico, cuenta con:

- Cuatro evaluaciones -A
- Dos evaluaciones -B
- Dos evaluaciones -C

Para el componente Biológico-ecológico, cuenta con:

- Dos evaluaciones -A
- Una evaluación neutra

Para el componente sociológico cultural, cuenta con:

- Una evaluación A
- Una evaluación -A

Para el componente Económico-operacional, cuenta con:

- Una evaluación A
- Una evaluación -A
- Una evaluación -B

Discusión de los resultados:

De acuerdo con los resultados obtenidos, los impactos que requieren estrategias o medidas de control ambiental se encuentran en el componente físicoquímico y están identificados con dos evaluaciones "-C". El primero de ellos se refiere a la "Alteración de la calidad del aire por material particulado en suspensión (polvo) en el humedal" (FQ1) y el segundo está relacionado a la "alteración de la calidad del suelo por metales pesados" (FQ7); respecto a las evaluaciones "-B" el primero está relacionado con el "Secado del suelo del humedal para la construcción de infraestructura sobre el humedal" (FQ8) y el segundo "Alteración de la calidad del suelo por almacenamiento inadecuado de residuos sólidos de las actividades de

influencia directa en el humedal” (FQ6). Esto se debe a que la normativa ambiental, específicamente el D. S. N° 006-2021-MINAM “Aprueban disposiciones generales para la gestión multisectorial y descentralizada de los humedales” en el artículo 37, determina prohibiciones para resguardar la conservación del humedal y el ”Decreto Legislativo N° 1278 "Ley de gestión integral de residuos sólidos" y su reglamento D.S. N° 014-2017-MINAM "Reglamento del decreto legislativo 1278", exige la implementación de acciones correctivas en casos de manejo inadecuado de residuos sólidos.

Para abordar estos impactos negativos, se propondrán medidas de control ambiental que se detallarán en la propuesta de solución del problema se aplicarán medidas de control.

Restauración de suelos:

Para valorar la restauración del suelo del humedal, la autora revisó la información científica de los investigadores: Carabassaab et al., (2020) quien sugiere como alternativa para la restauración de los suelos el uso de productos similares al compost y digestatos de residuos urbanos como enmiendas orgánicas; asimismo, Collins propone la restauración de los suelos utilizando biocarbón y residuos de lignito; por su parte Azizur Raman (2020), Shahabaldin Rezania et al., (2019) sugieren la utilización de la fitorremediación para tratar en los suelos a metales pesados, por otro lado, el artículo de investigación de los autores Zine et al., (2020), sugiere los “planes de fitorremediación” como una solución sostenible para estabilizar las trazas metálicas que en nuestro caso afectaron al humedal en estudio provenientes del material particulado acumulado del manejo de concentrados mineros y de las actividades industriales en la avenida Contralmirante Mora. La guía del MINAM identifica la contaminación del suelo en la zona debido a actividades como la minería, áreas históricas de quimbaletes y el uso de mercurio en la extracción de minerales ricos en metales pesados. Esta contaminación se ha producido principalmente por la dispersión de relaves mineros en el

suelo y la vaporización de sustancias volátiles, como el mercurio. Los contaminantes también se han dispersado por la erosión eólica causada por actividades mineras cercanas y la formación de polvo, especialmente alrededor de los almacenes de mercurio. Por otro lado, señala que entre los receptores se encuentran las personas que transitan por la zona, la fauna y la flora terrestres, la flora y fauna acuática. Entre las rutas de exposición se encuentra las siguientes clasificaciones como la exposición: oral (O), inhalación (I) y dérmica (D).

A continuación, procedemos a proponer un plan de manejo basado en la fitorremediación:


Tabla 47

Plan de Fitorremediación

	Plan de Fitorremediación según Zine et al., (2020) y de los estudios de Zhongchuang Liu et al., (2020)	Plan de Fitorremediación para humedales marino-costeros
Consideraciones antes de la fitorremediación	Método	<p>Medio:</p> <p>Técnica:</p> <p>Medio: Planta Fitoacumuladora</p> <p>Técnica: In-situ, porque se aplica en el lugar contaminado sin realizar remoción previa del suelo. Económica, porque no es costosa. Biológica por el uso de plantas fitoacumuladoras que asimilan sustancias contaminantes. (MINAM, 2021) Suelo/rizosfera: Fito estabilización de suelos contaminados con metales (Lacalle et al., 2023) utilizando especies seleccionadas para reducir la toxicidad de los metales en suelos contaminados.</p>
	Características del suelo	<p>Entre las características fisicoquímicas más importantes del suelo encontramos a la textura, la capacidad de intercambio catiónico, la conductividad eléctrica, el pH y la materia orgánica, características que están relacionadas.</p>
		<p>Definición: Según el Portal de la FAO, “la textura del suelo es la proporción de componentes inorgánicos (arena, limo y arcilla) presentes en el suelo. La textura es una propiedad importante que influye como factor de fertilidad, en la habilidad de retener agua, aireación, drenaje, contenido de materia orgánica y otras propiedades”. El triángulo de clases texturales permite clasificar la textura.</p>
		<p>Resultados del análisis de suelo en el humedal: 79.61 % de arena, 20.19 % de arcilla 0.20 % de limo</p> <p>Comentarios: Según el triángulo de las clases texturales del suelo (SSDS, 1993), los resultados corresponden a un suelo franco arcillo arenoso.</p>
Capacidad de Intercambio catiónico Cmol (+) kg	<p>Definición: Según el Portal de suelos de la FAO. La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) “es igual a la carga total negativa en las partículas del suelo” y la cantidad de cationes que pueden ser retenidos en el suelo con un p H determinado. Se expresa en centimoles de carga positiva por kilogramo (Cmol (+) / kg) o en miliequivalentes por 100 gramos (meq/100 g) del suelo. Esto es el número de miligramos de iones hidrógeno (o su equivalente en otros cationes) que pueden almacenarse en 100 g de suelo.</p>	

		<p>Resultados del análisis del suelo en el humedal: 17,7 Cmol (+) /kg (medio, según LASPA, UNALM)</p> <p>Comentarios: Suelos con bajo CIC indica baja habilidad de retener nutrientes, arenoso o pobre en materia orgánica. En este caso se ha evaluado la relación de la CIC versus los cationes los cuales no deben excederse de ciertos límites: Ca⁺⁺ (57.69%; límites: 60-80% de la CIC); Mg⁺⁺ (10.39%; límites: 10-20% de la CIC), K⁺ (4.52%; límites: 2-6% de la CIC), Na⁺ (3.82%; 0-3% de la CIC). El catión Ca⁺⁺ se encuentra ligeramente por debajo del límite de 60% de la CIC, motivo por el cual se aplicará humus de lombriz.</p>
	p H	<p>Definición: Según el portal de suelos de la FAO, el pH (potencial de hidrógeno) determina el grado de adsorción de iones (H⁺) por las partículas del suelo y clasifica al suelo como ácido o alcalino. Indica la disponibilidad de nutrientes para las plantas, influyendo en la solubilidad, movilidad, disponibilidad y de otros constituyentes y contaminantes inorgánicos presentes en el suelo. El valor del pH en el suelo oscila entre 3,5 (muy ácido) a 9,5 (muy alcalino).</p> <p>Resultados del análisis del suelo en el humedal: 7,25 UpH</p> <p>Comentarios: Respecto a los requerimientos de la planta <i>Axonopus compressus</i>, (Santiz, 2018) refiere que esta planta se adapta a suelos con rangos de pH de 5,0 a 7,5. El valor del pH encontrado se encuentra dentro de este rango y asegura la buena adaptación de la planta al humedal. Por lo tanto, el pH obtenido es óptimo porque la planta no sufrirá un déficit de absorción de determinados nutrientes.</p>
	Conductividad eléctrica dS/m	<p>Definición: (Bazán et al., 1986), revisada y actualizada por (Vega et al., 2022). define a la conductividad eléctrica, como la capacidad que tienen las sales inorgánicas en solución (electrolitos) para conducir la corriente eléctrica.</p> <p>Resultados del análisis del suelo en el humedal: 11,1 dS/m</p> <p>Comentarios: Los resultados evidencian que nos encontramos en un suelo de tipo salino. (Ramírez y Hernández (2016), especifica que la planta <i>Axonopus compressus</i> muestra efectos como reducción del crecimiento del tallo, raíz y la calidad de crecimiento del césped, a partir de 18,0 d S/m. y afirman que la salinidad que es el principal estrés abiótico que influye en el crecimiento y desarrollo de las plantas formadoras de césped. (Alberto, Aguirre, 2009) aseveran que la salinidad se puede controlar mediante el uso de sistemas de riego adecuados como el goteo y la aspersión. Además, algunas plantas desarrollan mecanismos de adaptación a este tipo de ambientes salinos, por lo tanto, es conveniente evaluar la planta seleccionada en este suelo con las características analizadas. (Universidad de California, agricultura y recursos naturales, 2018) clasifica a los cultivos de pastos y forrajes como moderadamente tolerantes y tolerantes. La planta <i>Axonopus compressus</i> en el Perú, se encuentra en manglares lo cual es un indicador que la planta soporta salinidad.</p>
	Materia orgánica, arcillas y minerales oxidados %	<p>Definición: (Bazán et al., 1986), revisada y actualizada por (Vega et al., 2022) indica que la materia orgánica está constituida por los compuestos de origen biológico que se encuentran en el suelo. Por otro lado, el humus (restos post-mortem de vegetales y animales), depositados en el suelo, son constantemente sometidos a procesos de descomposición, transformación y resíntesis.</p>

			<p>Resultados: 3,12 %</p> <p>Elementos disponibles en el suelo: p: 12,4 ppm k⁺: 156,4 ppm</p> <p>Cationes cambiables: Ca⁺⁺: 10,20 Cmol (+) kg⁻¹ o Cmol (+) /kg Mg⁺⁺: 1,84 Cmol (+) kg K⁺: 0,80 Cmol (+) kg Na⁺: 0,68 Cmol (+) kg Al⁺³: 0,00 Cmol (+) kg H⁺: 0,00 Cmol (+) kg</p> <hr/> <p>Comentarios: El % de materia orgánica que deberíamos encontrar en un suelo en condiciones favorables debería ser de un 5%, sin embargo, el valor encontrado en el suelo costero es de 3,12%, demuestra que es adecuado por la presencia permanente de vegetación en el humedal. Por otro lado, el plan de fitorremediación contempla la aplicación de 250 kg de humus de lombriz (compost) para los 500 m², para mejorar las condiciones del terreno en cuanto a la CIC y a su fertilidad, lo que equivale a un aporte de 5t/ha de abono orgánico con la finalidad de garantizar un buen crecimiento y desarrollo de la planta que se encargará de fitorremediar el humedal. Respecto a los elementos disponibles (p) y (k⁺) están en un nivel medio y a la aplicación de humus de lombriz se cumplirá con los requerimientos de las plantas respecto al suministro de nutrientes, además se retendrá el agua y el balance de la temperatura. Con relación a los cationes cambiables, la presencia de arcillas y materia orgánica son las que se encargan de retener temporalmente los cationes y abastecen los requerimientos de la planta a cultivar, mientras que la planta suministra al suelo, hidrógeno. El valor hallado de la CIC (17,7 Cmol (+) /kg) es valor adecuado que está relacionado a la suma los cationes cambiables (13.52). Por otro lado, el Ca⁺⁺, y el Mg⁺⁺, y el K⁺, impactan en la nutrición de las plantas y por ende en el crecimiento de estas y los valores son adecuados. En relación con el Na⁺, en general significa toxicidad para las plantas, sin embargo, algunas plantas tienen la particularidad de tolerar el sodio, y el valor encontrado (0,68 Cmol (+) kg) guarda relación con la conductividad eléctrica (11,1 dS/m). En nuestro caso, el valor detectado no va a significar un problema para el desarrollo de la planta.</p>
--	--	--	---

