



Esta obra está bajo una  
[Licencia Creative Commons  
Atribución - 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)  
Vea una copia de esta licencia en  
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>





**FACULTAD DE ECOLOGÍA**  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Tesis

# **Evaluación de riesgos ambientales en las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca, El Dorado, 2023**

Para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

**Autor:**

Marco Antonio Valles Ríos  
<https://orcid.org/0000-0003-1675-3165>

**Asesor:**

Ing. M.Sc. Alfonso Rojas Bardalez  
<https://orcid.org/0000-0001-9345-5474>

**Coasesor:**

Ing. Dr. Andi Lozano Chung  
<https://orcid.org/0000-0002-2794-1535>

**Moyobamba, Perú**

**2024**



**FACULTAD DE ECOLOGÍA**  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Tesis

# **Evaluación de riesgos ambientales en las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca, El Dorado, 2023**

Para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

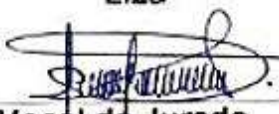
**Autor:**


Marco Antonio Valles Ríos

Sustentado y aprobado el 28 de octubre del 2024, ante el honorable jurado:

  
\_\_\_\_\_  
**Presidente de Jurado**  
Ing. Dr. Yrwin Francisco Azabache  
Liza

  
\_\_\_\_\_  
**Secretario de Jurado**  
Ing. M.Sc. Luis Armando Cuzco  
Trigozo

  
\_\_\_\_\_  
**Vocal de Jurado**  
Ing. M.Sc. Stanler Irigoín  
Vásquez

  
\_\_\_\_\_  
**Asesor**  
Ing. M.Sc. Alfonso Rojas  
Bardalez

  
\_\_\_\_\_  
**Chasesor**  
Ing. Dr. Andi Lozano Chung

**Moyobamba, Perú**

**2024**



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DEL INFORME FINAL DE TESIS  
CONDUCENTES A TÍTULO PROFESIONAL N.º 038-2024-UNSM/EPIA/UI**

Jurado reconocido con Resolución N.º 329-2022-UNSM/CFT/FE, Moyobamba 29 de setiembre del 2022, modificado con Resolución N.º 168-2024-UNSM/CF/FE, Moyobamba 25 de abril de 2024, y modificado con Resolución N.º 431-2024-UNSM/CF/FE, Moyobamba 29 de agosto de 2024.

**FACULTAD DE ECOLOGÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

A las 17: 00 horas, del día lunes 28 de octubre del 2024, se dio inicio al acto público de sustentación del informe final de tesis: **Evaluación de riesgos ambientales en las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca, El Dorado, 2023**, para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental, presentado por **Marco Antonio Valles Ríos**, con la asesoría del **Ing. M.Sc. Alfonso Rojas Bardález** y co-asesor: **Ing. Dr. Andi Lozano Chung**.

Instalada la Mesa Directiva conformada por el **Ing. Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza** (Presidente del jurado), **Ing. M. Sc. Luis Armando Cuzco Trigozo** (Secretario), **Ing. M.Sc. Stanler Irigoín Vásquez** (Vocal) y acompañado por el **Ing. M.Sc. Alfonso Rojas Bardález** (Asesor) y co-asesor: **Ing. Dr. Andi Lozano Chung**, el presidente del jurado dirige brevemente unas palabras y a continuación el secretario dio lectura a la **Resolución N° 345-2023-UNSM/CF/FE, de fecha 29 de agosto de 2023**.

Seguidamente el autor expuso el informe final de tesis y el jurado realizó las preguntas pertinentes, respondidas por el sustentante y evaluado por el jurado con la venia del asesor.

Una vez terminada la ronda de preguntas el jurado procedió a deliberar para determinar la calificación final, para lo cual dispuso un receso de quince (15) minutos, con participación del asesor con voz, pero sin voto; sin la presencia del sustentante y otros participantes del acto público.

Luego de aplicar los criterios de calificación con estricta observancia del principio de objetividad y de acuerdo con los puntajes en escala vigesimal (de 0 a 20), según el Anexo 4.2 del RG-CTI, la nota de sustentación otorgada resultante del promedio aritmético de los calificativos emitidos por cada uno de los miembros del jurado fue...**QUINCE**...**(15)**, tal como se deja constar en la siguiente descripción.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN  
FACULTAD DE ECOLOGÍA  
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



De acuerdo con el Artículo 40° del RG-CTI, la nota obtenida es APROBATORIA y correspondiente a la calificación de BUENO. Leído este resultado en presencia de todos los participantes del acto de sustentación, el secretario dio lectura a las observaciones subsanables al informe final que el autor deberá corregir y alcanzar al jurado en un plazo máximo de treinta (30) días calendarios.

Se deja constancia que la presente acta se inscribe en el Libro de sustentaciones N° 001 del Programa de Estudios de Ingeniería Ambiental de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ecología de la UNSM.

Firman los integrantes de la Mesa Directiva y el autor del informe final tesis, en señal de conformidad, dando por concluido el acto a las 19:00 horas, el mismo día 28 de octubre del 2024.

Ing. Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza  
**Presidente de Jurado**

Ing. M. Sc. Luis Armando Cuzco Trigozo  
**Secretario de Jurado**

Ing. M.Sc. Stanler Irigoín Vásquez  
**Vocal del Jurado**

Ing. M.Sc. Alfonso Rojas Bardález  
**Asesor**

Ing. Dr. Andy Lozano Chung  
**Co-Asesor**

Marco Antonio Valles Ríos  
**Autor**

## Declaratoria de autenticidad

**Marco Antonio Valles Ríos**, con DNI N° 75216692, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín, autor de la tesis titulada: **Evaluación de riesgos ambientales en las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca, El Dorado, 2023.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencia de las fuentes bibliográficas consultadas, siguiendo las normas APA actuales
3. Toda información que contiene la tesis no ha sido plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín.

Tarapoto, 28 de octubre de 2024.



---

**Marco Antonio Valles Ríos**  
DNI N° 75216692



## Ficha de identificación

<p><b>Título del proyecto</b> Evaluación de riesgos ambientales en las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca, El Dorado, 2023.</p>	<p><b>Área de investigación:</b> Ciencia y Tecnología Ambiental  <b>Línea de investigación:</b> Calidad Ambiental  <b>Sub Línea de investigación:</b> Contaminación del agua  <b>Grupo de investigación:</b> Calidad Ambiental  Resolución N° 183-2024-UNSM/CF/FE  <b>Tipo de investigación:</b>  Básica <input checked="" type="checkbox"/>, Aplicada <input type="checkbox"/>, Desarrollo experimental <input type="checkbox"/></p>
<p><b>Autor:</b> Marco Antonio Valles Ríos</p>	<p>Facultad de Ecología Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental <a href="https://orcid.org/0000-0003-1675-3165">https://orcid.org/0000-0003-1675-3165</a></p>
<p><b>Asesor:</b> Ing. M.Sc. Alfonso Rojas Bardalez</p>	<p><b>Dependencia local de soporte:</b> Facultad de Ecología Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental Unidad o Laboratorio Ingeniería Ambiental <a href="https://orcid.org/0000-0001-9345-5474">https://orcid.org/0000-0001-9345-5474</a></p>
<p><b>Coasesor:</b> Ing. Dr. Andi Lozano Chung</p>	<p><b>Dependencia local de soporte:</b> Facultad o Institución: Ecología Unidad o Laboratorio: Ingeniería Ambiental País: Perú <a href="https://orcid.org/0000-0002-2794-1535">https://orcid.org/0000-0002-2794-1535</a></p>

## **Dedicatoria**

A Dios por ser mi refugio y fortaleza en cada paso que doy y dotarme de buena salud, sabiduría, por ser siempre mi guía y luz antes las adversidades de la vida.

A mi madre Leonila Ríos, por proporcionarme la existencia, por brindarme su amor incondicional, su sacrificio y su constante apoyo en el transcurso de mi existencia en mi complicada trayectoria académica. Además, por enseñarme a nunca rendirme y mostrarme el camino correcto inculcándome valores y visionarme a ser un profesional exitoso.

A mi padre Marcelo Valles, por haberme apoyado, guiado, impulsado y por haber sido un soporte primordial para dar este primer paso en mi vida universitaria.

A mis hermanos Portulio y Giovana, que siempre han compartido conmigo momentos felices y tristes, pero sobre todo siempre estaban para mí en este camino muy difícil; ese gesto de gratitud, siempre lo tendré siempre en mi vida.

Y a Lia, mi novia; por su paciencia, su amor sincero y por incentivar me siempre a ser mejor persona y profesional cada día. Y a mi tío Jorge Valles, por apoyarme, aconsejarme y motivarme a lograr todos mis objetivos trazados.

Marco Antonio

## **Agradecimientos**

A Dios, fuente de sabiduría y guía, le agradezco por iluminar mi sendero, por darme fuerzas en los momentos difíciles y por permitirme llegar hasta aquí. Sin su amor y protección, nada de esto hubiera sido posible.

A la Universidad Nacional de San Martín mi alma mater, por brindarme un espacio de aprendizaje y crecimiento, por abrirme puertas y por ser mi hogar académico. Aquí he forjado amistades, he adquirido conocimientos y he vivido experiencias que atesoro.

A mis progenitores, cuyo amor irrestricto y sacrificio han simbolizado mi gran moción, les agradezco por su apoyo constante. Mamá, papá, su confianza en mí ha sido mi motor para seguir adelante.

A mis hermanos, a mi novia y a mi tío, quienes han sido cómplices en esta travesía, por ser mi refugio y mi motivación constante y gracias a su aliento y cariño he aprendido enfrentar los desafíos de la vida profesional.

Y finalmente, a mí mismo, por el sacrificio, la pasión y la determinación que he puesto en cada página escrita, en cada experimento realizado y en cada presentación. Hoy celebro mi esfuerzo y mi dedicación.

¡Gracias a todos por ser parte de mi historia!

Con cariño, Marco.