	<p>Características de la planta</p> <p>Crterios para seleccionar la especie de planta:</p> <p>a. Determinar que contaminantes están presentes en el suelo.</p> <p>b. Identificación de la especie.</p> <p>c. Fácil de establecer y de rápido crecimiento.</p> <p>d. Adaptación y tolerancia a las condiciones climáticas del lugar</p> <p>e. Elegir la especie nativa para evitar riesgos de especies invasoras y afectación a la biodiversidad local.</p> <p>f. Resistencia fisicoquímicas adversas del sustrato, p H, alta concentración de metales pesados, textura heterogénea</p> <p>g. Debe crecer en sinergia con otras especies de plantas.</p> <p>h. Las plantas seleccionadas deben ser auto sostenibles y no requieren mucho cuidado en términos de calidad de suelo y riego.</p> <p>i. Optimizar el momento adecuado para plantar considerando mejores condiciones de humedad</p> <p>j. Eficiencia en la remediación</p>	<p>a. Los análisis del suelo revelaron presencia de mercurio en la parte central del humedal.</p> <p>b. De la revisión bibliográfica, estudios demuestran buenos resultados con la planta fitoacumuladora “<i>Axonopus compressus</i>” (Zhongchuang et al., 2020; Zine et al., 2020), utilizada en áreas mineras o depósitos de residuos mineros.</p> <p>c. La planta <i>Axonopus compressus</i> es fácil de cultivar, por sus propiedades forrajeras y formadora de césped, es una planta sea perenne, y de crecimiento rápido (Giraldo-Cañas, 2008).</p> <p>d. La planta seleccionada, es típica de la zona adyacente al humedal y, por lo tanto, está adaptada a las condiciones climáticas del lugar. Rango de temperatura para el crecimiento de la planta: crece entre temperaturas de: 19 y 27°, valores que están comprendidos en el clima del Callao. Altitud: desde nivel del mar hasta 3.000 m de altitud. (Giraldo Cañas., 2006) en el caso de este estudio es a nivel del mar, en la costa de nuestro país, las condiciones climáticas son ventajosas porque no llueve, dado que la lluvia moviliza los contaminantes a zonas profundas del suelo e incluso a la napa freática. Los vientos también movilizan los contaminantes, los vientos en esta zona son suaves.</p> <p>e. Esta planta se encuentra en humedales y manglares lo que evita el riesgo de introducir especies invasoras en el humedal.</p> <p>f. La planta debe resistir diferentes sustratos. Los resultados de conductividad eléctrica (11,1 dS/m) revelan que estamos en un ambiente salino, estudios demuestran que esta planta es afectada por el estrés salino a partir de 18,0 d S/m (Ramírez y Hernández, 2016), por lo tanto, los resultados indican que no va a ser afectada, además, se ha considerado un sistema de riego por goteo para disminuir la salinidad. Respecto al p H la planta se adapta a rangos de 5,0 a 7,5, el valor encontrado en el suelo es de 7,25 por lo tanto, es adecuado.</p> <p>g. Este pasto crece con sinergia con otras plantas.</p> <p>h. El pasto es una planta que no requiere mucho cuidado y riego. Sin embargo, por encontrarse en suelo salino se realizará el riego respectivo.</p> <p>i. Esta planta se siembra cuando se inicia el periodo de lluvias o en cualquier época si se cuenta con riego.</p> <p>j. La eficiencia de la fitorremediación de la planta <i>Axonopus compressus</i> y la acumulación en sus órganos se calcula con el factor de bioconcentración, (Zhongchuang Liu et al. 2020) señala que el factor de bioacumulación de esta planta es superior a 1; (Deepak et al., 2020), indicó que la eficiencia de la fitorremediación de los diferentes miembros de la familia Poaceae se determina mediante el índice de transporte que en este caso es $TI > 1$ por lo tanto, es apto para la fitoextracción.” La planta <i>Axonopus Compressus</i> pertenece a la familia Poaceae.</p>
<p>Condiciones durante la fitorremediación</p>	<p>Evaluar el desempeño de la especie frente a los metales pesados</p>	<p>(Zhongchuang Liu et al., 2020), señala que el mercurio es uno de los contaminantes más peligrosos que existe en los suelos y propone la fitorremediación por la baja inversión y presenta especies experimentales (<i>Axonopus compressus</i>) para la acumulación de mercurio y descontaminación de suelos con un factor de bioacumulación superior a 1. Con la ayuda de esta investigación la autora procedió a considerar esta planta para la realización de la fitorremediación en el humedal en estudio.</p>
	<p>Evaluar la capacidad de la especie para regenerarse y reproducirse en condiciones severas</p>	<p>La planta <i>Axonopus compressus</i> es un pasto manta (Heuzé et al., 2016) citado por Adams et al. 2022), también se le conoce como césped perenne que crece de 15 a 20 cm de altura y que produce de 1 a 10 Tm/ha. Se adapta a media sombra, y tiene buena capacidad de recuperación en caso de deterioro, para evitarlo se proveerá de fertilizará el terreno con 250 kg de humus de lombriz, para mejorar las condiciones del terreno. Además, esta planta tiende a crecer por estolones lo que permite que el suelo esté cubierto durante todo el año porque tienen un ciclo de vida largo (Grime, 1979) citado por (Zine et al., 2020). Además, requiere suelos franco-arenosos y el estudio de la textura del suelo de esta tesis tiene las siguientes características (79.61 % de arena, 20.19 % de arcilla y 0.20 % de limo).</p>
	<p>Sembrar la especie seleccionada en sustrato</p>	<p>La distribución de la planta: en 1 m² se debe sembrar 5 plantas. Como se demuestra en el siguiente gráfico los puntos azules corresponden al área donde se debe sembrar las plantas:</p> 
	<p>Evaluar el comportamiento de la especie: capacidad de</p>	<p>Área por sembrar: 5 metros de ancho x 100 m de largo, por lo tanto, para 500 m², se requieren 2,500 plantas.</p> <p>La presencia de biomasa en las plantas es beneficiosa para la fitorremediación, la planta seleccionada presenta biomasa para la bioacumulación del mercurio.</p>


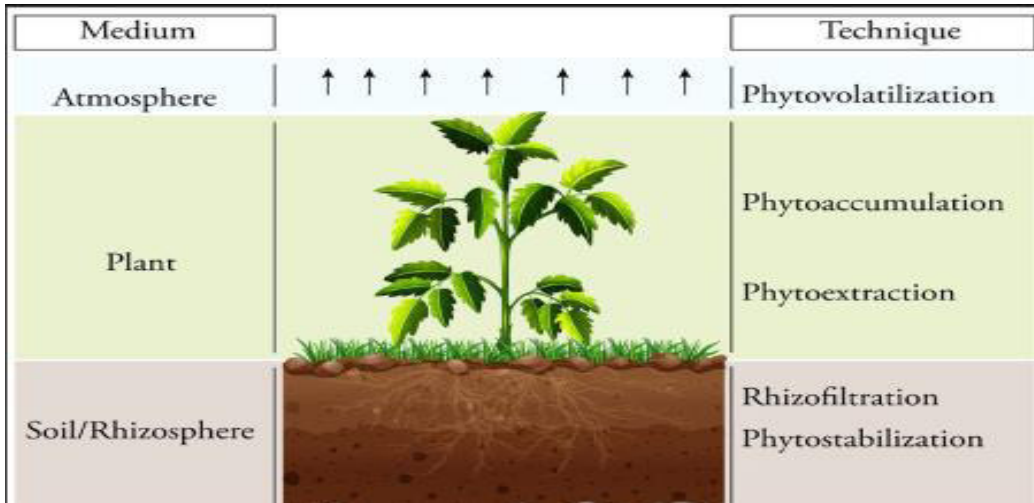
		<p>bioacumulación de las plantas mediante análisis químicos</p> <p>Concentración inicial de mercurio en el suelo central del humedal es >25 mg/kg. El contenido de mercurio según el D.S. N° 011-2017- MINAM para un suelo industrial es de 24 mg/kg. El valor encontrado en el análisis corresponde al año 2020, lo que indica que a la fecha el valor podría haber aumentado significativamente. Tener presente que los humedales son considerados como ecosistemas frágiles. Análisis de las muestras: mediante técnicas de absorción atómica. Muestreo: cada 6 meses por un periodo de dos años. Cantidad de muestras por periodo: (3 muestras) del área a intervenir (500 m²). Lugar del muestreo: tomar (01) muestra a 17m de la parte central del humedal, la segunda a 50m y la tercera a 83m. Criterio para la toma de las muestras: Experiencia de los expertos.</p> 
	<p>Evaluación y criterios</p> <p>a. Observe la calidad de la cobertura vegetal b. Contenido de nutrientes c. Valoración del factor de bioconcentración</p>	<p>a. La planta recibe el nombre de gras manto y tiene buena cobertura. b. El contenido de nutrientes en el suelo se va a mejorar con la aplicación de humus de lombriz. c. Estudios realizados por Zhongchuang Liu et al (2020), señala que su factor de bioacumulación superior a 1.</p>
	<p>Técnicas que mejoran la remoción del mercurio</p> <p>Biodisponibilidad y heterogeneidad de mercurio en los suelos</p>	<p>Para mejorar el proceso de fitorremediación, algunos investigadores sugieren que se pueden utilizar aceleradores químicos para transformar el Hg no disponible en fracciones disponibles. Según Wang et al. (2017) citado por Zhongchuang Liu et al. (2020), el Ioduro de potasio podría aumentar la biodisponibilidad de mercurio en los suelos, aunque podría ser tóxico para algunas plantas. En esta tesis no se ha considerado el uso de productos químicos.</p>
Después de la fitorremediación	<p>Evaluación del desempeño del plan</p>	<p>Comparar los resultados con la normativa nacional: Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM, si los resultados se encuentran dentro de la norma se da por concluido el plan de fitorremediación.</p> <p>Por otro lado, en la Tabla 41 de la presente tesis se muestra la comparación entre la normativa canadiense y la normativa nacional, y se observa que en el caso de mercurio la norma canadiense (50 mg/kg) es menos exigente que la normativa nacional (24 mg/kg).</p> <p>Se recomienda realizar monitoreos anuales para determinar si el mercurio continúa acumulándose en los suelos. La implementación del cerco vivo alrededor del humedal evitará que se continúe contaminando.</p> <p>Disponer de un contenedor con tapa y etiquetado, para depositar las plantas contaminadas con mercurio. Disponer los residuos de las plantas acumuladoras de mercurio en un relleno de seguridad con una Empresa Operadora de Residuos Sólidos (EO-RS) que cuente con Registro Autoritativo emitido por el Ministerio del Ambiente (MINAM) según lo indicado en el Decreto Legislativo N° 1278 “Ley de Gestión Integral de los residuos sólidos”.</p>
Comentarios finales		<p>En Perú, en el marco del Decreto Supremo N.° 012-2017-MINAM, se cuenta con una “Guía para la evaluación de sitios contaminados y la elaboración de planes dirigidos a la remediación”, (MINAM, 2021) que en nuestro caso aplica para la contaminación superficial del suelo, dado que no se observa la contaminación de la napa freática.</p> <p>Los mecanismos de remediación no solo requieren medidas de descontaminación sino medidas de aseguramiento de la remediación es decir que la remediación sea sostenible y para asegurar que esta condición se cumpla se ha considerado la colocación de barreras o cercos vivos en el humedal, y un plan de vigilancia anual que asegure que el humedal no se vuelva a contaminar, es decir volver a realizar el muestreo planificado en esta tesis una vez al año.</p>

Figura 35

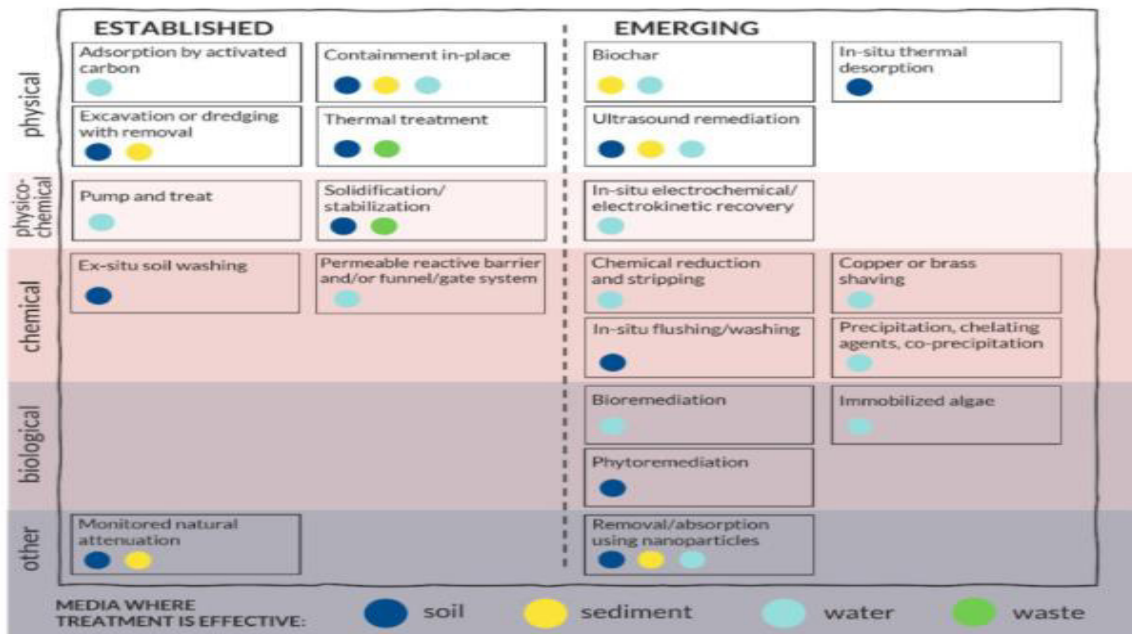
Técnicas de Fitorremediación



Fuente: Zine et al., (2020)

Figura 36

Tecnologías de remediación establecidas y emergentes para zonas contaminadas con mercurio



Fuente: PubMed Central

4.2 Prueba de hipótesis

Hipótesis Específica N° 1: El material particulado impacta negativamente la calidad de aire de los humedales marino-costeros de la Región Callao-Perú, periodo 2020-2021:

Para verificar el cumplimiento de la hipótesis, se aplicó los estadísticos a los datos obtenidos en el primer y segundo monitoreo de calidad de aire realizado al parámetro (PM2.5) que al compararse versus la normativa nacional, se concluyó que algunos datos exceden o están cerca del Estándar de Calidad Ambiental (ECA) de aire, el estándar sugiere que la medición de este parámetro presente en el aire en su calidad de cuerpo receptor no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente y para conocer el grado de significancia se aplicó el estadístico de prueba.

Además, al margen del cumplimiento de la normativa nacional e internacional, toda emisión al aire termina en una inmisión, que en este caso particular ha sido con deposición seca en el suelo.

En primer lugar, se determinó la siguiente información:

Análisis inferencial de los datos estadísticos:

1. Prueba de normalidad:

Planteamiento de hipótesis estadística:

Ho: los datos tienen una distribución normal

H₁: los datos no tienen una distribución normal

Nivel de significancia:

Confianza: 95%

Significancia (α): 5%=0,05

Criterio de decisión:

Si $p < 0,05$ rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis H_1 .

Si $p \geq 0,05$ aceptamos la H_0 , y rechazamos la H_1 .