## Índice general

Ficha de identificación.....	6
Dedicatoria.....	7
Agradecimientos .....	8
Índice general.....	9
Índice de tablas .....	11
Índice de figuras.....	13
RESUMEN .....	14
ABSTRACT .....	15
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN .....	16
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO .....	19
2.1. Antecedentes de la investigación.....	19
2.2. Fundamentos teóricos.....	21
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS .....	29
3.1. Ámbito de la investigación .....	29
3.1.1.Contexto de la investigación .....	29
3.1.2.Periodo de ejecución.....	29
3.1.3.Autorizaciones y permisos .....	29
3.1.4. Control ambiental y protocolos de bioseguridad.....	30
3.1.5. Aplicación de principios éticos internacionales.....	30
3.2. Sistema de variables.....	30
3.2.1 Variables principales .....	30
3.3. Procedimientos de la investigación .....	32
3.3.1. Objetivo específico 1 .....	32
3.3.2. Objetivo específico 2 .....	35
3.3.2.Objetivo específico 3.....	37
3.3.3.Objetivo específico 4.....	38
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40

4.1. Peligros y escenarios presentes en el área de influencia de la laguna de oxidación de aguas residuales .....	40
4.1.1. Percepción de la población sobre los riesgos ambientales en las lagunas de oxidación de aguas residuales.....	40
4.1.2. Comparación de las concentraciones de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en las aguas de las lagunas de oxidación en Agua Blanca ....	41
4.1.3. Fuentes de peligro identificados en el área de las aguas de las lagunas de oxidación en Agua Blanca .....	43
4.1.4. Definición del suceso iniciador en el área de las aguas de las lagunas de oxidación en Agua Blanca .....	44
4.1.5. Escenarios formulados en el área de las aguas de las lagunas de oxidación en Agua Blanca .....	45
4.2. Probabilidad y gravedad de las consecuencias generado por las lagunas de oxidación de aguas residuales .....	47
4.3. Nivel de riesgo ambiental generado por las lagunas de oxidación de aguas residuales.....	49
4.3.1. Caracterización de los riesgos ambientales en las lagunas de oxidación de aguas residuales.....	51
4.4. Medidas para el control de riesgos ambientales generado por lagunas de oxidación de aguas residuales .....	51
CONCLUSIONES .....	54
RECOMENDACIONES .....	55
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	56
ANEXOS .....	62

## Índice de tablas

Tabla 1	<i>Ventajas y desventajas de las lagunas de oxidación</i>	26
Tabla 2	<i>Impactos ambientales y socioeconómicos de las lagunas de oxidación</i>	27
Tabla 3	<i>Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR</i>	28
Tabla 4	<i>Descripción de variables por objetivo específico</i>	30
Tabla 5	<i>Rangos de estimación probabilística</i>	35
Tabla 6	<i>Formulario para la estimación de la gravedad de las consecuencias</i>	36
Tabla 7	<i>Rangos de límites para el entorno humano, ecológico y socioeconómico para la valoración de la gravedad de consecuencias</i>	36
Tabla 8	<i>Valoración de escenarios identificados</i>	36
Tabla 9	<i>Estimador del riesgo ambiental</i>	37
Tabla 10	<i>Escala de evaluación de riesgos ambientales</i>	38
Tabla 11	<i>Características de la población encuestada</i>	40
Tabla 12	<i>Correlación de Pearson de la variable Identificación de peligros y escenario y la variable peligro de los encuestados en el distrito de Agua Blanca</i>	40
Tabla 13	<i>Correlación de Pearson de la variable Identificación de peligros y escenario y la variable escenario de los encuestados en el distrito de Agua Blanca</i>	41
Tabla 14	<i>Resumen de análisis de varianza y Tukey de las concentraciones de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en las aguas de las lagunas de oxidación en Agua Blanca</i>	41
Tabla 15	<i>Ficha de identificación de peligros en el área de estudio</i>	43
Tabla 16	<i>Criterios de consideración para la definición del evento de elementos de riesgo humano</i>	44
Tabla 17	<i>Criterios de consideración para la definición del evento de elementos de riesgo ecológico</i>	44
Tabla 18	<i>Criterios de consideración para la definición del evento de elementos de riesgo socioeconómico</i>	45
Tabla 19	<i>Criterios a considerar para la formulación de escenarios en la laguna de oxidación del distrito de Agua Blanca</i>	45
Tabla 20	<i>Matriz de probabilidad de las consecuencias por las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca</i>	47
Tabla 21	<i>Gravedad de las consecuencias del escenario por humanos generado por las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca</i>	48
Tabla 22	<i>Gravedad de las consecuencias del escenario ecológico generado por las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca</i>	48

Tabla 23 <i>Gravedad de las consecuencias del escenario por humanos generado por las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca</i> .....	49
Tabla 24 <i>Estimación del nivel de riesgo ambiental con el elemento de riesgo para humanos por la laguna de oxidación del distrito de Agua Blanca</i> .....	49
Tabla 25 <i>Estimación del nivel de riesgo ambiental con el elemento de riesgo ecológico por la laguna de oxidación del distrito de Agua Blanca</i> .....	50
Tabla 26 <i>Estimación del nivel de riesgo ambiental con el elemento de riesgo socioeconómico por la laguna de oxidación del distrito de Agua Blanca</i> .....	50
Tabla 27 <i>Matriz de medidas preventivas en el factor humanos para los riesgos ocasionado por la laguna de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca</i> .....	51
Tabla 28 <i>Matriz de medidas preventivas en el factor ecológico para los riesgos provocados por la laguna de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca</i> .....	52
Tabla 29 <i>Matriz de medidas preventivas en el factor socioeconómico para los riesgos ocasionados por la laguna de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca</i> .....	52

## Índice de figuras

Figura 1 <i>Estimación del riesgo ambiental</i> .....	21
Figura 2 <i>Criterios para la evaluación optima del riesgo ambiental</i> .....	22

## RESUMEN

Evaluación de riesgos ambientales en las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca, El Dorado, 2023.

La evaluación de riesgos ambientales es considerado como una herramienta que hace posible la investigación y el estudio de los problemas existentes dentro del campo ambiental, para este caso, se hace mención a las lagunas de oxidación del distrito de Agua Blanca, que desarrolla un proceso natural de autodepuración de las aguas residuales y se caracteriza por su alta eficiencia, bajo costo y nulo consumo de energía, pero su falta de mantenimiento e inoperancia le convierte en un peligro para el entorno natural, humano y socioeconómico. El ojetivo general del estudio fue “Evaluar los riesgos ambientales en las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca, El Dorado, 2023”. Se realizó el proyecto en el distrito de Agua Blanca, provincia El Dorado. La muestra de estudio estuvo constituida por el área de influencia directa (3 110 m<sup>2</sup>) e indirecta (126 430 m<sup>2</sup>) de las lagunas de oxidación y por 45 litros de agua residual. Considerando la “Guía de evaluación de riesgos ambientales” del Ministerio del Ambiente (2010) se realizó la identificación de los peligros y escenarios en el área de influencia de las lagunas de oxidación, además, se estimaron la probabilidad y gradad de las consecuencias, el nivel de riesgo ambiental para el entorno humano, ecológico y socioeconómico, y, por último, se propuso una serie de medidas para controlar los riesgos ambientales generados por las lagunas de oxidación; se utilizaron técnicas como la encuesta para evaluar la percepción de la población sobre los peligros y escenarios, y se empleó la observación directa con fichas de recolección de datos para evaluar el riesgo ambiental. La percepción de los peligros y escenarios guardó una relación significativa y positiva fuerte solo escenarios de riesgos, el efluente de las lagunas de oxidación cumplió los límites máximos permisibles (LMP) del Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, se identificaron peligros como generación de efluente, residuos sólidos, sustancias tóxicas y otros, y los escenarios de riesgo más relevantes fueron los efluentes, suelo, lagunas, ríos y quebradas; asimismo, se reportó consecuencias muy probables y graves como contaminación de recursos naturales y, la alteración del agua, el ambiente y la salud para el entorno humano y ecológico; además, se encontró que el entorno ecológico y humano presentaron un riesgo ambiental significativo (60 %) y moderado (100 %), respectivamente, en cambio el entorno socioeconómico presentó un riesgo ambiental no significativo (18 %); finalmente, se proponen un conjunto de medidas para controlar los riesgos ambientales identificados. Se concluye que, las lagunas de oxidación del distrito de Agua Blanca generan riesgos ambientales moderados (59,3 %).

**Palabra clave:** Efluentes, escenario, exposición, impactos, riesgos.

## ABSTRACT

Environmental risk assessment in the wastewater oxidation lagoons of the Agua Blanca district, El Dorado, 2023.

The environmental risk assessment is considered as a tool that makes possible the investigation and study of existing problems within the environmental field. In this case, mention is made of the oxidation ponds of the Agua Blanca district, which develops a natural process of self-purification of wastewater and is characterized by its high efficiency, low cost and zero energy consumption, but its lack of maintenance and inoperability makes it a danger to the natural, human and socioeconomic environment. The general objective of the study was to "Evaluate the environmental risks in the wastewater oxidation ponds of the Agua Blanca district, El Dorado, 2023". The project was carried out in the Agua Blanca district, El Dorado province. The study sample consisted of the direct (3,110 m<sup>2</sup>) and indirect (126,430 m<sup>2</sup>) area of influence of the oxidation ponds and 45 liters of wastewater. Considering the "Environmental Risk Assessment Guide" of the Ministry of the Environment (2010), the hazards and scenarios in the area of influence of the oxidation ponds were identified, and the probability and degree of consequences, the level of environmental risk to the human, ecological and socioeconomic environment were estimated, and finally, a series of measures were proposed to control the environmental risks generated by the oxidation ponds; techniques such as the survey were used to evaluate the population's perception of the hazards and scenarios, and direct observation with data collection sheets was used to evaluate the environmental risk. The perception of hazards and scenarios showed a significant and strong positive relationship only for risk scenarios, the effluent from the oxidation ponds met the maximum permissible limits (MPL) of Supreme Decree No. 003-2010-MINAM, hazards such as effluent generation, solid waste, toxic substances and others were identified, and the most relevant risk scenarios were effluents, soil, ponds, rivers and streams. In addition, very probable and serious consequences were reported, such as contamination of natural resources and alteration of water, environment and health for the human and ecological environment; it was also found that the ecological and human environment presented a significant (60%) and moderate (100%) environmental risk, respectively, while the socioeconomic environment presented a non-significant environmental risk (18%); finally, a set of measures are proposed to control the environmental risks identified. The conclusion is that the oxidation ponds in the Agua Blanca district generate moderate environmental risks (59.3%).