Resultados:

El material particulado con tratamiento de superficie y otras actividades internas como externas, tiene un p-valor (0,734) > 0,05, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, es decir, los datos tienen una distribución normal, y para el caso del material particulado sin tratamiento de superficie (otras actividades internas como externas) cuenta con un p-valor (0,106) > 0,05, entonces se acepta la hipótesis nula, es decir que los datos siguen una distribución normal, por lo tanto, usaremos una estadística paramétrica: Shapiro Wilk:

Tabla 48

Resumen de procesamiento de casos

	¿Cuál es la actividad?	Casos					
		Válido		Perdidos		Total	
		N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
¿Cuál es el valor del PM 2.5?	Con tratamiento	5	100,0%	0	0,0%	5	100,0%
	Sin tratamiento	5	100,0%	0	0,0%	5	100,0%

Pruebas de normalidad

	¿Cuál es la actividad?	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
¿Cuál es el valor del PM 2.5?	Con tratamiento	,235	5	,200*	,950	5	,734
	Sin tratamiento	,363	5	,030	,815	5	,106

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

2. Prueba T de Student:

Planteamiento de hipótesis estadística:

Ho: El material particulado **no impacta** negativamente la calidad de aire de los humedales marino-costeros de la Región Callao-Perú, periodo 2020-2021.

H₁: El material particulado **impacta** negativamente la calidad de aire de los humedales marino-costeros de la Región Callao-Perú, periodo 2020-2021.

Nivel de significancia:

Confianza: 95%

Significancia (α): 5%=0,05

Criterios de decisión:

Si $p < 0,05$ aceptamos la hipótesis H₁ y rechazamos la hipótesis la Ho

Si $p > 0,05$ rechazamos la H₁, aceptamos la Ho

Resultados:

En vista que el (p-valor=0,01) < ($\alpha= 0,05$), entonces existe evidencia suficiente para aceptar la H₁, es decir que el material particulado **impacta** negativamente la calidad de aire de los humedales marino-costeros de la Región Callao-Perú, periodo 2020-2021.

Tabla 49

Prueba para una muestra

Valor de Prueba = 50

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
PM2.5	-5,281	9	,001	-30,01600	-42,8726	-17,1594

3. Cálculo de la covarianza:

Planteamiento de hipótesis estadística:

H₀: Las varianzas poblacionales son iguales

H₁: las varianzas poblacionales no son iguales

Nivel de significancia:

Confianza: 95%

Significancia (α): 5%=0,05

Criterio de decisión:

Si $p < 0,05$ rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis H₁.

Si $p \geq 0,05$ aceptamos la H₀, y rechazamos la H₁.

Resultados:

Los resultados indican que las varianzas poblacionales son iguales, con un p-valor > 0.05 .

Tabla 50

Estadísticas de grupo

	¿Cuál es la actividad?	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
¿Cuál es el valor de PM2.5	Con tratamiento	5	23,8120	20,66380	9,24113
	Sin tratamiento	5	16,1560	16,22118	7,25433

Comprobar si la diferencia de las medias es estadísticamente significativa a nivel poblacional:

Tabla 51

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
¿Cuál es el valor de PM2.5	Se asumen varianzas iguales	,533	,486	,652	8	,533	7,65600	11,74835	-19,43575	34,74775
	No se asumen varianzas iguales			,652	7,573	,534	7,65600	11,74835	-19,70394	35,01594

Planteamiento de hipótesis estadística:

H_0 = la diferencia de las medias poblacionales es igual a cero

H_1 = la diferencia de las medias poblacionales es diferente de cero

Nivel de significancia:

Confianza: 95%

Significancia (α): 5%=0,05

Criterio de decisión:

Si $p < 0,05$ rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis H_1 .

Si $p \geq 0,05$ aceptamos la H_0 , y rechazamos la H_1 .

El intervalo de confianza de la diferencia de las dos medias poblacionales, indica que con un nivel de confianza del 95%, las medias poblacionales se encuentran entre los valores -19,44 y 34,75, los datos permiten interpretar la conclusión de la prueba de hipótesis es decir que, si el valor cero está comprendido entre estos valores, entonces, se acepta la H_0 , es decir que la diferencia de las medias poblacionales es igual a cero.

Resultados:

La prueba t de comparación de dos grupos independientes indica que las actividades sin tratamiento (otras actividades internas y externas) ($M=16,16$, $SD= 16,22$), no presentan un patrón de dispersión significativo frente a las actividades con tratamiento más otras actividades internas como externas ($M=23,82$, $SD= 20,66$), $t(5) = 0,65$, $p > 0,53$.

Hipótesis específica N° 2:

El material particulado impacta negativamente en la calidad del agua de los humedales marino-costeros de la Región Callao-Perú, periodo 2020-2021.

Durante el periodo de desarrollo de esta tesis, no se detectó presencia de agua en el humedal por encontrarse en época de sequía, probablemente por la extracción del agua de la capa freática por parte de las invasiones de las poblaciones vecinas y/o por la falta de recarga del caudal del Río Rímac ocasionado probablemente por el fenómeno La Niña.

Hipótesis específica N° 3:

El material particulado impacta en la calidad de los suelos y lodos de los humedales marino-costeros de la Región Callao-Perú, periodo 2020-2021.

Durante el desarrollo de la tesis no se detectó presencia de lodos en el humedal por encontrarse en época de sequía.

En lo relativo a los suelos, con los resultados obtenidos de los monitoreos ambientales se detectó presencia del contaminante mercurio en la parte central del humedal cuyos valores exceden el ECA suelo, valores que vamos a exponer a los estadísticos de prueba como sigue:

Análisis inferencial de los datos estadísticos:

1. Prueba de normalidad:

Ho: los datos tienen una distribución normal

H₁: los datos no tienen una distribución normal

Nivel de significancia:

Confianza: 95%

Significancia (α): 5%=0,05

Criterio de decisión:

Si $p < 0,05$ rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis H₁.

Si $p \geq 0,05$ aceptamos la Ho, y rechazamos la H₁.

Resultados:

Los datos del material particulado composición mercurio, cuenta con un (p-valor=0,000) < ($\alpha = 0,05$), por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa, es decir, los datos no siguen una distribución normal, por lo tanto, usaremos la prueba estadística no paramétrica.

Tabla 52

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a		
	Estadístico	gl	Sig.
Mercuriostrat	,260	2	.
Mercuriostrat	,260	2	.

a. Corrección de significación de Lilliefors

2. Prueba de Rangos con signos de Wilcoxon

Planteamiento de hipótesis estadística:

Ho: El material particulado **no impacta en la calidad de los suelos** de los humedales marino-costeros de la Región Callao-Perú, periodo 2020-2021.

H₁: El material particulado **impacta en la calidad de los suelos** de los humedales marino-costeros de la Región Callao-Perú, periodo 2020-2021.

Nivel de significancia:

Confianza: 95%

Significancia (α): 5%=0,05

Criterios de decisión:

Si $p < 0,05$ aceptamos la hipótesis H₁ y rechazamos la hipótesis la Ho

Si $p > 0,05$ rechazamos la H₁, aceptamos la Ho

Resultados:

En vista que el p-valor obtenido ($p=0,02$) $<$ ($\alpha= 0,05$), entonces se acepta la H₁, es decir que el material particulado (composición mercurio) **impacta** negativamente la calidad de suelo de los humedales marino-costeros de la Región Callao-Perú, periodo 2020-2021.

La presente tesis se ha realizado para evaluar si el material particulado proveniente de las actividades industriales impacta negativamente en el humedal marino-costero en estudio, sin embargo, se determinó la necesidad de evaluar los suelos industriales y además se tomó una muestra de suelo residencial, al detectarse presencia de mercurio en la parte central del humedal.

En el suelo industrial se encontró presencia de 150 mg/kg de arsénico desde el ingreso, los jardines hasta en el suelo colindante al río Rímac, en relación con la normativa nacional, los resultados indican que se requiere acciones de remediación para su recuperación.

Asimismo, en el suelo residencial se detectó presencia de 150 mg/kg de arsénico, 20,94 mg/kg de mercurio y 527,60 mg/kg de plomo. La contaminación de estos suelos también requiere acciones de remediación para su recuperación.

Uno de los mecanismos para retener la contaminación del aire es el uso de la vegetación porque retiene el material particulado depositado en las hojas, pero luego, cae al suelo por gravedad por la acción de la dirección y velocidad del viento.

Tabla 53

Estadísticos de prueba^a mercurio

	D.S. N°011-2017-MINAM - Mercurio en mg/kg
Z	-3,066 ^b
Sig. asintótica (bilateral)	,002

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos positivos.

Fuente: SPSS

3. Prueba T:

Tabla 54

Estadísticas para una muestra

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Mercurio en mg/kg	6	21,4383	3,20981	1,31040

Prueba para una muestra

Valor de prueba = 24

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Mercurio en mg/kg	-1,955	5	,108	-2,56167	-5,9302	,8068

Resultados:

La prueba t de comparación de la muestra con el estándar D. S. N° 011-2017-MINAM, indica que la presencia de mercurio en el suelo ($M=21,44$, $SD= 3,21$), presenta un patrón de dispersión no significativo, $t(6) = -1,96$, $p > 0,108$.

Hipótesis Específica N° 4:

El material particulado impacta negativamente en la vegetación de los humedales marino- costeros de la Región Callao- Perú, periodo 2020-2021.

Para verificar el cumplimiento de la hipótesis, y teniendo en cuenta que esta tesis hace referencia a la presencia de contaminantes en el suelo, se aplicó los estadísticos a los datos de los contaminantes (As, Hg y Pb) obtenidos en el primer y segundo monitoreo de las hojas del humedal.

Análisis inferencial de los datos estadísticos:

1. Prueba de normalidad:

Ho: los datos tienen una distribución normal

H₁: los datos no tienen una distribución normal

Nivel de significancia:

Confianza: 95%

Significancia (α): 5%=0,05

Criterio de decisión:

Si $p < 0,05$ rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis H₁.

Si $p \geq 0,05$ aceptamos la Ho, y rechazamos la H₁.

Resultados:

Los datos de la prueba de normalidad cuentan con un (p-valor=0,014) $< (\alpha = 0,05)$, por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa, es decir, los datos tienen no una distribución normal, por lo tanto, usaremos una estadística no paramétrica.

Tabla 55

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Mercurio	.	4	.	.	4	.
Plomo	,386	4	.	,706	4	,014
Arsenico	.	4	.	.	4	.

a. Corrección de significación de Lilliefors

2. Prueba U de Mann-Whitney

Planteamiento de hipótesis estadística:

H_0 = El material particulado no impacta negativamente en la vegetación del humedal marino-costero de la región Callao 2020-2021

H_1 = El material particulado impacta negativamente en la vegetación del humedal marino-costero de la región Callao 2020-2021

Nivel de significancia:

Nivel de confianza: 0,95

Significancia α : 0,05

Criterios de decisión:

Si p-valor < 0,05 se rechaza H_0 .

Si p-valor \geq 0,05 se acepta H_0 .

Resultados:

En vista que el p-valor de cada contaminante ($As=1,000$, $Hg=1,000$, $Pb=0,102$) > ($\alpha = 0,05$) para cada uno de los contaminantes evaluados, se acepta la H_0 . El resultado confirma que el material particulado no impacta negativamente en la vegetación del humedal marino-costero de la región Callao periodo 2020-2021.

Los resultados encontrados en la vegetación del humedal fueron: respecto al arsénico: el valor promedio fue de <0,80 mg/kg, para el mercurio: <0,90 mg/kg, para el cadmio <0,10 mg/kg y para el plomo: 12,98 mg/kg.

Estos resultados no cuentan con valores de comparación debido a que no existe normativa nacional que indique a partir de que valores se afecta la vegetación, sin embargo, se observa que las plantas son usadas para retener material particulado como una barrera natural según los diferentes estudios citados en las bases teóricas de la presente tesis, dado que bloquea la

dispersión o migración de los contaminantes en el aire, pero posteriormente se deposita ya sea en los suelos o en el agua.

Como se puede observar esos resultados obtenidos son menores que los detectados en el suelo, probablemente porque los contaminantes que retienen las hojas caen al suelo por la acción del viento acumulándose en el suelo a lo largo de los años.

Tabla 56

Estadísticos de prueba^a vegetación

	¿Cuál es el resultado As?	¿Cuál es el resultado Hg?	¿Cuál es el resultado Pb?
U de Mann-Whitney	2,000	2,000	,000
W de Wilcoxon	5,000	5,000	3,000
Z	,000	,000	-1,633
Sig. asintótica(bilateral)	1,000	1,000	,102
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	1,000 ^b	1,000 ^b	,333 ^b

a. Variable de agrupación: ¿Qué actividad?

b. No corregido para empates.

Fuente: SPSS

3. Prueba T para el arsénico en la vegetación del humedal

Tabla 57

Estadísticas para una muestra

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
¿Cuál es el valor del arsénico?	6	24,0000	,00000 ^a	,00000

a. t no se puede calcular porque la desviación estándar es 0.

Resultados:

La prueba T, no se puede calcular porque la desviación estándar es cero.

4. Prueba T para el mercurio en la vegetación del humedal

Tabla 58

Estadísticas para una muestra

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
¿Cuál es el valor del mercurio?	4	,9000	,00000 ^a	,00000

a. t no se puede calcular porque la desviación estándar es 0.

Resultados:

La prueba T, no se puede calcular porque la desviación estándar es cero.

5. Prueba T para el plomo en la vegetación del humedal

Tabla 59

Estadísticas para una muestra

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
¿Cuál es el valor del plomo?	4	12,9500	5,39166	2,69583

Prueba para una muestra

Valor de prueba = 800

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
¿Cuál es el valor del plomo?	-291,951	3	,000	-787,05000	-795,6293	-778,4707

Resultados:

La prueba t de comparación de las hojas del humedal (composición plomo) con el estándar D. S. N° 011-2017-MINAM, indica que la presencia de plomo con ($M=12,95$, $SD= 5,39$), y presentan un patrón de dispersión no significativo, $t(4) = -291,951$, $p < 0,000$.

Hipótesis General:

El material particulado impacta negativamente en los humedales marino-costeros de la Región Callao-Perú, periodo 2020-2021.

De la evaluación de las hipótesis específicas se concluye que el material particulado proveniente de las actividades industriales ubicadas en la Avenida Contralmirante Mora impacta negativamente en la calidad del aire (PM2.5), el cual cae en el suelo del humedal por deposición contaminándolo con mercurio en la parte central del humedal.