**Keyword:** Effluent, scenario, exposure, impacts, risk.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN

De forma global, la cantidad generada de aguas residuales al año es de 380 mil millones de m<sup>3</sup>, esperando que aumente en 24% al 2030 y en 51% al 2050 (Qadir et al., 2020). Asimismo, países con niveles económicos elevados, medio alto, medio bajo y bajo tratan el 70, 38, 28 y 8 % de sus efluentes (United Nations World Water Development Report, 2017). Las aguas residuales y su tratamiento son una de las principales fuentes puntuales de contaminación de aguas superficiales (European Environment Agency [EEA], 2023), generando variaciones en el comportamiento y fisiológicas de las especies, pérdida de biodiversidad, cambios en la comunidad y mortalidad de peces (Bhat y Qayoom, 2021) y eutrofización (Goswami et al., 2022).

Uno de los tratamientos empleados para el manejo y control de aguas residuales son las lagunas de oxidación y están compuestos por lagunas anaeróbicas, facultativas y lagunas de maduración (Dos Santos y Van Haandel, 2021), sin embargo, la inoperancia o ineficiencia puede sobrepasar los cálculos de diseño en relación a la demanda población, formando sulfuro de hidrógeno y la presencia de olores nauseabundos (Falcones, 2020), afectaciones gastrointestinales por la proliferación de insectos, molestias en la población y alteración de ambientes acuáticos (Macias, 2019). Un estudio reciente realizado por Palacios (2019), menciona sobre la principal razón de la ineficacia de las lagunas estabilizadas es la falta de conocimiento de los sistemas de tratamiento en estas aguas, pues Naciones Unidas indica que sólo el 30% de los países cuenta con información actualizada y completa que refleja la falta de mantenimiento y operación; y en mínima cantidad se identificaron problemas por falta de pretratamiento o diseño e implementación previos del sistema de tratamiento de agua.

En Perú, hay un total de 50 empresas prestadoras del servicio de agua y saneamiento que brindan el servicio a 260 localidades, de las cuales 96 descargan aproximadamente 267 292 388 m<sup>3</sup>/año de aguas residuales a canales, drenes, ríos o mares en el 2020 y entre el año 2016 a 2020 hubo una variación de 66,4 a 77,7% del manejo y control de aguas residuales (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento - SUNASS, 2022). Asimismo, en Perú la contaminación de fuentes superficiales es uno de los mas grandes conflictos ambientales (Custodio y Chávez, 2019), donde las aguas residuales son factores peligrosos tóxicos para el ambiente acuático, impactando en especies de flora y fauna endémicas (Cusiche y Miranda, 2019). Así también, existen muchas localidades con sistemas de tratamiento de lagunas de oxidación, que al no tener niveles eficientes de operación y mantenimiento generan impactos negativos, por ejemplo,

presencia de mosquitos y olores (Moncada, 2021), afectaciones en el suelo, agua, atmósfera, fauna y proliferación de vectores (Olano y Vásquez, 2019).

En la región San Martín, la SUNASS refirió que desde el 2008 y 2016, el vertido de las aguas residuales crudas pasó de 7 583 913 m<sup>3</sup> a 8 629 483 m<sup>3</sup> (Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI, 2017). Asimismo, estudios realizados muestran la existencia del problema, por ejemplo, (Delgado et al., 2021) encontró en la cuenca baja del río Huallaga un punto de muestreo altamente contaminado, principalmente por un vertedero de aguas residuales, así también (Vásquez y Chenta, 2018) encontraron en el sector Juan Antonio de Moyobamba que la descarga de aguas residuales produce impactos sociales y ambientales relevantes.

En la provincia El Dorado, se encuentra el distrito de Agua Blanca en donde se desarrollará la presente investigación tiene serias deficiencias en su sistema de manejo de aguas residuales; uno de los puntos más severos es el barrio San Juan (salida a Bellavista), donde existe sistemas de lagunas de oxidación en pésimo estado, encontrándose rodeado por el río sisa (cuerpo receptor de las aguas residuales), la quebrada yuracyacu, un grifo de combustible, crianza de animales de granja y muy cerca a ciertas moradas, lo que lo cambia en un riesgo para la salud. Además, el gobierno local y población de Agua Blanca desconocen la problemática existente y el posible riesgo a la cual están expuestos; siendo las lagunas de oxidación percibidas como una simple fuente de olor; sin embargo, el riesgo para los habitantes cercanos, animales de crianza que consumen el agua corrompida y la disminución de los ecosistemas acuáticos pueden parecer insignificantes; ante lo mencionado con anterioridad, en esta indagación se busca determinar los riesgos ambientales que se derivan de las lagunas, a fin de generar información científica importante y relevante que sirva como instrumento para prever graves consecuencias si no se implementan medidas para evitar o minimizar los riesgos.

Es así que, debido a esta problemática se planteó el problema general: ¿Cuál es el nivel de los riesgos ambientales en las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca, el Dorado 2023?, para lo cual se trazó el objetivo general, “Evaluar los riesgos ambientales en las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca, El Dorado, 2023”, con sus objetivos específicos: 1) Identificar los peligros y escenarios presentes en el sector de las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca. 2) Estimar la probabilidad y gravedad de las consecuencias generado por las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca. 3) Estimar el nivel de riesgo ambiental generado por las lagunas de oxidación de aguas

residuales del distrito de Agua Blanca. 4) Proponer medidas para el control de riesgos ambientales formado por las lagunas de oxidación de aguas residuales en el distrito de Agua Blanca. Asimismo, se planteó y se comprobó la hipótesis de investigación: Los riesgos ambientales en las lagunas de oxidación de aguas residuales en el distrito de Agua Blanca, el Dorado, 2023, son significativos.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de la investigación**

##### **Antecedentes internacionales**

Ospanov et al. (2020). Evaluaron el impacto de los estanques de almacenamiento de aguas residuales en el medio acuático. Encontraron que la eficacia en las instalaciones de manejo de las aguas residuales fue insatisfactoria y la calidad de agua de los estanques no cumplía los requisitos de aguas superficiales para pesca; asimismo, determinaron en base a un análisis multivariante que los efluentes residuales de los estanques de almacenamiento al infiltrarse en el suelo pueden alterar la calidad del agua subterránea y pueden establecer la calidad del agua del río Tobol.

Kayira y Wanda (2021). Evaluaron el rendimiento de las lagunas de oxidación de efluentes del “hospital Central Mzuzu” y los impactos en la calidad hídrica del río Lunyangwa al norte de Malawi. Encontraron que, tanto el efluente como las aguas receptoras, fueron indicativos de un nivel de contaminación significativa resultante de las lagunas de oxidación, siendo necesario la optimización del manejo de las aguas residuales con el objetivo de mejorar los índices de calidad del agua antes del vertimiento a la fuente superficial.

Preisner et al. (2020). En Estados Unidos, Rusia, Polonia, Canadá y Finlandia, evaluaron el funcionamiento de 18 plantas de control de aguas residuales (PTAR) en función a diferentes tecnologías. Refieren que, las aguas residuales municipales con elevados contenidos de fósforo y nitrógeno aceleran la intensidad de eutrofización, encontrando que la tecnología aplicada en las PTARs condiciona en gran medida la posibilidad de eutrofización de las aguas residuales tratadas.

##### **Antecedentes nacionales**

Carhuas y Olarte (2021). Evaluaron el límite del riesgo ambiental de la laguna de Paca formado por el vertimiento de aguas residuales, para ello utilizaron la “Guía de evaluación de riesgos ambientales del MINAM”. Identificaron fuentes de peligro a los pozos sépticos, el canal de riego y la planta de manejo de aguas residuales; encontraron un riesgo ambiental moderado (56,7%) por la descarga de aguas residuales de la laguna de Paca, así como también, el riesgo ambiental que presentó la laguna de Paca en referencia a parámetros fisicoquímicos y microbiológicos fue moderado, ya que los

coliformes termotolerantes, sólidos totales, nitrógeno, pH y fósforo total excedieron los ECA de la categoría 4.

Torres (2021). En las pozas de transformación de aguas residuales San Pablo, ubicado en Sapallanga, evaluó y analizó los diferentes riesgos ambientales empleando la “Guía de evaluación de riesgos ambientales del MINAM”. Entre sus resultados encontró como escenarios de riesgos a: paso de aguas residuales por zonas pastoriles, riego de zonas agrícolas y forestales conteniendo agua residual, presencia de residuos sólidos en el canal del agua residual y zonas aledañas y la descarga clandestina de las aguas residuales; asimismo, estimó un nivel de riesgo significativo (72%) para los 3 entornos estudiados (socioeconómico, natural y humano).

Fernández (2018). En el AA.HH. Virgen de las Peñas en Tiabaya, evaluó los riesgos ambientales generados por una central de control de aguas residuales, para ello describió el medio nativo, socioeconómico y humano del espacio de dominio y obtuvo información mediante encuestas. Como resultados encontró la existencia de dos escenarios categorizados como riesgo moderado en relación al funcionamiento de la planta; por otro lado, los peligros identificados fueron la afectación de la ciudad por aparición de olores y ruidos, colapso de buzones, propagación de plagas, migración de aves silvestres, disminución del valor de viviendas, transformación del suelo, entradas económicas bajas por polución de suelos de cultivos y áreas verdes perdidas.

### **Antecedentes regionales**

Alvarado (2018). En la ciudad de Rioja, evaluó el nivel de riesgo ambiental ocasionado en la etapa de edificación de su central de control de aguas residuales. Identificó 10 escenarios en el entorno humano, de los cuales 4 fueron de riesgo moderado, en el medio ecológico identificó 7 escenarios con 3 en riesgo moderado y en el medio socioeconómico identificó 4 escenarios riesgo moderado; asimismo, encontró al medio humano (24%), ecológico (22%) y socioeconómico (30%) un nivel de riesgo ambiental moderado (25,3%).

Vásquez y Chenta (2018). En Moyobamba, evaluaron el efecto ambiental y social en el sector Juan Antonio del vertimiento de aguas residuales, analizando medidas biológicas, y fisicoquímicos en tres puntos de muestreo. Establecieron que los parámetros analizados, excedieron lo establecido en los LMPs y ECAs, lo que demostró que las aguas residuales domésticas ocasionan impactos negativos ambientales y sociales.