En el apartado siguiente se procederá a la evaluación del impacto ambiental en el humedal para identificar los impactos importantes con sus respectivas propuestas preventivas, de mitigación o de remediación. Sin embargo, consideramos que es importante evaluar la situación futura del humedal en caso se continúe contaminando con el tamaño de material particulado (PM10, PM2.5), la cual influirá en la calidad del suelo tal como lo demuestran los resultados obtenidos, situación que será evaluada según el método Delphi y su posterior análisis estadístico (Zegarra, 2021).

Para la realización del método Delphi se ha consultado a tres expertos y se ha determinado el promedio Beta y la desviación estándar utilizando la fórmula que se indica a continuación:

$$V_e = (EO + 4EN + EP) / 6$$

$$D_s = (EP - EO) / 6$$

Dónde:

EP = Estimación Pesimista, en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

EN = Estimación Normal en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

EO = Estimación Optimista en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Luego, de manera anual se ha determinado la tabla resumen de la estimación realizada por los tres expertos y por último se ha preparado un resumen de la estimación de los 3 expertos para el periodo [2023 – 2025], valores que se han comparado con la normativa nacional e internacional, seguidamente se ha evaluado estadísticamente.

Tabla 60**Concentración en ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) según experto Alberto Torres año 2023**

Parámetro	Evaluación promedio obtenida de las mediciones	Evaluación Normal EN	Evaluación Optimista EO	Evaluación Pesimista EP	Promedio BETA Según parámetro Ve	Desviación Estándar Ds
PM _{2.5}	31	30	28	38	30.00	1.67
PM ₁₀	51	50	48	58	50.00	1.67

Fuente: Elaboración propia

Tabla 61**Concentración en ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) según experto Michael Romaní año 2023**

Parámetro	Evaluación promedio obtenida de las mediciones	Evaluación Normal EN	Evaluación Optimista EO	Evaluación Pesimista EP	Promedio BETA Según parámetro Ve	Desviación Estándar Ds
PM _{2.5}	31	30	29	34	30.00	0.83
PM ₁₀	51	50	47	62	50.00	2.50

Fuente: Elaboración propia

Tabla 62**Concentración en ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) según experto Erika Salcedo año 2023.**

Parámetro	Evaluación promedio obtenida de las mediciones	Evaluación Normal EN	Evaluación Optimista EO	Evaluación Pesimista EP	Promedio BETA Según parámetro Ve	Desviación Estándar Ds
PM _{2.5}	31	30	25	35	27.50	1.67
PM ₁₀	51	50	45	55	47.50	1.67

Fuente: Elaboración propia

Tabla 63**Resumen de estimación expertos año 2023**

Parámetro	Experto Torres	Experto Romaní	Experto Salcedo	Promedio
-----------	----------------	----------------	-----------------	----------

	PB	DE	PB	DE	PB	DE	Beta	Promedio Desviación Estándar
PM _{2.5}	30.00	1.67	30.00	0.83	27.50	1.67	29.17	1.39
PM ₁₀	50.00	1.67	50.00	2.50	47.50	1.67	49.17	1.95

Fuente: Elaboración propia

Tabla 64

Concentración en ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) según experto Alberto Torres año 2024

Parámetro	Evaluación promedio obtenida de las mediciones	Evaluación Normal EN	Evaluación Optimista EO	Evaluación Pesimista EP	Promedio BETA Según parámetro Ve	Desviación Estándar Ds
PM _{2.5}	31	30	24	39	27.50	2.50
PM ₁₀	51	50	47	62	50.00	2.50

Fuente: Elaboración propia

Tabla 65

Concentración en ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) según experto Michael Romaní año 2024

Parámetro	Evaluación promedio obtenida de las mediciones	Evaluación Normal EN	Evaluación Optimista EO	Evaluación Pesimista EP	Promedio BETA Según parámetro Ve	Desviación Estándar Ds
PM _{2.5}	31	30	25	35	27.50	1.67
PM ₁₀	51	50	45	55	47.50	1.67

Fuente: Elaboración propia

Tabla 66

Concentración en ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) según experto Erika Salcedo año 2024

Parámetro	Evaluación promedio obtenida de las mediciones	Evaluación Normal EN	Evaluación Optimista EO	Evaluación Pesimista EP	Promedio BETA Según parámetro	Desviación Estándar

					Ve	Ds
PM _{2.5}	31	30	25	35	27.50	1.67
PM ₁₀	51	50	48	58	50.00	1.67

Fuente: Elaboración propia

Tabla 67

Resumen de estimación expertos año 2024

Parámetro	Experto Torres		Experto Romani		Experto Salcedo		Promedio Beta	Promedio Desviación Estándar
	PB	DE	PB	DE	PB	DE		
PM _{2.5}	27.50	2.50	27.50	1.67	27.50	1.67	27.50	1.94
PM ₁₀	50.00	2.50	47.50	1.67	50.00	1.67	49.17	1.94

Fuente: Elaboración propia

Tabla 68

Concentración en ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) según experto Alberto Torres año 2025

Parámetro	Evaluación promedio obtenida de las mediciones	Evaluación Normal	Evaluación Optimista	Evaluación Pesimista	Promedio BETA Según parámetro	Desviación Estándar
		EN	EO	EP		
		Ve	Ds			
PM _{2.5}	31	30	25	35	27.50	1.67
PM ₁₀	51	52	46	64	50.00	3.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 69

Concentración en ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) según experto Michael Romani año 2025

Parámetro	Evaluación promedio obtenida de las mediciones	Evaluación Normal	Evaluación Optimista	Evaluación Pesimista	Promedio BETA Según parámetro	Desviación Estándar
		EN	EO	EP		
		Ve	Ds			
PM _{2.5}	31	30	25	35	27.50	1.67
PM ₁₀	51	54	47	58	50.00	1.83

Fuente: Elaboración propia

Tabla 70

Concentración en ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) según experto Erika Salcedo año 2025

Parámetro	Evaluación promedio obtenida de las mediciones	Evaluación Normal EN	Evaluación Optimista EO	Evaluación Pesimista EP	Promedio BETA Según parámetro Ve	Desviación Estándar Ds
PM _{2.5}	31	29	25	36	27.50	1.83
PM ₁₀	51	52	48	56	50.00	1.33

Fuente: Elaboración propia

Tabla 71

Resumen estimación de expertos año 2025

Parámetro	Experto Torres		Experto Romani		Experto Salcedo		Promedio Beta	Promedio Desviación Estándar
	PB	DE	PB	DE	PB	DE		
PM _{2.5}	27.50	1.67	27.50	1.67	27.50	1.83	27.50	1.72
PM ₁₀	50.00	3.00	50.00	1.83	50.00	1.33	50.00	2.06

Fuente: Elaboración propia

Tabla 72

Resumen estimación expertos para el periodo [2023 – 2025]

Año 2023 Promedio Beta	Año 2024 Promedio Beta	Año 2025 Promedio Beta	Promedio
29.17	27.50	27.50	28.06
49.17	49.17	50.00	49.45

Fuente: Elaboración propia

Tabla 73

Evaluación de los resultados versus la normativa

Parámetro	Resultado promedio Juicio de expertos $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Estándares OMS $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM $\mu\text{g}/\text{m}^3$
PM _{2.5}	28.06	15 / No cumple	50 / Cumple
PM ₁₀	49.45	45 / No cumple	100 / Cumple

Fuente: Elaboración propia

Discusión de los resultados:

Si bien los resultados indican que se cumple la normativa ambiental nacional, sin embargo, se incumple la normativa internacional.

La calidad del aire es afectada por el material particulado proveniente de las actividades del entorno del humedal siendo la más significativa la descarga de concentrados mineros y la preparación de la ley que requieren los minerales para la venta. Los resultados obtenidos en los muestreos de los parámetros PM₁₀ y PM_{2.5} comparados con la normativa internacional indican que exceden las Guías de calidad de aire de la Organización Mundial de la Salud (WHO global air Quality Guidelines, 2021) (Para 24 horas :PM₁₀: 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y para el PM_{2.5}: 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), el material particulado en ecosistemas urbanos y no urbanos es una mezcla compleja con características físicas, químicas, además del tamaño de partícula y de la fuente de procedencia del material particulado, las cuales pueden tener efectos relevantes en la salud de la población tal como lo indica Jie Yang et al., (2021) quien señala el impacto negativo en la salud pública relacionado a diferentes escalas espaciales y temporales, tema que si bien es cierto, no ha sido tocado en la presente tesis pero es importante mencionar porque influye en la biodiversidad presente en el humedal.

Según los estudios realizados por el investigador Pui et al., (2014) identifica también al material particulado (PM₁₀, PM_{2.5}) como el principal contaminante de la calidad del aire en

una ciudad China entre los años 2013-2017, por sus efectos negativos en la visibilidad, cambio climático y la salud del hombre asociado a su composición química. Entre las fuentes asociadas está la combustión del carbón, las emisiones vehiculares y la industria. Entre las estrategias para mitigar las emisiones de las centrales eléctricas están los precipitadores electrostáticos y para disminuir las emisiones vehiculares promueve el uso de vehículos EURO 5 y 6.

La investigación de Xiaoyang Li et al., (2019) señala al material particulado y sus relaciones con las condiciones meteorológicas (temperatura, viento, humedad relativa, etc.).

En relación con el estudio realizado por Yunmi Park et al., (2021), el estudio informa que las principales fuentes del material particulado están en el **polvo**, situación similar al caso del humedal, proveniente de las diversas actividades industriales, residenciales que lo rodean; de los combustibles por el uso de Gasoholes, Diésel usados por el parque automotor e industrial de su entorno, cuyas emisiones reaccionan al mezclarse con el oxígeno del aire formando Dióxido de Carbono y Vapor de agua.

Continuando con la evaluación de la calidad del aire según Lioy et al., (2011) en su estudio detectó un hot spot de contaminación de la calidad del aire que afectaba la zona urbana de Camden, Nueva Jersey donde se encontró entre otros elementos evaluados al material particulado PM2.5, relacionado por la dirección del viento caso similar a este tema de estudio por este motivo es importante el diseño de las zonas industriales sostenibles, las cuales deben evaluar su ubicación en conjunto con su entorno para identificar áreas naturales sensibles de contaminación así como la población del entorno.

De igual manera Mo-Keum & Wan-Keum (2006) en su investigación expresan que las residencias cercanas a un complejo industrial están expuestas a elevados niveles de partículas

y metales, como es el caso de las poblaciones asentadas alrededor del sector industrial de este tema de estudio, las cuales siguen creciendo, situación que ocurre ante una falta de planificación de las ciudades.

Para evaluar la concordancia del juicio de los expertos se procedió a graficar los datos obtenidos de los expertos y se observó una línea recta por lo tanto al no cumplir con la normalidad se utilizó la prueba no paramétrica: Concordancia W de Kendall.

Mediante el software estadístico SPSS v 2, previo a la aplicación del software se determinaron las hipótesis:

H₀: No existe concordancia entre los jueces.

H₁: Existe concordancia entre los jueces.

Figura 37

Prueba W de Kendall

→ Pruebas NPar

	N	Media	Desv. Desviación	Mínimo	Máximo
¿Cuál es la valoración del PM2.5?	9	28,0556	1,10240	27,50	30,00
¿Quién es el juez?	9	2,00	,866	1	3
¿Qué año opinó?	9	2,00	,866	1	3

Prueba W de Kendall

	Rango promedio
¿Cuál es la valoración del PM2.5?	3,00
¿Quién es el juez?	1,50
¿Qué año opinó?	1,50

Estadísticos de prueba

N	9
W de Kendall ^a	,818
Chi-cuadrado	14,727
gl	2
Sig. asintótica	,001

a. Coeficiente de concordancia de Kendall

➔ Pruebas NPar

[ConjuntoDatos1]

Estadísticos descriptivos					
	N	Media	Desv. Desviación	Mínimo	Máximo
¿Quién es el juez?	9	2,00	,866	1	3
¿Qué año opinó?	9	2,00	,866	1	3
¿Cuál es la valoración del PM10?	9	49,4444	1,10240	47,50	50,00

Fuente: SPSS

Prueba W de Kendall

Rangos	
	Rango promedio
¿Quién es el juez?	1,50
¿Qué año opinó?	1,50
¿Cuál es la valoración del PM10?	3,00

Estadísticos de prueba

N	9
W de Kendall ^a	,818
Chi-cuadrado	14,727
gl	2
Sig. asintótica	,001

a. Coeficiente de concordancia de Kendall

Fuente: SPSS

El Coeficiente de concordancia de Kendall tanto para el PM2.5 como para el PM10, es de 0,818, el valor de significancia según el SPSS es de 0,001 valor que es inferior a 0,05 por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existe concordancia significativa entre los jueces.

Tabla 74.

Interpretación de los resultados de la W de Kendall

COEFICIENTES	ESCALA DE LOS DATOS	INFORMACIÓN QUE PROVEE	HIPÓTESIS	RECHAZO DE LA H0 E INTERPRETACIÓN
Coeficiente de concordancia W de Kendall	Escala ordinal	El grado de concordancia entre varios rangos de n objetos o individuos. Aplicable a estudios interjuicio o confiabilidad interprueba	Ho: los rangos son independientes, no concuerdan. H ₁ : existe concordancia significativa entre los rangos.	Cuando el valor observado supera el valor crítico (con un nivel de significancia α de 0,05), se rechaza la hipótesis nula (Ho). En otras palabras, se concluye que existe una concordancia significativa entre los rangos asignados por los jueces. Además, la fuerza de la concordancia se interpreta considerando que aumenta a medida que el coeficiente W se acerca a 1. Un valor de W cercano a 1 indica una fuerte concordancia entre las evaluaciones.