## 2.2. Fundamentos teóricos

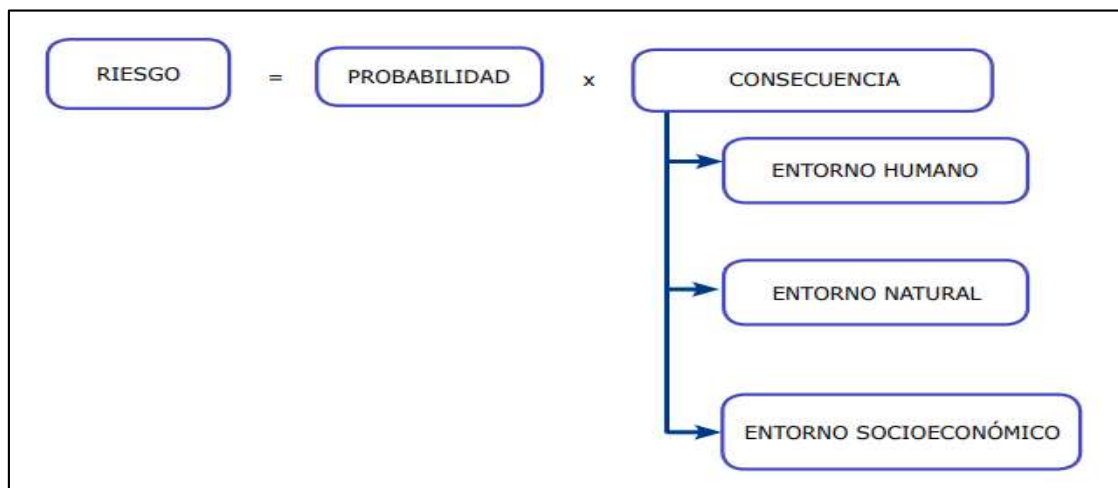
### 2.2.1. Riesgo ambiental

Para Novillo (2022) la definición riesgo ambiental resulta ser más extenso de lo que parece a simple vista, pudiendo definirse como una catástrofe o daño potencial en el ambiente por acción antrópica o fenómeno natural.

Es así que el riesgo ambiental se puntualiza como la acción donde se vincula la posibilidad de que ocurra una escena de accidente determinado y las consecuencias de este en el entorno socioeconómico, humano y natural, siendo el riesgo igual a la frecuencia/probabilidad por las consecuencias (Jiménez, 2017).

Por su parte, Ustohalova (2011) trata del riesgo ambiental como la posibilidad y consecuencia de un accidente no deseado, por ejemplo, las deficiencias en la gestión, transporte, tratamiento y disposición de residuos, permite la liberación de varios contaminantes al ambiente y a su paso generan graves amenazas a la salud humana.

El Ministerio del Ambiente (MINAM, 2010) afirma que los riesgos ambientales son limitados debido a la probabilidad y severidad del resultado, determinados para 3 medios (socioeconómico, humano y natural) (Figura 1).



**Figura 1**

*Estimación del riesgo ambiental.*

Nota. Tomado de UNE 15008:2008, como se citó en MINAM (2010)

### 2.2.2. Evaluación de los riesgos ambientales

Evalúa el conjunto de características cualitativas y cuantitativas del ambiente, con el objetivo de poner en evidencia el riesgo que supone para el ambiente y la salud humana la probable presencia o uso de determinados contaminantes (Galatchi, 2006).

La evaluación de riesgos es un método que admite estimar la naturaleza e importancia de los riesgos, favoreciendo a organizaciones determinadas tener mayores controles acerca de las consecuencias potenciales que se derivan del desarrollo de alguna actividad, el cual se debe realizar de manera adecuada con la protección y respeto del entorno, tomando en cuenta que este ambiente o entorno también toma en cuenta la comodidad e inmunidad de los trabajadores, motivo por el cual la evaluación se desarrolla en base a dos básicos aspectos que son los riesgos para la salud y riesgos ambientales (Jiménez, 2017).

### 2.2.3. Criterios para valorar los riesgos ambientales

Mediante este proceso es posible conocer los más relevantes riesgos, en otras palabras, los riesgos significativos, para luego priorizar y diseñar estrategias y/o medidas de minimización y prevención convenientes, suministrando la selección de opciones de comportamiento y la toma de decisiones. El propósito resulta ser la definición de un marco responsable con el fin de responder la reparación y prevención de los perjuicios ambientales, que obtengan generar resultados desfavorables reveladores en: hábitats protegidos y especies, estado de suelo, aire y aguas (MINAM, 2010).

Asimismo, el MINAM (2010) establece 6 criterios para la estimación de riesgos ambientales, que son: identificar los peligros, determinar escenarios, analizar escenarios, estimar la gravedad y el riesgo, y finalmente, caracterizar el riesgo ambiental (Figura 2).



**Figura 2**

*Criterios para la evaluación óptima del riesgo ambiental.*

Nota. Tomado de MINAM, 2010

### **a. Identificación de los peligros ambientales**

Generalmente es admitido que la eficiencia de un procedimiento de caracterización de peligros está en función de dos factores que son: i) la práctica y conocimiento que se tiene de los peligros, ii) el empleo de un procedimiento metódico que permita asegurar la aplicación de estos conocimientos (Ruiz et al., 2004).

Las técnicas de identificación de peligros responden a preguntas como ¿por qué razón? y ¿qué puede funcionar mal? u otras preguntas como ¿qué efectos tiene? y ¿con qué frecuencia?, que son resueltas con otras técnicas determinísticas y probabilísticas del análisis de riesgo (Casal et al., 1999).

### **b. Determinación y análisis de escenarios**

La determinación de escenarios se realiza a través de un inventario de las actividades realizadas en el área de estudio, recolección de datos y/o información sobre las actividades realizadas, así como identificación de herramientas de gestión ambiental, tales como planes de acción y gestión ambiental regional, diagnósticos ambientales y otras herramientas utilizadas en el área circundante. El propósito de esta fase es recolectar datos suficientes para establecer los componentes que indiquen una amenaza al medio ambiente como también definir los escenarios (MINAM, 2010).

La fase de análisis de escenarios hace referencia a un estudio de la indagación utilizable y/o visita a campo logrando la identificación y definición de los orígenes de los posibles peligros que alcanzan ocasionar perjuicios en los entornos ambientales o naturales, económicos y humanos, mediante esto se estructura un listado que permite establecer los escenarios correspondientes al estudio de los riesgos ambientales (MINAM, 2010).

### **c. Estimación de la probabilidad de ocurrencias**

En relación a la frecuencia o probabilidad de que suceda un riesgo ambiental, resulta pertinentes asignar valores numéricos determinando a la probabilidad de que ocurra el riesgo, después de identificar los riesgos ambientales. Este valor numérico se determina de acuerdo al conocimiento del evaluador sobre los procesos, instalaciones, actividades, sistemas de gestión y productos que son usados (Paredes, 2018).

### **d. Estimación de la gravedad de consecuencias**

Se estiman las consecuencias o posible daño que cada escenario identificado puede generar sobre el entorno receptor, es decir, sobre el entorno natural, socioeconómico y humano (Asociación Española de Normalización y Certificación, AENOR, 2007).

Nos muestra una idea de hasta donde los riesgos ambientales pueden causar daños al ambiente de forma significativa. La gravedad sobre el medio humano es estimada por la población afectada, la gravedad sobre el medio natural o ambiente se estima en función de la calidad del medio y la gravedad sobre la economía se estima de acuerdo al patrimonio capital financiero (Paredes, 2018).

#### **e. Estimación del riesgo ambiental**

Después de identificar las causas posibles de peligro, deben de estimarse las frecuencias o probabilidades de circunstancia que, relacionados a las tipologías de entorno y a los efectos producidos sobre él, faciliten estimar el riesgo ambiental de cada suceso iniciador el entorno receptor, es decir, sobre el entorno natural, socioeconómico y humano (AENOR, 2007).

Las propiedades inherentes al riesgo ambiental y básicamente las asociadas con la estimación de las resultas, mencionan que la estimación del riesgo se puede subdividir en tres entornos, de acuerdo al receptor del daño potencial: consecuencias sobre el medio socioeconómico, humano y ambiental o natural (AENOR, 2007).

#### **f. Caracterización del riesgo ambiental**

Representa la última fase de los procesos de evaluación de riesgos ambientales y se presenta porque el riesgo se desarrolló de acuerdo a 3 entornos (natural, humano y socioeconómico), previa determinación de los niveles promedio de cada medio en unidades de porcentajes, por último, la suma y promedio de los 3 entornos representa la resulta final, el mismo que puede categorizarse en leve, moderado o significativo (MINAM, 2010).

#### **2.2.4. Lagunas de oxidación**

Es un procedimiento de tratamiento natural que se ha utilizado internacionalmente por sus características de bajo mantenimiento, costo y tecnología (Martínez, 2019). Reciben diversos nombres como: lagunas de estabilización, estanques de oxidación, lagunas de aguas negras, etc. (Vázquez, 2016).

Este sistema trata diversas aguas residuales que consisten en nitrógeno y fósforo, metales pesados, compuestos orgánicos y productos farmacéuticos, cuyos procesos son de tipo natural, debido a que se emplean algas y bacterias, lo cual hace que este tipo de sistema de tratamiento sea rentable en cuanto a su construcción, mantenimiento y requisitos energéticos, así también, las lagunas de oxidación son productivas porque producen efluentes que se pueden emplear en otras aplicaciones; finalmente, las

lagunas de oxidación se pueden considerar una técnica sostenible de control de aguas residuales (Butler et al., 2017).

Por su parte, Liu et al. (2018) refieren que son alternativas económicas comparado con las tecnologías convencionales debido a sus ventajas únicas como facilidad en el funcionamiento, mínimo consumo de energía y mínimos requisitos de mantenimiento, además sus elevadas eficiencias en la eliminación de patógenos lo convirtieron en una opción popular para tratar las aguas residuales, particularmente como lagunas terciarias.

Durante muchos años, han sido un método muy común para tratar los efluentes, particularmente en áreas de clima cálido. Son sistemas sencillos donde la principal ventaja es la destrucción altamente eficaz de los patógenos. No obstante, en países desarrollados, debido a la incompleta eficacia de la depuración y por los altos consumos de recursos de la tierra, este sistema va desapareciendo de forma gradual. El cultivo de algas trajo consigo aplicaciones adicionales, las mismas que requieren de elevadas cargas orgánicas y de nutrientes, lo cual contradice la finalidad en el tratamiento de las aguas residuales. Asimismo, otras limitaciones como las condiciones ambientales no controladas, el crecimiento fluctuante de especies de algas no deseadas y las dificultades de recolección, han hecho que estas aplicaciones no sean rentables (Brenner y Abeliovich, 2013).

Se basa en la acción de las bacterias que modifican los hidrocarburos en dióxido de carbono, agua, fósforo y amoníaco en presencia de oxígeno, además del papel de las algas para utilizar el dióxido de carbono producido por las bacterias y el agua en presencia de luz solar para generar nuevo gas oxígeno y nuevas algas, para aumentar las colonias bacterianas y la productividad de las algas con la disminución de compuestos orgánicos (Ali et al., 2020).

Las lagunas de oxidación de residuos son una tecnología natural que puede instalarse en sistemas de aguas residuales centralizados o semicentralizados, se utiliza para efluentes residuales industriales y domésticos, residuos y lodos de fosas sépticas, entre otros, para la purificación. Estos sistemas son sumamente eficientes, sencillos de instalar, económicos y fáciles de administrar. Pueden utilizarse individualmente o juntos como equipos de limpieza secundaria o terciaria en plantas de tratamiento. En el sistema, la simbiosis entre algas y bacterias lo convierte en un procedimiento de tratamiento sumamente natural y más económico en términos de costes de mantenimiento en comparación con otras tecnologías de tratamiento y consumo energético. El efluente del sistema también se puede utilizar para fines agrícolas,

jardinería, riego de carreteras, lavado de vehículos, etc. Se están integrando tecnologías avanzadas para optimizar el diseño y la eficiencia de las lagunas de oxidación, pero los principales retos son la separación y eliminación de las especies de algas que conducen al deterioro del agua si permanecen mucho tiempo (Mahapatra et al., 2022).

En la tabla 1, se presentan algunas ventajas y desventajas de las lagunas de oxidación.

**Tabla 1**  
*Ventajas y desventajas de las lagunas de oxidación*

Ventajas	Desventajas
Fácil de construir.	
Bajo costo.	
Bajos costos de mantenimiento.	
El efluente no requiere desinfección.	Requiere una gran superficie de terreno.
Capaz de manejar una variedad de cargas hidráulicas.	Elevados niveles de demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) y sólidos suspendidos totales (SST).
Ideal para comunidades pequeñas y en regiones tropicales.	
Completa el tratamiento de lodos.	
Maneja diversos tipos de aguas residuales (municipales o industriales)	
La eliminación de helmintos, coliformes fecales y DBO <sub>5</sub> es mayor que con otros métodos como contactores biológicos rotacionales, filtros biológicos y lodos activados	

Nota. Tomado de Mara et al. (1992)

### 2.2.5. Características de lagunas de oxidación

De acuerdo a Butler *et al.* (2017) existen 4 tipologías importantes de lagunas de oxidación que son: estanques aeróbicos (de alta velocidad), anaeróbicos, facultativos y de maduración.

#### a. Lagunas aeróbicas

Tipo de lagunas que presentan una baja profundidad y que reciben concentraciones de cargas orgánicas relativamente bajas y hacen que el oxígeno disuelto se mantenga en toda su profundidad (la dimensión de la profundidad es entre 0,2 y 0,45 m) (Vázquez, 2016).

#### b. Lagunas anaeróbicas

En este tipo de lagunas se desarrolla un proceso de oxidación anaerobia, donde se efectúa la degradación de la materia orgánica. Se emplea oxígeno de compuestos nitritos, nitratos y orgánicos. El dióxido de carbono y los sulfatos tienen la función de aceptadores de electrones. La oxidación anaerobia conlleva a 2 fases teóricas, la primera la fermentación ácida (etapa de acidogénesis) y la segunda la fermentación metanogénica (etapa de metanogénesis) (Martínez, 2008).

Generalmente, son lagunas que presentan profundidades mayores a los 2 m y reciben cargas orgánicas bastante fuertes, lo que hace que se mantengan en contextos anaerobios. La ventaja que tienen es que ocupan menor área a comparación de los demás tipos de lagunas de oxidación, no obstante, es más costoso su mantenimiento, debido a que de forma periódica se debe remover lodos digeridos; asimismo, generan olores nauseabundos a raíz del cual se recomienda instalarlo fuera de zonas urbanas (Vázquez, 2016).

### c. Lagunas facultativas

Este tipo de lagunas presentan profundidades más reducidas (1,5 a 2,5 m), la fotosíntesis de las algas juega un papel importante en las capas superiores ya que mantienen niveles de oxígeno disuelto que varían con la hora del día y la profundidad. Los sólidos en suspensión se reducen debido a la estabilización anaeróbica son depositados en la zona del fondo (Gama, 2017).

### d. Lagunas de maduración

Están planteados para el tratamiento de efluentes secundarios o aguas residuales que de manera previa fueron tratados por un sistema de lagunas, donde se desarrolla una disminución agregada aun conjunto de bacterias. Las definiciones de “lagunas de acabado” o “lagunas de pulimetro” presentan el mismo concepto (Norma OS.090).

## 2.2.6. Impactos socioeconómicos y ambientales de las lagunas de oxidación

De acuerdo a Oshana Regional Council y Consulting Services Africa (2021) los impactos ambientales y socioeconómicos que pueden ocasionar las lagunas de oxidación durante su fase de operación se describen en la tabla 2.

**Tabla 2**

*Impactos ambientales y socioeconómicos de las lagunas de oxidación*

Tipo de impactos	Descripción de los impactos
Impactos ambientales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contaminación de los recursos de aguas subterráneas.</li> <li>- Contaminación de terrenos adyacentes.</li> <li>- Alteración de la vida silvestre, flora y fauna autóctonas.</li> </ul>
Socioeconómicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Oportunidades de empleo.</li> <li>- Bienestar humano.</li> <li>- Ahorro en costes.</li> <li>- Riesgos en la seguridad.</li> <li>- Presencia de mosquitos.</li> <li>- Presencia de olores.</li> </ul>

Nota. Tomado y adaptado de Oshana Regional Council y Consulting Services Africa (2021)

### 2.2.7. Límites máximos permitidos (LMP) para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales

De acuerdo al Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM el límite máximo permisible “es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente” (Art. 2). Los límites máximos permisibles (LMP) para efluentes de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) son 7 (Tabla 3).

**Tabla 3**

*Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR*

Parámetro	Unidad	LMP de efluentes para vertidos a los cuerpos de agua
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	10000
Aceites y grasas	mg/L	20
Temperatura	°C	<35
Sólidos totales en suspensión	mL/L	150
pH	Unidad	6,5-8,5

Nota. Tomado y adaptado del Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Ámbito de la investigación**

##### **3.1.1. Contexto de la investigación**

###### **a) Ubicación Política**

- Área del estudio: Lagunas de oxidación
- Distrito : Agua Blanca.
- Provincia : El Dorado.
- Departamento: San Martín.

###### **b) Ubicación Geográfica**

Geográficamente, las lagunas de oxidación en el distrito de Agua Blanca se encuentran entre las coordenadas 312812 E y 9255791 N a una altitud de 300 m.s.n.m. Se delimita al sur de la zona urbana del distrito de Agua Blanca (ver Anexo 1).

##### **3.1.2. Periodo de ejecución**

Inició en setiembre del 2023 ubicada en el área de estudio, posteriormente para la fecha 03 de octubre del mismo año se procedió a realizar la solicitud de permiso a las lagunas de oxidación en el distrito de Agua Blanca, luego de haber adquirido dicho permiso se derivó a realizar la extracción de muestras de agua con fecha de 23 de noviembre para determinar las características fisicoquímicas del agua obtenido así los resultados el 20 de diciembre del 2023. Luego para el mes de febrero se realizó el procesamiento de cada dato adquirido, para los meses de marzo a mayo se realizó las actividades de identificación de peligros y escenarios de la laguna de oxidación. Luego se solicitó ampliación de plazo de 4 meses finales para el procesamiento e interpretación de datos.

##### **3.1.3. Autorizaciones y permisos**

En cuanto a este ítem para el ingreso en la recolección de muestras de agua de la laguna de oxidación del distrito de Agua Blanca, se realizó una solicitud de permiso dirigida al alcalde de dicho distrito, dicha solicitud puede observarse en el Anexo 7 en la presente investigación.

### 3.1.4. Control ambiental y protocolos de bioseguridad

Se consideró controles ambientales, como el uso de contenedores o bolsas de plástico, y evitar tirar residuos sólidos en lugares inadecuados.

Por otro lado, se consideraron adoptar acciones de bioseguridad como la utilización de equipos de protección personal, con el fin de evitar posibles daños a la salud del personal investigador.

### 3.1.5. Aplicación de principios éticos internacionales

El desarrollo de la investigación respetó los fundamentos esenciales de la ética, en particular la integridad, transparencia, confidencialidad, justicia beneficencia y, respeto al ecosistema y personas.

## 3.2. Sistema de variables

### 3.2.1 Variables principales

Variable de estudio: Riesgos ambientales.