Fuente: Escobar y Cuervo, 2008

4.3 Presentación de resultados

El material particulado proveniente de las actividades industriales vecinas al humedal:

- a. Altera la calidad del aire del humedal con material particulado PM2.5.
- b. Altera la calidad de los suelos del humedal evidenciándose presencia de mercurio en la parte central de su ubicación. Estudios científicos sugieren que el mercurio ocasiona una reducción de la actividad microbiológica vital para la cadena alimentaria terrestre. El mercurio causa efectos negativos en los seres vivos porque se bioacumula en el organismo y se biomagnifica es decir se acumula a lo largo de la cadena alimentaria.

Altera la calidad de los suelos industriales por la contaminación con arsénico.

Altera la calidad del suelo residencial por la presencia de arsénico, mercurio y plomo.

Li et al., (2022) investigó a los contaminantes: mercurio, cadmio y cobre en los suelos, en los sedimentos y en las plantas de los humedales situación que coincide con la presencia de mercurio en el humedal.

Entonces ante la presencia de contaminantes en el suelo, una de las soluciones es la fitorremediación, según el investigador Zsarq Ezag et al., (2020) la fitorremediación es una tecnología rentable para eliminar contaminantes orgánicos y entre los inorgánicos se encuentran los metales pesados y utilizando ciertas plantas se puede degradar o convertir los contaminantes en inofensivos para el suelo.

- c. Durante el tiempo de ejecución de la presente tesis no se detectó presencia de agua ni lodo en el humedal.
- d. Respecto al tejido biológico (hojas): No existe normativa para evaluar los resultados de los parámetros detectados en las hojas del humedal, donde se observó presencia de contaminantes, pero no de manera significativa en relación con la cantidad de

contaminantes depositados en los suelos, se presume que los contaminantes depositados en las hojas caen posteriormente por la acción de la gravedad y de los vientos acumulándose en los suelos.

Los estudios realizados por Gillooly et al., (2019) demuestran que las hojas de los árboles de diferentes especies captan la contaminación del aire provenientes de fuentes fijas que puede ser el sector industrial, comercial, parque automotor o residencial que rodea al humedal.

Por su parte Zhou et al., (2023) este estudio analiza la capacidad de retención de material particulado y los mecanismos de las diferentes hojas de plantas. En este estudio se seleccionaron 10 especies de plantas en un parque urbano de Beijing. El material retenido mostró que las especies *Hemerocallis fulva*, *Poa pratensis*, *Acorus calamus*, *Typha orientalis* y *Pragmites communis* tuvieron mejor capacidad de retención de polvo. El estudio concluye que la remediación del material particulado se encuentra en las hojas de las plantas.

Impacto ambiental: Se detectaron los siguientes impactos negativos e impactos negativos moderados, los cuales se describen a continuación:

- Alteración de la calidad del aire por material particulado en suspensión (polvo) en el humedal Alteración de la calidad del suelo por metales pesados.
- Secado del suelo del humedal para construcción de infraestructura deportiva.
- Alteración de la calidad del suelo por almacenamiento inadecuado de residuos.

CAPÍTULO 5. IMPACTOS (OPCIONAL)

5.1 Propuesta para la solución del problema

En primer lugar, debe realizarse las siguientes acciones:

Respecto a la calidad del aire del humedal, Se estima que, si persisten las emisiones de partículas sólidas originadas tanto por las operaciones industriales como por la descarga de minerales concentrados, la contaminación del humedal seguirá aumentando debido a la deposición de estas partículas.

a. Medidas de prevención:

Una de las medidas que deben implementarse en el humedal, es sembrar cercos vivos a su alrededor de manera que retenga el material particulado de las actividades industriales, en un área de 172.5 metros lo cual equivale a sembrar 18 árboles de caucho de nombre científico *Ficus elástica*, los cuales tienen una altura entre 30 a 40 metros, con un tronco que puede alcanzar hasta 2 metros de diámetro. Estos árboles crecen a razón de 60 cm a 1m por año y son árboles que se caracterizan por ser longevos.

En la empresa, donde se descarga los concentrados mineros: De continuar con el sistema de descarga actual, se propone:

- En el caso de los vehículos con brazo hidráulico y de tráileres que ingresan con contenedores proceder como sigue, el vehículo debe estar cubierto por una manta durante la descarga del concentrado para que reduzca el esparcimiento del material particulado.
- El área de preparación de la ley en los concentrados debe tener los techos cerrados y la puerta de entrada de los automóviles deben poseer cortinas industriales de PVC que

permitan la separación de ambientes y la circulación de personas y de vehículos con los concentrados.

Figura 38

Cortina industrial de PVC



Fuente: Elaboración propia

- b. Para mejorar el sistema de descarga, se propone:
- Una de las alternativas que no requieren mucha inversión es que el concentrado se distribuya en sacas de 1 200 a 1 400 kilos, debidamente identificado. Las sacas deben contar con asas para facilitar el traslado y en la parte inferior de la misma debe habilitarse un agujero con zona reforzada y con aditamento en la parte inferior con amarre para facilitar la descarga y el vertido debe ser a una tolva que en la parte inferior se pueda dosificar.

Figura 39

La saca y sus características



Fuente: Elaboración propia

- Entre las medidas de aplicación tecnológica, se sugiere que la descarga del concentrado se realice dentro de un sistema colector de polvo por ciclones los cuales deben instalarse en la zona de descargas. El promedio de eficiencia del ciclón es de aproximadamente el 65%, existe poca pérdida de material, requiere poco mantenimiento, la colección se realiza en seco y los costos de la operación son bajos. Orrala Reyes, (2010).

En relación con la calidad del suelo, recurso natural:

- Medidas de prevención:
 - Estructura de la instalación completamente hermética para prevenir fugas de partículas sólidas con un programa de mantenimiento adecuado y se debe implementar la automatización de sus procesos.
 - Pavimentación impermeable o de doble sistema de contención resistente a los concentrados.
 - Atender los derrames con equipos de absorción (barredora) implementado a la fecha.

- Realizar análisis permanente de suelos del entorno donde se ubica la actividad potencialmente contaminante del suelo y determinar un cronograma de implementación de medidas correctivas a las cuales deben hacerse seguimiento.
- Medidas de control y seguimiento:
 - Realizar monitoreos regulares del suelo después de la implementación de las medidas preventivas y verificar los resultados de las acciones propuestas.
 - Medidas de remediación: Plan de Fitorremediación en el humedal utilizando la planta de nombre científico *Axonopus compressus* y monitorear el suelo después de la implementación de la fitorremediación.

En relación al impacto ambiental

Mediante el software RIAM se obtuvieron impactos negativos moderados negativos y negativos propiamente dichos para los cuales se proponen las siguientes acciones de solución:

Alteración de la calidad del aire por material particulado en suspensión (polvo) en el humedal

- Barreras naturales o cercos vivos (plantar árboles alrededor del humedal).
- Descargar materiales: como medida de control operacional proceder a la humectación de los concentrados durante la descarga.
- Minimizar la altura de la descarga de concentrados mineros.
- En caso de vertido de concentrados mineros tapar inmediatamente.
- Limpieza y recogida del material derramado durante la descarga de concentrados mineros.

Alteración de la calidad del suelo por metales pesados:

Aplicar fitorremediación al suelo del humedal utilizando la especie *Axonopus compressus*.

De la revisión bibliográfica, la planta *Axonopus compressus*, es de especial interés para su uso en este estudio debido a que es común encontrarla en humedales y manglares por lo que no significará la introducción de especies invasoras al ecosistema del humedal.

Para el caso de los suelos de los jardines y del río, según la investigación realizada por Gacia et al., (2021) utilizó la caña común conocida como *Phragmites australis* como un biomonitor dual de los sedimentos y de la calidad del aire porque la pelocidad de la muestra de la planta recolecta de los contaminantes (metales pesados) y los bioconcentran (raíces, rizomas, tallos, hojas y panículas) para eliminarlos de los suelos.

- Revisión de los informes de los monitoreos ambientales de las empresas ubicadas en el entorno del humedal.
- Proponer a las empresas mineras que remitan sus concentrados en sacas cerradas o que la descarga se realice mediante sistemas de control de emisiones por ciclones.

Secado del suelo para construcción de infraestructura deportiva sobre el humedal:

- Difundir los servicios ecosistémicos del humedal marino costero, entre las entidades que rodean al humedal.
- Desarrollar acciones de recuperación de este ecosistema y mapeo de biodiversidad.
- Sensibilizar a la comunidad que rodea al humedal sobre el cuidado de este ecosistema.
- Proponer a las autoridades locales la emisión de normas para su protección.
- Promover la investigación científica en el humedal.

Alteración de la calidad del suelo por almacenamiento inadecuado de residuos:

- Realizar jornadas de limpieza del humedal.
- Impartir concienciación y capacitación sobre la gestión adecuada de los residuos.
- Instalar una zona de acopio de residuos en lugares distintos al del humedal.
- Contratación de Empresa Operadora de Residuos Sólidos.
- Retiro de residuos programados.

5.2 Costos de la implementación de la propuesta

Se presenta una tabla que resume una propuesta.

Tabla 75

Costo Implementación de la propuesta

Tareas	Monto
➤ Sembrado de (18) árboles del caucho <i>Ficus Elástica</i> (barrera o cerco vivo) para evitar que el humedal se siga contaminando.	S/ 2,142.00
➤ Descontaminación de suelos del humedal, aplicando fitorremediación a la extensión de suelo contaminado del humedal:	
Plantas:	
• Sembrado de 5 plántulas por m ² de la especie <i>Axonopus compresus</i> , para 500 m ² se requieren 2,500 plantas. No se ha considerado la compra de plántulas porque se consiguen de manera natural.	S/0.00
• Análisis químico de las plantas contaminadas con mercurio (tres (3) plantas, cada 6 meses durante 2 años, hacen un total de doce (12) muestras.	S/708.00
• Disposición final de plantas contaminadas con mercurio.	S/ 28.50
Terreno:	
• Comprar doscientos cincuenta (250) kilos Humus de lombriz.	S/ 1,650.00
➤ Preparar ciclo de charlas virtual para el personal del entorno directo del humedal.	S/ 1,100.00
➤ Difundir en las universidades la propuesta de temas de investigación en este humedal enviando cartas virtuales a las universidades.	S/ 200.00
Total	S/ 5,828.50

Fuente: Elaboración propia

5.3 Beneficios que aporta la propuesta

- Beneficio al hábitat de la flora y fauna propia del humedal al recuperar los suelos del humedal.
- Mejorar el conocimiento del personal del entorno del humedal.
- Impulsar a la comunidad científica para que levante información y mapee la biodiversidad presente en el humedal.

CONCLUSIONES

- **Calidad del Aire:** El material particulado (PM2.5) afecta la calidad del aire de manera significativa ($p < 0,05$). Toda emisión de material particulado tiene una dimensión geográfica mientras se encuentra suspendido en el aire, además cuenta con una composición y diferentes concentraciones (según la dirección y velocidad del viento), y una dimensión temporal cuando el viento cesa, el material particulado se deposita ya sea en el agua o en el suelo.
- **Calidad del Agua:** Durante el periodo de desarrollo de esta tesis, no se encontró agua en el humedal ni lodos en el humedal, porque durante el periodo de estudio, el humedal se encontraba en periodo de sequía.
- **Calidad del suelo:** El material particulado (composición mercurio) afecta la calidad de los suelos (parte central del humedal) de manera significativa ($p < 0,05$), reduciendo la actividad microbiológica vital para la cadena alimentaria terrestre, afectando a los seres vivos porque se bioacumula y se biomagnifica lo largo de la cadena alimentaria.
- **Calidad de la vegetación:** El material particulado no afecta a la vegetación del humedal ($p > 0,05$) porque no existe normativa de comparación de los resultados obtenidos que indique su grado de afectación, además, la vegetación se utiliza como cerco vivo para detener la migración del material particulado.
- De continuar con las características actuales de operación de las actividades de la zona, el humedal continuará contaminándose degradándose.

- Los Impactos Ambientales generados por el material particulado afectan la calidad del aire por la presencia de partículas (polvo) en el humedal que, además afectan la calidad del suelo con presencia de metales tóxicos.
- El aporte de esta tesis desea poner en valor al humedal, alineado a la normativa nacional D.S. N° 006-2021-MINAM, dado que es un ecosistema valioso que constituye un hábitat de la diversidad biológica, por sus procesos ecológicos y servicios ecosistémicos y su rol estratégico en el riesgo de desastres y en la lucha contra el cambio climático. Este ecosistema se debe conservar para evitar su degradación o desaparición.

RECOMENDACIONES

Respecto a la calidad del aire:

De manera preventiva: sembrar cercos vivos alrededor del humedal, 18 árboles (*Ficus elástica*) para impedir que se siga contaminando.

De manera correctiva: Proponer que la descarga de los concentrados mineros se realice mediante la adopción de un sistema de control de emisiones por ciclones, que disminuye el material particulado hasta en un 65% y que los techos estén completamente cerrados.

Que el Ministerio del Ambiente, modifique los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para zonas de alta concentración de empresas industriales y del sector transportes.

En relación a la calidad del suelo:

Aplicar acciones preventivas: que los techos de la empresa IMPALA TERMINALS sean completamente herméticos, y que la pavimentación de los suelos impermeables, así como que se recolecten los derrames.

Entre las medidas correctivas, ejecutar la Fitorremediación del suelo del humedal contaminado con mercurio, utilizando la planta de nombre científico *Axonopus compressus*.

Sobre la vegetación del humedal:

Ministerio del Ambiente: revisión y emisión de normativa nacional para evaluar el impacto del material particulado en la vegetación.

Continuar con la investigación realizando la evaluación de la calidad del agua y de los lodos del humedal.

Otros:

Efectuar la valoración del humedal, mapear la biodiversidad, determinar la cantidad de CO₂ secuestrado y almacenado en este ecosistema para disminuir Gases de Efecto Invernadero (GEI).

Que el Ministerio del Ambiente fiscalice la calidad del aire y de los suelos de la Avenida Contralmirante Mora.

Que el Ministerio de Salud evalúe la salud de la población (residentes y trabajadores) en los alrededores de la Avenida Contralmirante Mora.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Yang, Liu, Song, Miao, Wang, Xing, Wang, Liu, & Zhao. (2021). Effects of Anthropogenic Emissions from Different Sectors on PM 2.5 Concentrations in Chinese Cities. PMID: 34682613. PMCID: PMC8535752. DOI: 10.3390/ijerph182010869.
- Newton, Icelly, Cristina, Perillo, Turner, Ashan, Cragg, Luo, Tu, Li, Zhang, Ramesh, Forbes, Solidoro, Béjaoui, Gao, Pastres, Kelsey, Taillie, Nhan, Brito, de Lima and Kuenzer. (2020). Anthropogenic, direct pressures on coastal wetlands. <https://doi.org/10.3389/fevo.2020.00144>.
- Shan, Wang, Wang, Liang, Li, Sun. (2020). The pattern and mechanism of air pollution in developed coastal areas of China: From the perspective of urban agglomeration. PMID: 32986700. PMCID: PMC7521894. DOI: 10.1371/journal.pone.0237863.
- He, Zhang, Yao, Che, Gong, Wang, Zhao, Jing. (2020). Source apportionment of particulate matter based on numerical simulation during a severe pollution period in Tangshan, North China. PMID: 32693305. DOI: 10.1016/j.envpol.2020.115133.
- Chung, Lee, Lee. (2011). Characteristics of environmental pollution related with public complaints in an industrial shipbuilding complex, Korea. PMID: 20658359. DOI: 10.1007/s10661-010-1619-9.
- Lioy, Fan, Zhang, Georgopoulos, Wang, Ohman-Strickland, Wu, Zhu, Herrington, Tang, Meng, Jung, Kwon, Hernandez, Bonnanno, Held, and Neal. (2011) Personal and Ambient Exposures to Air Toxics in Camden, New Jersey. *Revista Health Research Institute*. Number 160, august 2011.
- Kim & Jo. (2006). Elemental composition and source characterization of airborne PM (10) at residences with relative proximities to metal-industrial complex. PMID: 16586081. DOI: 10.1007/s00420-006-0102-y.
- Compton Paul, Devuyt Dimitri, Hens Luc and Nath Bahskar. (1999). 1st Edition. *Environmental Management in Practice: Vol 3. Managing the Ecosystem*. Published by Routledge.
- Convención RAMSAR- Ramsar.org recuperado de <https://www.ramsar.org>
World Wildlife Fund: WWW- Endangered species conservation. Recuperado de <https://www.worldwildlife.org>.

- World Wildlife Fund: WWF - Endangered Species Conservation. Recuperado de: <https://www.worldwildlife.org>
- Xu, Chen, Yang, Jiang and Zhang. (2020). Wetland ecosystem services research: A critical review. Elsevier. *Global ecology and conservation*. Volume 22, June 2020, e01027. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01027>.
- Xu, Weng, Yan, Wang, Li, Bi, Li, Cheng, Liu. (2019). Wetlands of International Importance: Status, Threats, and Future Protection. PMID: 31121932. PMCID: PMC6571829. DOI: 10.3390/ijerph16101818.
- Sievers, Brown, Tulloch, Pearson, Haig, Turschwell, Connolly. (2019). The role of vegetated coastal wetlands for marine megafauna conservation. Volume 34, issue 9, September 2019, pages 807-817. <https://oi.org/10.1016/tree.2019.04.004>.
- Wu, Yang, Feng, Song, Chen (2017). Development of an environmental performance indicator framework to evaluate management effectiveness for Jiaozhou coastal wetland special marine protected area, Qingdao, China. *Revista Elsevier*. Volume 142, June 2017. Pages 71-89. <https://oi.org/10.1016/ocecoaman.2017.03.021>.
- Qian, Tang, Wang, Lu, Li, Jin, He. (2021). From source to sink: review and prospects of microplastics in wetland ecosystems. *Revista Elsevier. Sci. Total environ.* 758 March 2021. Article 143633.
- Qian, Tang, Wang, Lu, Li, Jin, He. (2020). From source to sink: review and prospects of microplastics in wetland ecosystems. *Revista Elsevier. Sci. Total Environ.* 758 (2020). Article 143633.
- Zhai, Yan, Rao, Yang. (2021). Microplastics in wetlands: A review on distribution and detection methods. *J civil environ, eng.* 43 (2021). Pp 158-167.
- Li, Wu, Zhang, Yuan, Wu, Shao. A review on microplastics pollution in coastal wetlands. *Watershed ecology and environment*. Volume 5. 2023. Pages 24-37. <https://oi.org/10.1016/wsee.2022.11.010>.
- Barbier (2019), en su estudio “The Value of Coastal Wetland Ecosystem Services” *Revista Elsevier Coastal Wetlands (Second Edition) An Integrated Ecosystem Approach 2019*, pp. 947-964.
- Dolf De Groot, Brander, Finlayson (2018). *Wetland Ecosystem Services*. Institute for land, water and society. Th wetland book I. Springer. Pag. 323-333.

- Sievers, Hale, Kirsten, Parris, Stephen, Swearer. (2017). Impacts of human- induced environmental change in wetlands on aquatic animals. <https://doi.org/10.1111/brv.12358>.
- Van Meter & Basu. (2015). Signatures of human impact: size distributions and spatial organization of wetlands in the Prairie Pothole landscape. <https://doi.org/10.1890/14-0662.1>. *Revista Ecological Applications*.
- Perissinotto, Stretch, Taylor. (2013). Libro Ecology and Conservation of Stuarine ecosystems. Online ISBN: 9781139095723. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9781139095723>.
- Zha, Wang, Feng, An, Qian. (2021). Spatial characteristics of the PM 2.5/PM 10 ratio and its indicative significance regarding air pollution in Hebei Province, China. PMID: 34245364. DOI: 10.1007/s10661-021-09258-w.
- Park, Shin & Lee. (2021). Spatial Association of Urban Form and Particulate Matter. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2021, 18(18), 9428; <https://doi.org/10.3390/ijerph18189428>.
- Li, Song, Zhai, Lu, Kong, Xia, Zhao. (2019). Particulate matter pollution in Chinese cities: Areal-temporal variations and their relationships with meteorological conditions (2015-2017). PMID: 30529935. DOI: 10.1016/j.envpol.2018.11.103.
- Gillooly , Michanowicz, Jackson, Cambal, Shmool, Tunno, Tripathy, Bain, Clougherty. (2019). Evaluating deciduous tree leaves as biomonitors for ambient particulate matter pollution in Pittsburgh, PA, USA. PMID: 31676989. DOI: 10.1007/s10661-019-7857-6.
- Losacco and Perillo. (2018) Particulate matter air pollution and respiratory impact on humans and animals. PMID: 30284710. DOI: 10.1007/s11356-018-3344-9.
- Zhang, Liu, Wu, Yan, Zhu and Yu . (2017). Multi-scale comparison of the fine particle removal capacity of urban forests and wetlands. *Scientific Reports* volume 7, Article number: 46214.
- Kim, Kabir and Kabir. (2015). A review on the human health impact of airborne particulate matter. Elsevier. Volume 74, January 2015, pp 136-143
- Gacia, Soto, Roig and Catalán. (2021). *Phragmites Australis* as a dual indicator (air and sediment) of trace metal pollution in wetlands – the key case of Flix reservoir (Ebro

River). Elsevier. Volume 765, 15 April 2021, 142789.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142789>.

Cong, Zhang, Zhai, Yan, Wu, Wang, Ma, Zhang, Chen. (2020). The blocking effect of atmospheric particles by forest and wetland at different air quality grades in Beijing China. PMID: 30570370. DOI: 10.1080/09593330.2018.1561759.

Liu , Yan, YanWu, Wang, Zhang, Zhang. (2017). Wetlands with greater degree of urbanization improve PM2.5 removal efficiency. PMID: 2943037. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2018.05.131.

Qiu, Liu, Zhu, Mo, Zhang. (2015). Particulate matter assessment of a wetland in Beijing. Revista Elsevier. Journal of Environmental Science. volumen 36, 1 October 2015, Pages 93-101.

Chipoco. (2015). En la tesis “Determinación de la capacidad de adsorción de material particulado en el aire en una especie arbórea *Schinus terebinthifolius* y una rastrera *Aptenia Cordifolia* en el condominio La Quebrada-Cieneguilla”.

Xiang, Wu, Luo, Ding, Zhang. (2013). Impacts of human disturbance on the species composition of higher plants in the wetlands around Dianchi Lake, Yunnan Province of Southwest China. PMID: 24417101.

Li, Wang, Liao, Xiao, Liu, Bai, Li, He. (2022). Heavy metal pollution in coastal wetlands: A systematic review of studies globally over the past three decades. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127312>

Ezaz, Azhar, Rana, Ashraf, Farid, Mansha, Raza Naqvi, Zahoor & Rasool. (2020). Current trends of phytoremediation in wetlands: mechanisms and applications. Springer. Plant ecophysiology and adaptation under climate change: mechanisms and perspectives, pp 747-765.

Fang Han (2018). A review of research on substrate materials for constructed wetlands. Scientific Net. Materials Science Forum volume 913. Pages 917-929. Recuperado de <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.913.917>.

Fabelo (2017). Methodological proposal for contaminated soil recovery. cen. az. [online]. 2017, vol.44, n.1, pp.53-60. ISSN 0253-5777.

- Sun Z, Li J, He T1, Ren P, Zhu H, Gao H, Tian L, Hu X. (2017). Spatial variation and toxicity assessment for heavy metals in sediments of intertidal zone in a typical subtropical estuary (Min River) of China. DOI: 10.1007/s11356-017-9897-1.
- Zhang, Bai, Xin, Zhao, Lu, Jia. (2016). Soil quality assessment of coastal wetlands in the Yellow River Delta of China based on the minimum data set. *Ecological Indicators*. Volume 66, July 2016, Pag. 458-466. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.01.046>.
- Garcia, Y; Ramírez & Sánchez . (2012). Soil quality indicators: A new way to evaluate this resource. *Pastos y Forrajes* [online]. 2012, vol.35, n.2, pp.125-138. ISSN 0864-0394.
- Azizur Rahman, Reichman, De Filippis, Belin, Sany and Hasegawa. (2020). Phytoremediation of toxic metals in soils and wetlands: concepts and applications. Springer. *Environmental remediation technologies for metal-contaminated soils*. Pp 161-195.
- Carabassaab Vincenc (2020). Soil restoration using compost-like-outputs and digestates from non-source-separated urban waste as organic amendments: Limitations and opportunities. *Revista Elsevier*. Volume 255, 1 february 2020, 109909. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109909>.
- Collins, Jolanta Kwiatkowska-Malina, Thornton, Fenton, Malina, Szara. (2020). Restoration of soil quality using biochar and brown coal waste: A review. *Science of The Total Environment*. Volume 722, 20 June 2020, 137852. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137852>.
- Rezania, Park, Rupani, Darajeb, Xu & Shahroshisharaki. (2019). “Phytoremediation potential and control of *Phragmites Australis* as a green phytomass: an overview”. *Revista Springer Environmental Science and Pollution Research* volumen 26, pp., 7428–7441(2019). (Potencial de fitorremediación y control de *Phragmites Australis* como fitomasa verde: una descripción general).
- Bozdogan Sert E, E Turmen M, Cetin M. (2019). Heavy metal accumulation in Rosemary leaves and stems exposed to traffic related pollution near Adan- Iskenderun Highway (Haty Turkey). *Environmental Monitoring and Assessment* volume 191, Article number: 553 (2019).

- Esmaeilzadeh, Karbassi and Darvish Bastami. (2017). Antioxidant response to metal pollution in *Phragmites Australis* from Anzali wetland. PMID: 28341292 DOI: 10.1016/j.marpolbul.2017.03.030.
- Sun, Li, He, Ren, Zhu, Gao, Tian and Hu. (2017). Spacial variation and toxicity assessment for heavy metals in sediments of intertidal zone in a typical subtropical estuary (Min River) of China. PMID: 28825222. DOI: 10.1007/s11356-017-9897-1.
- Wang , Ye, Laws, Yuan, Ding, Zhao. (2017). Surface sediment properties and heavy metal pollution assessment in the Shallow Sea Wetland of the Liaodong Bay. China. PMID: 28549615. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2017.05.051.
- Huang, Zhao, Yu, Song, Geng & Zhuang. (2017). Removal of Cu, Zn, Pb, and Cr from Yangtze Estuary Using the *Phragmites Australis* Artificial Floating Wetlands. DOI: 10.1155/2017/6201048.
- Oyuela Leguizamo, Fernandez Gómez, Gutiérrez Sarmiento. (2016). Native herbaceous plant species with potential use in phytoremediation of heavy metals, spotlight on wetlands — A review. PMID: 27823781 DOI: 10.1016/j.chemosphere.2016.10.075 (2016).
- Zhongchuang Liu, Boning Chen, Liao Wang, Oksana Urbanovich, Liubov Nagorskaya, Xiang Li, Li Tang. (2020). “A review on phytoremediation of mercury contaminated soils”. *Journal of Hazardous Materials* Volume 400, 5 December 2020, 123138. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123138>.
- Sharma, Singh & Machanga. (2015) “Phytoremediation: role of terrestrial plants and aquatic macrophytes in the remediation of radionuclides and heavy metal contaminated soil and water”. *Revista Springer Environmental Science and Pollution Research* volume 22, pp., 946–962 (2015).
- Phillips , Human & Adams. (2014). Wetland plants as indicators of heavy metal contamination. PMID: 25599629. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2014.12.038.
- Sukumaran (2013). “Phytoremediation of Heavy Metals from Industrial Effluent Using Constructed Wetland Technology.” *Applied Ecology and Environmental Sciences* 1, no. 5: 92-97. DOI: 10.12691/aees-1-5-4.
- Bai, Xiao, Cui, Zhang. (2011). Assessment of Heavy Metal Pollution in Wetland Soils from the Young and Old Reclaimed Regions in the Pearl River Estuary, South

China. Environmental Pollution 159(3):817-24.
DOI:10.1016/j.envpol.2010.11.004.