**Tabla 4**

*Descripción de variables por objetivo específico*

<b>Objetivo específico Nº 1: Identificar los peligros y escenarios presentes en el área de influencia de las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca.</b>			
<b>Variable abstracta</b>	<b>Variable concreta</b>	<b>Medio de registro</b>	<b>Unidad de medida</b>
	Peligros.		- Nº de peligros.
	Escenarios.		- Nº de escenarios.
Identificación de peligros y escenarios.	Parámetros físicoquímicos y microbiológicos.	Ficha de registro de datos, cadenas de custodia, ficha de procesamiento y análisis de datos, registro fotográfico.	- DQO (mg/L) - DBO <sub>5</sub> (mg/L) - Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL) - Aceites y grasas (mg/L) - Temperatura (°C) - Sólidos totales en suspensión (mL/L) - pH (Unidad de pH)
<b>Objetivo específico Nº 2: Estimar la probabilidad y gravedad de las consecuencias generado por las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca.</b>			
Estimación de la probabilidad y gravedad de las consecuencias.	Probabilidad.	Ficha de registro de datos, ficha de procesamiento y análisis de datos,	5 = Muy probable 4 = Altamente probable 3 = Probable 2 = Posibles 1 = Poco probable

		registro fotográfico.	4 = Muy alta / muy peligrosa / muy extenso / muy alto 3 = Alta / peligroso / extenso / alto 2 = Poca / Poca pelirogra / Poco extenso / Bajo 1 = Muy poca / No peligrosa / Puntual / Muy bajo
<b>Gravedad de las consecuencias.</b>			
<b>Objetivo específico № 3: Estimar el nivel de riesgo ambiental generado por las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca.</b>			
Estimación del nivel de riesgo ambiental.	Nivel de riesgo ambiental.	Ficha de procesamiento y análisis de datos, registro fotográfico.	Riesgo significativo = 16 – 25 Riesgo Moderado = 6 – 15 Riesgo Leve = 1 – 5
<b>Objetivo específico № 4: Proponer medidas para el control de riesgos ambientales generado por las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca.</b>			
Medidas para el control de riesgos ambientales.	Medidas de control.	Propuesta de medidas de control de riesgos ambientales.	Nº de medidas de control de riesgos ambientales

### Tipo y nivel de la investigación

Tipo de investigación: básica, debido a que se generó un nuevo conocimiento científico referido los riesgos ambientales en las lagunas de oxidación de las aguas residuales del distrito de Agua Blanca. Al respecto Sánchez y Reyes (2006) mencionan que la investigación básica tiene como finalidad investigar nuevos campos y conocimientos de indagación sin tomar en cuenta la aplicación práctica específica e inmediata.

Nivel de investigación: Pertenece al nivel descriptivo ya que tuvo como finalidad evaluar los riesgos ambientales generados en las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca. Al respecto, Sánchez y Reyes (2006) describen que el objetivo del nivel descriptivo de la investigación es describir las características de un fenómeno o suceso y establecer su conducta o estructura.

### Población y muestra

La población fue formada por el área de influencia directa de las lagunas de oxidación (3110 m<sup>2</sup>) y su área de influencia indirecta (200 m a la redonda de las lagunas de oxidación) (126 430 m<sup>2</sup>). Asimismo, también se consideró como población al volumen de agua residual contenido en las lagunas de oxidación, cuya cantidad es de 1555 m<sup>3</sup>.

La muestra para esta investigación estuvo representada por la misma población, es decir, por la misma área de influencia directa de las lagunas de oxidación (3110 m<sup>2</sup>) y su área de influencia indirecta (126430 m<sup>2</sup>), dado a que en toda esta área se identificarán los peligros y escenarios de riesgos en los 3 entornos a estudiar (natural, humano y socioeconómico). Asimismo, teniendo en cuenta que se analizaron 7 parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, de los cuales se recolectaron muestras de agua residual para 5 parámetros en 3 puntos de muestreo (entrada a las lagunas de oxidación, en las lagunas de oxidación y salida de las lagunas) y para 3 muestreos, se está considerando como muestra de agua residual a un volumen de 45 litros (1 litro por muestra)

### **Diseño analítico, muestral y experimental**

#### a) Diseño experimental o muestral

La investigación fue no experimental, cuyo diseño es descriptivo y según Hernández et al. (2014) obedece al siguiente esquema:



Donde:

M: Muestra obtenida.

O: Riesgos ambientales en las lagunas de oxidación de aguas residuales.

#### b) Representación de la información.

La información y/o datos recolectados en campo y procesados en gabinete fueron presentados en tablas e ilustraciones para facilitar oportunamente el análisis y la interpretación de los resultados.

#### c) Análisis estadístico.

El análisis estadístico fue desarrollado mediante la estadística descriptiva haciendo uso del paquete estadístico Excel y SPSS Statistics.

### **3.3. Procedimientos de la investigación**

#### **3.3.1. Objetivo específico 1**

Identificar los peligros y escenarios presentes en el área de influencia de las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca.

**a. Actividades y tareas:**

- Coordinación con autoridades locales.
- Muestreo y análisis de agua residuales.
- Identificación de los tipos de fuentes de peligro.
- Ilustración de las fuentes de peligro.
- Definición del suceso iniciador.
- Formulación de los escenarios.
- Procesamiento y análisis de datos.

**b. Descripción de procedimientos:****Visita y coordinación con autoridades locales**

- Se realizó la presentación del proyecto a las autoridades del distrito de Agua Blanca, dando a conocer las actividades a desarrollar y los beneficios a obtener por el desarrollo de la indagación.

**Muestreo y análisis de agua residuales**

- Se consideraron 3 puntos de muestreo (entrada del agua residual a las lagunas de oxidación, agua residual de ambas lagunas de oxidación y salida del agua residual de las lagunas de oxidación).
- Asimismo, se está considerando la toma de 2 muestras por cada punto de muestreo en un mes, es decir, 1 muestra cada 15 días, los cuales serán analizados en el laboratorio EQUAS S.A el cual está acreditado por INACAL. Para el muestreo se tomaron en cuenta las siguientes indicaciones:
  1. Ubicación en el punto de descarga del efluente residual doméstico hacia los cuerpos receptores.
  2. Abertura de frascos y comienzo de recolección de las muestras.
  3. Para prevenir la aparición de burbujas, los frascos de DBO5 fueron llenados de forma lenta en su totalidad.
  4. Se añadió preservantes a las muestras de parámetros que lo requieran, siguiendo la guía de muestreo del laboratorio.

4. Para los parámetros insitu, se recolectaron las muestras en un balde donde se tomará las mediciones empleando un equipo multiparámetro.

5. Después de recolectar las muestras se procedió a rotular y empaquetar las mismas para su envío al laboratorio.

6. Por último, se llenó la cadena de custodia de monitoreo de agua.

- Para el caso de la muestra de agua residual en las lagunas de oxidación se consideró una muestra compuesta, es decir, se recolectaron muestras de ambas lagunas de oxidación y se procedió a mezclarlos para finalmente llenar los frascos.

- Las muestras fueron enviados a un laboratorio para su respectivo análisis.

### **Identificación de los tipos de fuentes de peligro**

- Las fuentes de peligro en los tres ambientes se identificaron mediante técnicas de observación directa utilizando hojas de recolección de datos como herramienta (ver Anexo 2).

- En relación a la identificación de las fuentes de peligro se tomaron en cuenta indicadores como: a) causas de ocurrencia, b) área afectada, c) meses de ocurrencia, d) periodicidad y e) tipo de material arrastrado.

### **Definición del suceso iniciador**

- Se definió el suceso iniciador de acuerdo a la "Metodología de evaluación de riesgos ambientales del MINAM" para los tres entornos de estudio (natural, humano y socioeconómico), para ello se aprovechó la técnica de observación directa con un formato de recopilación de datos, este puede observarse en el Anexo 6: Técnicas de recolección de datos como instrumento, donde se contempló al elemento de riesgo, las fuentes de información y el suceso iniciador o parámetro de evaluación.

### **Formulación de los escenarios**

- Finalmente, se realizó la formulación de los escenarios tomando en cuenta lo establecido en la "Metodología de evaluación de riesgos ambientales del MINAM", se aplicó el método de observación directa con un formato de recolección.

- Se tomó en consideración aspectos como la zona, sustancia o evento, escena de riesgo, orígenes, resultados y la frecuencia o probabilidad.

### c. Técnicas de procesamiento y análisis de datos:

La estadística fue empleada de manera descriptiva con la finalidad de procesar los datos y se emplearon tablas y figuras para el análisis de datos e interpretación de resultados. Se empleó el Excel y SPSS Statistics.

### 3.3.2. Objetivo específico 2

Estimar la probabilidad y gravedad de las consecuencias provocado por las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca.

#### a. Actividades y tareas:

- Estimación de la posibilidad de ocurrencia.
- Estimación de la gravedad de las consecuencias.
- Valoración de la gravedad de los resultados.
- Valoración de los escenarios identificados de acuerdo a la gravedad de las consecuencias.
- Procesamiento de datos.

#### b. Descripción de procedimientos:

##### Estimación de la probabilidad de ocurrencia

- Se estimó la probabilidad de ocurrencia haciendo uso del criterio crítico - constructivo del investigador y mediante la observación directa en campo, se tomó en cuenta rangos de estimación probabilística (Tabla 5).

**Tabla 5**

*Rangos de estimación probabilística*

Valor		Probabilidad
5	Muy probable	< una vez a la semana
4	Altamente probable	> una vez a la semana y < una vez al mes
3	Probable	> una vez al mes y < una vez al año
2	Posible	> una vez al año y < una vez cada 05 años
1	Poco probable	> una vez cada 05 años

Nota. Tomado del MINAM (2010)

##### Estimación de la gravedad de las consecuencias

- Se hizo para cada ambiente a estudiar (humano, natural y socioeconómico), para ello se empleó un formato de recolección de datos (Anexo 3) donde se consideró el escenario de riesgo, peligrosidad, cantidad, la extensión, la población perjudicada

(entorno humano), calidad del medio (entorno ecológico), el patrimonio y capital productivo (entorno socioeconómico) y finalmente la gravedad.

- La gravedad de las consecuencias fue estimada haciendo uso de un formulario (Tabla 6) y tomando en cuenta los tres entornos a estudiar.

**Tabla 6**

*Formulario para la estimación de la gravedad de las consecuencias*

<b>Gravedad</b>	<b>Límites del entorno</b>	<b>Vulnerabilidad</b>
Entorno ecológico	= Cantidad + 2 peligrosidad + extensión	+ Calidad del medio
Entorno humano	= Cantidad + 2 peligrosidad + extensión	+ Población afectada
Entorno socioeconómico	= Cantidad + 2 peligrosidad + extensión	+ Patrimonio y capital productivo

Nota. Tomado del MINAM (2010)

### **Valoración de la gravedad de las consecuencias**

- Se realizó tomando en cuenta un formulario (Tabla 7), para ello se usará la observación directa en campo y el criterio crítico – constructivo del investigador.