Jianlong Wang & Can Chen. (2009). Biosorbents for heavy metals removal and their future. PMID: 19103274. DOI: 10.1016/j.biotechadv.2008.11.002.

Fang, Liu, You, Tian, Wu, Yang. (2019). Effects of Land Use Types at Different Spatial Scales on Water Quality in Poyang Lake Wetland. PMID: 31854606. DOI: 10.13227/j.hjkx.201903267.

De Castro, Vieira, De Castro, Henrique, Fernández, Ferreira, Barros. (2023). Potential of plant species adapted to semi-arid conditions for phytoremediation of contaminated soils. Elsevier, volume 449. Mayo 2023.

Chamba, Rosado kallinhoff, Thangaswamy, Sanchez, Gasquez. (2017). Erato polymnioides - A novel Hg hyperaccumulator plant in ecuadorian rainforest acid soils with potential of microbe-associated phytoremediation. Elsevier. Volume 188. Pages 633-641.

Ramírez y Hernández Tolerancia a la salinidad en especies cespitosas. Pastos y forrajes en especies cespitosas, vol. 39. Núm.4, pp. 235-245, 2016.

Zine, Midhat, Hakkou, El Adnani, Ouhammou. (2020). Guidelines for a phytomanagement plan by the phytostabilization of mining wastes. Elsevier. Volume 10. November 2020.

Adams, Samimi, Mitterer, Bendix, Beck. (2020). Comparison of pasture types in the tropical Andes: Species composition, distribution, nutritive value and responses to environmental change. Elsevier. Volume 59. March 2022, pages 139-150.

Srivastava, Chahar, Sharma, Swain, Hoyler, Murthy, Scherer, Rupp, Knolle, Maekawa & Schnug. (2019) "Study of Toxic Elements in River Water and Wetland Using Water Hyacinth (Eichhornia Crassipes) as Pollution Monitor". DOI: 10.1002/gch2.201800087.

Wu, Liu, Zhai, Cong, Wang, Ma, Zhang, & Li. (2018). Comparison of dry and wet deposition of particulate matter in near-surface waters during summer. DOI: 10.1371/journal.pone.0199241. PMCID: PMC6013115. PMID: 29927989.

Bullock & Acreman (2003). The role of wetlands in the hydrological cycle. Hydrology and Earth systems science, 7 (3), 358-389.

- Cai, Zhang, Wang, and Li. (2018). An Optimization Model for a Wetland Restoration Project under Uncertainty. DOI: 10.3390/ijerph15122795. PMCID: PMC6313527. PMID: 30544647.
- Palta, Grimm, Groffman. (2017). Accidental urban wetlands: Ecosystem functions in unexpected places. *Journal Frontiers in Ecology and the environment*. Pp 248-256.
- Meli, José Rey Benayas, Balvanera, & Martínez Ramos . (2014). Restoration enhances wetland biodiversity and ecosystem service supply, but results are context-dependent: a meta-analysis. DOI: 10.1371/journal.pone.0093507, PMCID: PMC3990551. PMID: 24743348. Mehrdad Hajibabaei, Editor.
- Morales Saravia. (2019). Recuperado de: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2019/03/Humedales-y-Cambio-Climatico.pdf>
- Bejarano (2014), en su tesis titulada “Plan de Recuperación de los humedales de Bogotá Caso Humedal Juan Amarillo”
- Méndez (2014), en la tesis “Análisis del marco regulatorio e institucional de la problemática del manejo y preservación del ecosistema del Humedal La Vaca” se parte de la definición de humedal.
- Rangel, (2014), en su tesis titulada “Análisis territorial para la conservación de los humedales en la región mediterránea de Baja California, México”.
- Chen, Zhu, Peng, Wu, Wang, Fang, Gao, Zhu, Yang, Tian. (2013). The impacts of climate change and human activities on biogeochemical cycles on the Qinghai- Tibetan Plateau. *Global Change Biology*. Volume 19, Issue 10, p. 2940-2955.
- Yi-Chun Chen, Chao-Lee Lin, Tzeng. (2019). “Assessment and improvement of wetlands environmental protection plans for achieving sustainable development” *Revista ELSEVIER Environmental research*. Volume 169 february 2019. Pp., 280-296.
- Miranda Rodríguez. (2012). Informe N° 226-2012-OEFA/DE. Evaluación de Calidad del aire en cercanías de almacenes de concentrados mineros. Recuperado de: http://visorsig.oefa.gob.pe/datos_DE/PM0203/PM020302/03/IF/IF_226-2012-OEFA-DE.pdf
- Arciniegas Suarez. (2012). Diagnóstico y material particulado: Partículas suspendidas totales y fracción respirable PM10. *Scielo*. Luna Azul ISSN 1909-2474.

- Pastakia, C.M.R. y Madsen, K.N.A. (1995). Rapid Assessment Matrix for use in water relates projects. Dinamarca: DHI group, 1995. Disponible en: <http://www.dhigroup.com/upload/arapidassessmentmatrixforuseinwaterrelatedprojects.pdf>
- Sánchez, Luis Enrique. (2011). Evaluación de impacto ambiental. Conceptos y métodos. Bogotá D.C. (Colombia): Eco e Ediciones. 2011, 479 p.
- Zegarra, Cabrera, Mori. (2019). “Tendencias y escenarios posibles a mediano plazo de la contaminación del aire por fuentes de origen automotriz en Lima Metropolitana”.
- Sergio Hernández Solórzano. (2018). Tesis: Análisis de la percepción en la Contaminación de arroyos urbanos en la Microcuenca el Riíto en Tonalá Chiapas, México. El Colegio de la Frontera Norte.
- Sílvia Bofill-Mas, Pilar Clemente-Casares, Néstor Albiñana-Giménez, Carlos Maluquer de Motes Porta, Ayalkibet Hundesa Gonfa y Rosina Girones Llop (2005). Efectos sobre la salud de la contaminación de agua y alimentos por virus emergentes humanos.
- Natalia Rodríguez Eugenio, FAO Michael Mc Laughlin, Universidad de Adelaida Daniel Pennock, Universidad de Saskatchewan (Miembro del GTIS). (2019). La contaminación del suelo: una realidad oculta. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura.
- Katherine Abad-Auquilla. (2020). El cambio de uso de suelo y la utilidad del paisaje periurbano de la cuenca del río Guayllabamba en Ecuador. Revista Scielo, de Ciencias Ambientales. Vol. 54 Núm. 2 (2020): Julio-Diciembre 2020.
- Muñoz-Iniestra, D. J., López G. F., Hernández M. M., Soler A. A. y López G. J. (2009). Impacto de la pérdida de la vegetación sobre las propiedades de un suelo aluvial. Terra Latinoam vol.27 no.3 Chapingo jul./sep. 2009.
- Evan R Ross , Timothy O Randhir (2021). “Effects of climate and land use changes on water quantity and quality of coastal watersheds of Narragansett Bay” Sci Total Environ. 2022 Feb 10;807(Pt 3):151082. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.151082. Epub 2021 Oct 26.
- Orrala Reyes Alex Guiseppe. (2010). Diseño de un sistema de extracción de material particulado de una planta de arena (trituración y clasificación de polvo). Universidad politécnica salesiana. Sede Cuenca.

- Gómez (2016). Introducción a la metodología de la investigación científica. Editorial Brujas. ISBN: 9875910260, 9789875910263.
- Ñaupas Paitan, Elías Mejía, Liliana Novoa, Alberto Villagómez (2013). “Metodología de la investigación” 3era edición. Perú 2013. Cuarta edición Bogotá Colombia, abril 2014.
- Bernal (2006). Metodología de la investigación. Tercera edición. Pearson.
- Hernández et al., (2014). Metodología de la Investigación. McGraw-Hill/ Interamericana Editores S.A. de C.V. 6ta Edición.
- Anna Font , Timothy Baker, Ian S Mudway, Esme Purdie, Christina Dunster, Gary W Fuller (2014). “Degradation in urban air quality from construction activity and increased traffic arising from a road widening scheme”.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.07.060>
- Sánchez Luis Enrique (2011). “Evaluación del Impacto Ambiental” Conceptos y métodos. Bogotá DC (Colombia). Ecoediciones 2011. 479 p.
- Sánchez Rivas Guadalupe, Nancy Blas Luna, Gustavo Chau Fernández. (2010). “Informe Nacional sobre el estado del ambiente marino del Perú”. Informe de Consultoría Convenio IMARPE-CPPS Callao, diciembre 2010.
- Escobar y Cuervo (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización. Universidad El Bosque, Colombia, Institución Universitaria Iberoamericana, Colombia. Página 33.
- Isabel Amable Álvarez, Jesús Méndez Martínez, Lenia Delgado Pérez, Fernando Acebo Figueroa, Joanna de Armas Mestre, Marta Lidia Rivero Llop (2017). Contaminación Ambiental por ruido. Rev.Med.Electrón. vol.39 no.3 Matanzas may.-jun. 2017.
- R.G. Lacalle, M.P. Bernal, M.J. Alvarez-Robles, R. Clemente. (2023). Phytostabilization of soils contaminated with As, Cd, Cu, Pb, and Zn. Physicochemical, toxicological, and biological evaluations. Revista Elsevier. Soil and Environmental health. Volume 1, Issue 2, June 2023, 100014.
- Bazán et al., (1986), revisada y actualizada por Vega et al., (2022). Manual de prácticas de Edafología del Departamento académico de suelos de la Facultad de agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

- Daniel Ibarra Castillo, José Ariel Ruiz Corral, Diego Raymundo Gonzales Eguiarte, José German Flores Gárnica y Gabriel Díaz Padilla (2009). Distribución espacial del p H en los suelos agrícolas de Zopopan, Jalisco, México.
- Alberto, Aguirre Hernández. (2009). El manejo de la conductividad eléctrica en fertirriego. Centro de investigación en química aplicada, Saltillo Coahuila.
- Wendy M. Ramírez-Suarez y Luis A. Hernández Olivera (2016). Efecto del estrés salino en gramíneas cespitosas pastos y forrajes, vol. 39, núm. 4, pp. 235-245. Estación experimental de pastos y forrajes.
- Universidad de California, agricultura y recursos naturales, ARN publicación 8630, abril 2018. [http:// anrcatalog.ucanr.edu](http://anrcatalog.ucanr.edu).
- JH. Santiz Pérez. Macolla de grama bahía (*Axonopus compressus*) (2018).
- Roy Swarnendu y Chakraborti, Usha. Tropical Grasslands-Forrajes tropicales. Evaluación de la tolerancia a la sal de algunas gramíneas forrajeras nativas de la parte oriental de los Terai-Duar Grasslands en la India. (2017). Vol. 5, n. 3, pp. 129-142.
- Alberto Julca- Otiniano, Liliana Meneses-Florian, Raúl Blas-Sevillano, Segundo Bello-Amez. La materia orgánica importancia y experiencia de su uso en la agricultura. Universidad Agraria La Molina. Idesia v. 24, n.1 Arica abr. 2006.
- Diego Giraldo-Cañas. Revisión del género *Axonopus compressus* (Poaceae: Paniceae): primer registro del género en Europa y novedades taxonómicas. (2008). Instituto de ciencias naturales, facultado de ciencias. Universidad Nacional de Colombia, apartado 7495. Bogotá DC.
- Constitución política del Perú. (1993). Recuperado de <https://www.congreso.gob.pe/Docs/files/documentos/constitucion1993-01.pdf>
- Ley N° 28611 (2005) “Ley General del Ambiente” recuperado de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-28611.pdf>
- Ley N° 26821 (1997), Ley Orgánica para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. Recuperado de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-26821.pdf>.

- Ley N° 26834 (1997) Ley de áreas naturales protegidas, y su Reglamento D.S. N° 038-2001-AG (2001). Recuperado de https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGGAE/ARCHIVOS/2_%20DS%20038-2001-AG.pdf
- Ley N° 26839 (1997), Ley sobre la conservación y aprovechamiento sostenible de diversidad biológica. Recuperado de <https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-conservacion-aprovechamiento-sostenible-diversidad-biologica#:~:text=Ley%20N%C2%B0%2026839%20.,Sostenible%20de%20la%20Diversidad%20Biol%C3%B3gica.&text=La%20presente%20ley%20norma%20la,la%20Constituci%C3%B3n%20Pol%C3%ADtica%20del%20Per%C3%BA>
- Ley N° 29338 (2009) Ley de recursos hídricos. Recuperado de <https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-recursos-hidricos-0#:~:text=La%20presente%20Ley%20regula%20el,en%20lo%20que%20resulte%20aplicable.>
- Decreto Legislativo N° 1278 (2016). Decreto legislativo que aprueba la ley de gestión integral de residuos sólidos. Recuperado de <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-legislativo-que-aprueba-la-ley-de-gestion-integral-d-decreto-legislativo-n-1278-1466666-4/>
- OEFA. “instrumentos básicos para la fiscalización ambiental” recuperado de <https://www.oefa.gob.pe>
- D.S. N° 003-2017-MINAM. Aprueban estándares de calidad ambiental (ECA) para aire y establecen disposiciones complementarias. Recuperado de: <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-003-2017-minam/>
- D.S. N. 004-2017-MINAM (2017), Estándares nacionales de calidad ambiental para agua. Recuperado de <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones-1>
- D.S. N° 009-2013-MINAGRI. “Política nacional forestal y de fauna silvestre”. Recuperado de <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-supremo-que-aprueba-la-politica-nacional-forestal-y-decreto-supremo-n-009-2013-minagri-974599-2/>
- D. S. N° 009-2014-MINAM (2014). Estrategia nacional de diversidad biológica al 2021 y su plan de acción 2014-2018. Recuperado de

<https://sinia.minam.gob.pe/documentos/estrategia-nacional-diversidad-biologica-2021-plan-accion-2014-2018>