**Tabla 7**

*Rangos de límites para el entorno humano, ecológico y socioeconómico para la valoración de la gravedad de consecuencias*

<b>Valor</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Peligrosidad</b>	<b>Extensión</b>	<b>Población afectada//Calidad del medio/Patrimonio y capital productivo</b>
4	Muy alta	Muy peligrosa	Muy extenso	Muy alto
3	Alta	Peligrosa	Extenso	Alto
2	Poca	Poco peligrosa	Poco extenso (Emplazamiento)	Bajo
1	Muy poca	No peligrosa	Puntual (Área afectada)	Muy bajo

Nota. Tomado del MINAM (2010)

### **Valoración de la gravedad de las consecuencias**

- Se valoraron los escenarios identificados tomando en cuenta rangos de valor (Tabla 8), esto se desarrolló para cada entorno a estudiar.

**Tabla 8**

*Valoración de escenarios identificados*

<b>Valor</b>	<b>Valoración</b>	<b>Valor asignado</b>
Crítico	20 – 18	5
Grave	17 – 15	4
Moderado	14 – 11	3
Leve	10 – 8	2
No relevante	7 – 5	1

Nota. Tomado del MINAM (2010)

### c. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se hizo uso de la estadística descriptiva para procesar los datos y se emplearon tablas y figuras para el análisis de datos e interpretación de resultados. Se trabajó tanto en Excel y SPSS Statistics para el trabajo estadístico.

#### 3.3.2. Objetivo específico 3

Estimar el nivel de riesgo ambiental generado por las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca.

##### a. Actividades y tareas:

- Estimación de los riesgos ambientales.
- Evaluación de los riesgos ambientales.
- Caracterización de los riesgos ambientales.
- Procesamiento y análisis de datos.

##### b. Descripción de procedimientos:

##### Estimación de los riesgos ambientales

- Se estimó para los tres entornos a estudiar (humano, natural y socioeconómico), para ello se hizo uso de la siguiente ecuación:

Riesgo = Probabilidad \* Consecuencia (Entorno humano, natural y socioeconómico)

- Se hizo uso de una tabla de doble entrada (Tabla 9) para la estimación final del riesgo ambiental en cada entorno, tomando en consideración los valores obtenidos de probabilidad y consecuencias.

**Tabla 9**

*Estimador del riesgo ambiental*

		Consecuencia								
		1	2	3	4	5				
Probabilidad	1						<div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 10px;"> <div style="display: flex; align-items: center;"><span style="width: 20px; height: 10px; background-color: #d9e1f2; margin-right: 5px;"></span> Riesgo leve: 1 – 5</div> <div style="display: flex; align-items: center;"><span style="width: 20px; height: 10px; background-color: #a6c9ec; margin-right: 5px;"></span> Riesgo moderado: 6 – 15</div> <div style="display: flex; align-items: center;"><span style="width: 20px; height: 10px; background-color: #7497c7; margin-right: 5px;"></span> Riesgo significativo: 16 – 25</div> </div>			
	2									
	3									
	4									
	5									

Nota. Tomado del MINAM (2010)

## Evaluación de los riesgos ambientales

- Los riesgos fueron catalogados según el color de las casillas ubicados en la Tabla 9 y para establecer el nivel de riesgo ambiental estos fueron evaluados en significativo, moderado o leve haciendo uso de una escala de evaluación (Tabla 10).

**Tabla 10**  
*Escala de evaluación de riesgos ambientales*

		Valor matricial	Equivalencia porcentual (%)
	Riesgo significativo	16 – 25	64 – 100
	Riesgo moderado	6 – 15	24 – 60
	Riesgo leve	1 – 5	1 – 20

Nota. Tomado del MINAM (2010)

## Caracterización de los riesgos ambientales

- La caracterización del riesgo ambiental se realizó según los tres entornos empleando la siguiente ecuación:

$$CR = \frac{EH + EN + ES}{3}$$

Donde:

CR: Caracterización del riesgo.

EH: Entorno humano.

EN: Entorno natural.

ES: Entorno socioeconómico.

### c. Técnicas de procesamiento y análisis de datos:

La estadística fue empleada de manera descriptiva a través de tablas y figuras para el análisis de datos e interpretación de resultados. Se trabajó tanto en Excel y SPSS Statistics para el trabajo estadístico.

### 3.3.3. Objetivo específico 4

Proponer medidas para el control de riesgos ambientales generado por las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca.

#### a. Actividades y tareas:

- Elaboración de propuestas de medidas para el control de riesgos ambientales.

**d. Descripción de procedimientos:****Elaboración de propuestas de medidas para el control de riesgos ambientales**

- Una vez estimado y caracterizado el riesgo ambiental generado por las lagunas de oxidación se procedió a proponer las prevenciones para control de riesgos ambientales, tomando en cuenta los peligros y escenarios identificados durante el desarrollo de la investigación.
- La propuesta consideró el desarrollo de una breve introducción, objetivos, alcance y acciones de control de riesgos ambientales.

**e. Técnicas de procesamiento y análisis de datos:**

Se manejó uso de la estadística descriptiva a través de tablas y figuras para el análisis de datos e interpretación de resultados. Se aprovechó el programa estadístico Excel.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Peligros y escenarios presentes en el área de influencia de la laguna de oxidación de aguas residuales

##### 4.1.1. Percepción de la población sobre los riesgos ambientales en las lagunas de oxidación de aguas residuales

Se aplicó un cuestionario a una muestra de 30 pobladores para conocer la opinión de la laguna de oxidación como fuente de contaminación debido a la falta de función de control de aguas residuales domésticas. A continuación, se presenta las principales características de la población encuestada y los resultados de la prueba de correlación entre la variable identificación de peligros y escenario con las variables peligro y escenario.

**Tabla 11**  
*Características de la población encuestada*

Indicadores		Frecuencia	Porcentaje (%)
Género	Mujer	5	16,7
	Hombre	25	83,3
Edad	De 18 a 30 años	4	13,3
	De 31 a 43 años	7	23,3
	De 44 a 56 años	14	46,7
	De 57 años a más	5	16,7
Ocupación	Técnico	3	10,0
	Agricultor	27	90,0

Se encontró que el 83,3 % de participantes fueron de sexo masculino y el 16,7 % de sexo femenino. La mayor proporción de encuestados tuvo una edad entre 44 a 56 años (46,7 %) y la menor cantidad entre 18 a 30 años (13,3 %). Finalmente, el 90,0 % de pobladores refirieron ser agricultores, mientras que, solo el 10,0 fueron técnicos.

**Tabla 12**  
*Correlación de Pearson de la variable Identificación de peligros y escenario y la variable peligro de los encuestados en el distrito de Agua Blanca*

		Identificación de peligros y escenarios	Peligro
Identificación de peligros y escenarios	Correlación de Pearson	1,000	0,617
	Sig. (bilateral)		0,052
	N	30	30
Peligro	Correlación de Pearson	0,617	1,000
	Sig. (bilateral)	0,052	
	N	30	30

Nota. NS: No significativo al 0,05 de significancia

Se determinó que no existe correlación estadísticamente significativa entre los peligros y escenario con la variable peligro, al encontrar  $p\text{-valor} = 0,052 > 0,05$ . No obstante, se encontró un coeficiente de correlación ( $r = 0,617$ ) que denota una relación fuerte entre las variables, aunque de acuerdo al valor de significancia no se puede afirmar con certeza que el grado de relación encontrada sea significativa en la población estudiada.

**Tabla 13**

*Correlación de Pearson de la variable Identificación de peligros y escenario y la variable escenario de los encuestados en el distrito de Agua Blanca*

		Identificación de peligros y escenarios	Escenarios
Identificación de peligros y escenarios	Correlación de Pearson	1,000	0,724**
	Sig. (bilateral)		0,042
	N	30	30
Escenarios	Correlación de Pearson	0,724**	1,000
	Sig. (bilateral)	0,042	
	N	30	30

Nota. \*\*Significativo al 0,05 de significancia

Se determinó que existe correlación estadísticamente significativa entre los peligros y escenario con la variable escenario, al encontrar  $p\text{-valor} = 0,042 > 0,05$ . Además, se encontró un coeficiente de correlación ( $r = 0,724$ ) que denota una relación fuerte entre las variables, con lo cual se afirma con certeza que, a medida que aumentan los años, esta laguna de oxidación va formando escenarios de contaminación afectando el ambiente y la inmunidad de las personas de influencia directa.

### 1.1.2. Comparación de las concentraciones de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en las aguas de las lagunas de oxidación en Agua Blanca

Se desarrolló el análisis de varianza (ANOVA) para comparar las concentraciones de cada parámetro fisicoquímico y microbiológico, y la prueba Tukey para encontrar el punto de muestreo con mayor concentración de carga contaminante.

**Tabla 14**

*Resumen de análisis de varianza y Tukey de las concentraciones de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en las aguas de las lagunas de oxidación en Agua Blanca*

Parámetros	Prueba ANOVA		Prueba Tukey		
	Valor F	Sig.	P1	P2	P3
Temperatura	1,333	0,332	21,67 <sup>a</sup>	22,33 <sup>a</sup>	21,67 <sup>a</sup>
Sólidos totales en suspensión (SST)	36,154	0,000*	89,43 <sup>a</sup>	75,77 <sup>b</sup>	65,23 <sup>c</sup>
pH	7,350	0,024*	5,53 <sup>a</sup>	5,83 <sup>ab</sup>	6,33 <sup>b</sup>
Demanda química de oxígeno (DQO)	12,919	0,007*	82,03 <sup>a</sup>	78,03 <sup>a</sup>	60,70 <sup>b</sup>
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	50,142	0,000*	45,23 <sup>a</sup>	41,40 <sup>a</sup>	24,10 <sup>b</sup>
Aceites y grasas (AyG)	17,306	0,003*	12,17 <sup>a</sup>	7,21 <sup>b</sup>	5,90 <sup>b</sup>
Coliformes termotolerantes	6,250	0,034*	9 000 <sup>a</sup>	9 000 <sup>a</sup>	7 333,33 <sup>a</sup>

Nota. \*Significativo al 0,05 de significancia según prueba ANOVA. Valores con la misma letra indican diferencias no significativas según prueba Tukey ( $p \geq 0,05$ ). P1, P2 y P3: puntos de muestreo de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

No se encontró diferencias significativas para las concentraciones de temperatura ( $p$ -valor = 0,332) según punto de muestreo. En cambio, las concentraciones para SST ( $p$ -valor = 0,000), pH ( $p$ -valor = 0,024), DQO ( $p$ -valor = 0,007), DBO<sub>5</sub> ( $p$ -valor = 0,000), AyG ( $p$ -valor = 0,003) y coliformes termotolerantes ( $p$ -valor = 0,034) si presentaron diferencias estadísticamente significativas entre puntos de muestreo, probablemente esto se debe a la influencia de las lagunas de oxidación por su función de retención.