D.S. N° 010-2019-MINAM. Decreto supremo que aprueba el Protocolo Nacional de monitoreo de ambiental del aire. Recuperado de: <https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/363557-10-2019-minam>

D.S. N° 011-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo. Recuperado de: <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-011-2017-minam/>

D.S. N.° 012-2017-MINAM “Aprueban criterios para la gestión de sitios contaminados”, recuperado de: [Decreto Supremo N.° 012-2017-MINAM - Normas y documentos legales - Ministerio del Ambiente - Plataforma del Estado Peruano \(www.gob.pe\)](https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/363557-10-2019-minam)

D.S. N° 031-2010-SA. “Reglamento de calidad del agua para consumo humano”. Recuperado de: http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento_Calidad_Agua.pdf

D.S. N° 006-2021-MINAM. “Aprueban las **Disposiciones** generales para la **gestión** multisectorial y descentralizada de los humedales”. Recuperado de [D.S. 006-2021-MINAM.pdf.pdf \(www.gob.pe\)](https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/274664-051-2014-minam)

Resolución Ministerial 051-2014-MINAM “Estrategia nacional de humedales”. Recuperado de <https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/274664-051-2014-minam>

Resolución Ministerial N° 093-2019-MINAM, dispone la pre publicación del Protocolo nacional del monitoreo de la calidad ambiental del aire. Recuperado de: <https://infoaireperu.minam.gob.pe/resolucion-ministerial-n-093-2019-minam/>

Resolución de Consejo Directivo N° 004-2018-OEFA-CD. Tipifican infracciones administrativas y establecen escala de sanciones aplicable a los administrados del sector industria manufacturera y comercio interno bajo el ámbito de competencia del OEFA. Recuperado de: <http://www.oefa.gob.pe/wp-content/uploads/2018/02/RES-004-2018-OEFA-CD-ELPERUANO.pdf>

Guía para el muestreo de suelos en el marco del Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental para suelo. Recuperado de

https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/04/GUIA-MUESTREO-SUELO_MINAM1.pdf

Guía para la evaluación de sitios contaminados y la elaboración de planes dirigidos a la remediación. Ministerio del Ambiente (2021). Recuperado de [Anexo RM 118-2021-MINAM - GUIA DE EVALUACION DGCA.pdf.pdf \(www.gob.pe\)](#)

Diagnóstico de la gestión de la calidad ambiental del aire de Lima y Callao (2019). Comisión multisectorial para la gestión de la iniciativa del aire limpio para Lima y Callao. Recuperado de [file:///C:/Users/izega/Downloads/diagnostico_calidad_aire.pdf](#)

Estaciones astronómicas del Perú, recuperado de la plataforma digital única del Estado Peruano. Recuperado de <https://www.gob.pe/11000-fechas-de-las-estaciones-astronomicas-en-el-peru>

Tabla de velocidades del viento. Recuperado de <https://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/tablas-de-velocidades-del-viento.htm>

Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health. (2007). Recuperado de: https://www.esdat.net/environmental%20standards/canada/soil/rev_soil_summary_tbl_7.0_e.pdf

World Health Organization. (2021). WHO global air Quality guidelines. Particle matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, Sulphur dioxide and carbon monoxide.

World Health Organization (2021). Contaminación del aire ambiente exterior. Recuperado de: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health#:~:text=Materia%20particulada,-Valores%20fijados%20por&text=Adem%C3%A1s%20de%20estos%20valores%20C%20las,altas%20a%20otras%20m%C3%A1s%20bajas.](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health#:~:text=Materia%20particulada,-Valores%20fijados%20por&text=Adem%C3%A1s%20de%20estos%20valores%20C%20las,altas%20a%20otras%20m%C3%A1s%20bajas.)

ANEXOS

Tabla 76

Estándares de Calidad Ambiental de Aire D.S.003-2017-MINAM

Parámetros	Periodo	Valor (ug/m ³)	Criterio de evaluación	Método de análisis ⁽¹⁾
Benceno (C ₆ H ₆)	Anual	2	Media aritmética anual	Cromatografía de gases
Dióxido de Azufre (SO ₂)	24 horas	250	NE más de 7 veces al año	Fluorescencia ultravioleta (método automático)
	24 horas	50	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración
PM-2.5	Anual	25	Media aritmética anual	(Gravimetría)
	24 horas	100	NE más de 3 veces al año	Separación inercial/filtración
PM-10	Anual	50	Media aritmética Anual	(Gravimetría)
				Espectrometría de absorción atómica de vapor frío (CVAAS)
Mercurio Gaseoso Total – Hg ⁽²⁾	24 horas	2	No exceder	o
				Espectrometría de fluorescencia atómica de vapor frío (CVAFS)
				o
				Espectrometría de absorción atómica Zeeman (Métodos automáticos)
Ozono (O ₃)	8 horas	100	Máxima media diaria	Fotometría de absorción ultravioleta (Método automático)
			NE más de 24 veces al año	
Monóxido de Carbono	1 hora	30 000	NE más de 1 vez al año	Infrarrojo no dispersivo (NDIR)
	8 horas	10 000	Media aritmética móvil	(Método Automático)
Dióxido de Nitrógeno	1 hora	200	NE más de 24 veces al año	Quimioluminiscencia
	Anual	100	Media aritmética anual	(Método automático)

Plomo en PM ₁₀	Mensual	1,5	NE más de 4 veces al año	Espectrofotometría de absorción atómica
	Anual	0,5	Media aritmética de los valores mensuales	
Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S)	24 horas	150	Media aritmética	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)

Fuente: MINAM

Tabla 77.

Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, D.S. N° 004-2017-MINAM. - Categoría 4: Conservación de ambiente acuático

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
FÍSICOS- QUÍMICOS						
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Libre	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	(µS/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO ₃ ⁻) (c)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoniaco Total (NH ₄ ⁺)	mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	≤ 30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2
INORGÁNICOS						
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio Disuelto	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081
ORGÁNICOS						
Compuestos Orgánicos Volátiles						
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
BTEX						
Benceno	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Hidrocarburos Aromáticos						
Benzo(a)Pireno	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Antraceno	mg/L	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Fluoranteno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Bifenilos Policlorados						
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,000014	0,000014	0,000014	0,00003	0,00003
PLAGUICIDAS						
Organofosforados						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Paratión	mg/L	0,000013	0,000013	0,000013	**	**
Organoclorados						
Aldrin	mg/L	0,000004	0,000004	0,000004	**	**
Clordano	mg/L	0,0000043	0,0000043	0,0000043	0,000004	0,000004
DDT (Suma de 4,4'-DDD y 4,4'-DDE)	mg/L	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
Dieldrin	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000019	0,0000019
Endosulfán	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000087	0,0000087
Endrin	mg/L	0,000036	0,000036	0,000036	0,0000023	0,0000023
Heptacloro	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
Heptacloro Epóxido	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036
Lindano	mg/L	0,00095	0,00095	0,00095	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Carbamato						
Aldicarb	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,00015	0,00015
MICROBIOLÓGICO						
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	2 000	1 000	2 000

- (a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).
(b) Después de la filtración simple.
(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N (NO_3^- -N), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO_3^-).
 Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 5:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
 - Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.
- (1) Aplicar la Tabla N° 1 sobre el estándar de calidad de concentración de Amoniac Total en función del pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH_3) que se encuentra descrita en la Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales.
- (2) Aplicar la Tabla N° 2 sobre Estándar de calidad de Amoniac Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios (mg/L de NH_3).

Informe de opinión sobre el instrumento de investigación científica

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto:

Institución donde labora:

Especialidad:

Instrumento de evaluación:

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados de manera apropiada y libre de ambigüedades según los parámetros a evaluar.					
OBJETIVIDAD	Las instrucciones del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable, en sus dimensiones.					
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia según el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Material particulado.					
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan coordinación entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permite hacer inferencias en relación al problema y objetivos e hipótesis de la investigación.					
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable y dimensiones.					
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio: Impacto Ambiental.					
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Material particulado e impacto ambiental.					
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación desarrollo tecnológico e innovación.					
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					

(Nota: tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41, lo que indica que un puntaje menor considera al instrumento no valido ni aplicable).

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

APLICABLE.....

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

Lima, de del 2022

Tabla para medir la valoración de las variables material particulado

PM10 y PM2.5

Instrucciones:

Estimado (a) ingeniero (a), la presente tiene por finalidad conocer la valoración del material particulado de las actividades industriales que se desarrollan en el entorno del humedal ubicado en la Avenida Contralmirante Mora, en función a su experiencia. Esta información es anónima y reservada y será usada para fines de investigación. Por lo expuesto, agradeceré brindar información con objetividad teniendo en cuenta las siguientes opciones:

En primer lugar, se informa la evaluación promedio obtenida de las mediciones realizadas a través del monitoreo ambiental en el humedal, en las estaciones de verano y primavera.

Se requiere que según su experiencia coloque los valores de la:

Evaluación normal: son valores que cabe esperar y que son el promedio de tendencias actuales, según los resultados del monitoreo ambiental realizado.

Evaluación optimista: son los valores inferiores a la evaluación normal.

Evaluación pesimista: son los valores superiores a la evaluación normal.

Tabla

Concentración en ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) según experto.....

Parámetro	Evaluación promedio obtenida de las mediciones	Evaluación Normal EN	Evaluación Optimista EO	Evaluación Pesimista EP
PM _{2.5}	31			
PM ₁₀	51			

INFORME DE OPINIÓN SOBRE EL PLAN DE FITORREMEDIACIÓN

V. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto:

Institución donde labora:

Especialidad:

VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados de manera apropiada y libre de ambigüedades según los parámetros a evaluar.					
OBJETIVIDAD	Las instrucciones del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre el plan de fitorremediación.					
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia según el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente al plan en evaluación.					
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan coordinación, de manera que permite hacer inferencias en relación al plan propuesto para eliminar el problema de contaminación del suelo.					
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con el plan de fitorremediación.					
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación.					
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento permitirá analizar, describir, explicar y solucionar la contaminación del suelo.					
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con el índice de compuestos presentes en el suelo y el índice de alteración de calidad del suelo.					
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuesto responden al propósito de la investigación desarrollo tecnológico e innovación.					
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					

(Nota: tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41, lo que indica que un puntaje menor considera al instrumento no válido ni aplicable).

VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

APLICABLE.....

.....

.....

VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

Lima, de mayo del 2023

Firma

Plan de Fitorremediación

Instrucciones:

Estimado (a) ingeniero (a), la presente tiene por finalidad conocer la valoración del plan de fitorremediación propuesto para eliminar mercurio del humedal ubicado en la Avenida Contralmirante Mora, en función a su experiencia. Esta información es anónima y reservada y será usada para fines de investigación. Por lo expuesto, agradeceré brindar información con objetividad teniendo en cuenta lo siguiente:

La información se ha dispuesto en columnas:

La primera columna divide al plan (antes, durante y después del plan de fitorremediación), la segunda y la tercera columna cita al plan de manejo según Zine et al., (2020) indica la metodología seleccionada, las características del suelo, las características meteorológicas, las características de la planta seleccionada, técnicas que mejoran la remoción del mercurio y la evaluación del desempeño del plan y la cuarta columna cita la definición, los resultados del análisis del suelo en el humedal, y los comentarios a partir de los resultados.

Plan de Fitorremediación

		Plan de Fitorremediación según Zine et al., (2020) y de los estudios de Zhongchuang Liu et al., (2020)	Plan de Fitorremediación para humedales marino costeros	
Consideraciones antes de la fitorremediación	Método	Medio: Técnica:		
	Características del suelo	Entre las características físico químicas más importantes del suelo encontramos a la textura, la capacidad de intercambio catiónico, la conductividad eléctrica, el pH y la materia orgánica, características que están relacionadas.		
		Textura	Definición:	
			Resultados del análisis de suelo en el humedal:	
			Comentarios:	
		Capacidad de Intercambio catiónico Cmol (+) kg	Definición:	
			Resultados del análisis del suelo en el humedal:	
			Comentarios:	
		p H	Definición:	
			Resultados del análisis del suelo en el humedal:	
			Comentarios:	
		Conductividad eléctrica dS/m	Definición:	
			Resultados del análisis del suelo en el humedal:	
Comentarios:				
Materia orgánica, arcillas y minerales oxidados %	Definición:			
	Resultados:			
	Comentarios:			

	Características de la planta	<p> Criterios para seleccionar la especie de planta: a. Fácil de establecer y de rápido crecimiento. b. Adaptación y tolerancia a las condiciones climáticas del lugar c. Elegir la especie nativa para evitar riesgos de especies invasoras y afectación a la biodiversidad local. d. Resistencia físico-químicas adversas del sustrato, p H, alta concentración de metales pesados, textura heterogénea e. Debe crecer en sinergia con otras especies de plantas. f. Las plantas seleccionadas deben ser auto sostenibles y no requieren mucho cuidado en términos de calidad de suelo y riego. g. Optimizar el momento adecuado para plantar considerando mejores condiciones de humedad h. Eficiencia en la remediación </p>	
		<p> Evaluar el desempeño de la especie frente a los metales pesados </p>	
Condiciones durante la Fitorremediación		<p> Evaluar la capacidad de la especie para regenerarse y reproducirse en condiciones severas </p>	
		<p> Sembrar la especie seleccionada en sustrato </p>	
		<p> Evaluar el comportamiento de la especie: capacidad de bioacumulación de las plantas mediante análisis químicos </p>	
		<p> Evaluar el comportamiento de la especie: capacidad de bioacumulación de las plantas mediante análisis químicos </p>	
	Evaluación y criterios	<p> a. Observe la calidad de la cobertura vegetal b. Contenido de nutrientes c. Valoración del factor de traslocación y de bioconcentración </p>	
	Técnicas que mejoran	<p> Biodisponibilidad y heterogeneidad de mercurio en los suelos </p>	
Después de la Fitorremediación	Evaluación del desempeño del plan		
Comentarios finales			