Se obtuvo mayor temperatura en P2 (22,33 °C) y menor en P3 (21,67 °C) (Tabla 14), el valor reportado en el efluente cumplió los LMP (< 35 °C) del Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. En contraste, Kayira y Wanda (2021) en la determinación del rendimiento de las lagunas de oxidación de aguas residuales del hospital "Central de Mzuzu" y los 40 impactos en la calidad hídrica del río Lunyangwa al norte de Malawi, obtuvieron la temperatura de las aguas en 16°C.

Para SST se obtuvo mayor carga contaminante en P1 (89,43 mg/L) y menor en P3 (65,23 mg/L) (Tabla 14), el valor reportado en el efluente cumplió los LMP (150 mg/L) del Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. En contraste, Preisner et al. (2020) al evaluar 18 PTARs con diferentes tecnologías determinaron 12,86 mg/L de SST, resultado que fue menor que lo encontrado y se debe principalmente al tipo de tecnologías de las plantas de tratamiento en estudio.

Para pH se obtuvo mayor cantidad en P3 (6,33 pH) y menor en P1 (5,53 pH) (Tabla 14), el valor reportado en el efluente cumplió los LMP (6,5 a 8,5 de pH) del Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. Carhuas y Olarte (2021) evaluaron el nivel de riesgo ambiental en la laguna de Paca producido por el vertimiento de aguas residuales y determinaron un valor de 7,1 de pH, que al ser comparado con la investigación hay una diferencia significativa ya que muestra un pH ligeramente alcalino.

Para DQO, se registró mayor DQO en P1 (83,03 mg/L) y menor en P3 (60,70 mg/L) (Tabla 14), esto demuestra que la concentración de DQO en el efluente cumplió los LMP (200 mg/L) del Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. Al respecto, Vásquez y Chenta (2018) evaluaron el impacto ambiental y social en el sector Juan Antonio por la emisión de aguas residuales y encontraron una DQO de 48 mg/L, valor que se asemeja a lo reportado, la carga contaminante estimada en el efluente cumple los LMP.

Para DBO<sub>5</sub>, se obtuvo mayor carga contaminante en P1 (45,23 mg/L) y menor en P3 (24,10 mg/L) (Tabla 14), en este último punto el valor indica que el efluente cumplió los LMP (100 mg/L) del Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. En contraste, Vásquez y Chenta (2018) determinaron para DBO<sub>5</sub> un valor de 22 mg/L, que es menor al valor encontrado en el efluente de las lagunas de oxidación.

Para AyG se encontró mayor concentración en P1 (12,17 mg/L) y menor en P3 (5,90 mg/L) (Tabla 14), en este último punto el valor indica que el efluente cumplió los LMP (20 mg/L) del Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. Vásquez y Chenta (2018) determinaron una concentración de 8 mg/L para AyG que se asemeja al valor encontrado en el efluente.

Para coliformes termotolerantes se obtuvo mayor carga contaminante en P1 y P2 (9 000,00 NMP/100 MI) y menor en P3 (7 333,33 NMP/100 mL), en este último punto el valor indica que el efluente cumplió los LMP (10 000 NMP/100 mL) del Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. Al respecto, Vásquez y Chenta (2018) reportaron para coliformes termotolerantes 4 001 NMP/100 mL, valor que fue menor a lo encontrado en el efluente de las lagunas de oxidación.

### 1.1.3. Fuentes de peligro identificados en el área de las aguas de las lagunas de oxidación en Agua Blanca

En la siguiente tabla se describen las fuentes de peligro antropogénicos identificados en el área de estudio.

**Tabla 15**  
*Ficha de identificación de peligros en el área de estudio*

Factor	Antrópico	
	Causas	Efectos
Humano	- Generación de efluentes con aguas residuales.	- Contaminación del río Sisa, quebradas, lagunas y especies acuáticas.
	- Generación de residuos sólidos.	- Contaminación de quebradas y río Sisa, además de la generación de inundaciones por residuos sólidos.
	- Generación de sustancias tóxicas.	- Impacto en la calidad del agua de los ríos y la salud de las personas.
	- Generación de productos.	- Contaminación de ríos por efluentes procedentes de la elaboración de productos.
	- Manejo de combustible en grifos.	- Afectación a la calidad de las fuentes naturales, salud de personas y animales.
Ecológico	- Tala de especies forestales.	- Pérdida de especies maderables y aumento del calentamiento global.
	- Caza indiscriminada de fauna silvestre.	- Ausentismo de la fauna silvestre en la zona.
	- Alteración al paisaje natural.	- Afectación a la flora, fauna y calidad del agua del río.
	- Control de los recursos hídricos.	- Contaminación de aguas del río Sisa y quebradas con influencia directa en la laguna de oxidación.
	- Empleo excesivo de pesticidas en actividades agrícolas.	- Contaminación de origen natural e impacto en la salud de las personas.
	- Uso excesivo de sustancias tóxicas.	- Impacto en la inmunidad de los sujetos, la fauna y el medio natural.

Socioeconómico	- Patrimonio y capital productivo.	- Disminución de la incidencia del turismo por la presencia de la laguna de oxidación.
	- Baja participación ciudadana.	- Mantenimiento y cuidado de las lagunas de oxidación.
	- Escasa área urbana para habilitación.	- Malos olores y perturbación a la población en sus actividades diarias.

Se identificaron los peligros causados por las aguas servidas de la laguna de oxidación provenientes de las actividades antrópicas, donde se estimó causas y posibles efectos. A comparación de Kayira y Wanda (2021) determinaron que las aguas residuales del hospital Central de Mzuzu presentaron un nivel de contaminación significativo lo cual perjudicaba la calidad del agua.

#### 1.1.4. Definición del suceso iniciador en el área de las aguas de las lagunas de oxidación en Agua Blanca

A continuación, se describe el suceso iniciador definido para los elementos de riesgo.

**Tabla 16**

*Criterios de consideración para la definición del evento de elementos de riesgo humano*

Elemento de riesgo	Suceso iniciador/Parámetros de evaluación	Parámetros	Fuentes de información
Actividades antrópicas	Generación de efluentes con aguas residuales	64 m <sup>3</sup> /día	Municipalidad distrital de Agua Blanca
	Generación de residuos sólidos	22 kg/día	
	Generación de sustancias tóxicas	6 litros/día	
	Generación de productos	12 litros/día	
	Manejo de combustible en grifos	4 litros/día	

Nota. Tomado de Municipalidad distrital de Agua Blanca

Se establecieron los criterios de consideración para la definición del evento de elementos de riesgo humano de las actividades antrópicas; con la generación de efluentes con aguas residuales de 64 m<sup>3</sup>/día, generación de residuos sólidos de 22 kg/día, generación de sustancias tóxicas de 6 litros/día, generación de productos de 12 litros/día y manejo de combustible en grifos de 4 litros/día.

**Tabla 17**

*Criterios de consideración para la definición del evento de elementos de riesgo ecológico*

Elemento de riesgo	Suceso iniciador/Parámetros de evaluación	Parámetros	Fuentes de información
Agua	Temperatura	21,89 °C	Resultados de laboratorio EQUAS
	Sólidos totales en suspensión	76,81 mg/L	
	pH	5,9	
	DQO	73,59 mg/L	
	DBO <sub>5</sub>	36,91 mg/L	
	Aceites y Grasas	8,44 mg/L	
Coliformes termotolerantes	8 444,44 NMP/100 mL		

Nota. Tomado de resultados de laboratorio EQUAS

Se establecieron los criterios de consideración para la definición del evento de elementos de riesgo ecológico. Para la temperatura de 21,89 °C, SST de 76,81 mg/L, pH de 5,9, DQO de 73,59 mg/L, DBO<sub>5</sub> de 36,91 mg/L, AyG con 8,44 mg/L y coliformes termotolerantes de 8 444,44 NMP/100 mL. Al respecto, Carhuas y Oliarte (2021) al evaluar el riesgo ambiental en la laguna de Paca identificaron como fuentes de peligro a los pozos sépticos, el canal de riego y la planta de tratamiento de aguas residuales; encontraron un riesgo ambiental moderado (56,7%) por descarga de aguas residuales en la laguna de Paca, así también, el riesgo ambiental que presentó la laguna de Paca en referencia a parámetros fisicoquímicos y microbiológicos fue moderado.

**Tabla 18**

*Criterios de consideración para la definición del evento de elementos de riesgo socioeconómico*

Elemento de riesgo	Suceso iniciador/Parámetros de evaluación	Parámetros	Fuentes de información
Actividad social	Patrimonio y capital productivo	Cantidad de hectáreas	Autor
	Baja participación ciudadana	Cantidad de personas	Autor
	Escasa área urbana para habilitación	Cantidad de hectáreas	Autor

Se establecieron los criterios de consideración para la definición del evento de elementos de riesgo socioeconómico. Se determinó al patrimonio y capital productivo en cantidad de hectáreas, baja participación ciudadana en cantidad de personas y escasa área urbana para habilitación en cantidad de hectáreas.

### 1.1.5. Escenarios formulados en el área de las aguas de las lagunas de oxidación en Agua Blanca

A continuación, se presenta los criterios considerados para la formulación de escenarios en el área de las lagunas de oxidación.

**Tabla 19**

*Criterios a considerar para la formulación de escenarios en la laguna de oxidación del distrito de Agua Blanca*

Tipo de peligro		Sustancia o evento	Escenario de riesgo	Causas	Consecuencias
A	N				
X		Generación de efluentes con aguas residuales	Efluentes	Actividades domésticas	Contaminación de recursos naturales.
X		Generación de residuos sólidos	Suelo y efluentes	Comercio y actividades antrópicas	Contaminación ambiental.
X		Generación de sustancias tóxicas	Suelo y efluentes	Actividades industriales	Afectación en la salud de las personas, animales acuáticos, entre otros.

X	Generación de productos	Casco urbano	Actividades industriales	Contaminación de los recursos hídricos, suelo y aire.
X	Manejo de combustible en grifos	Casco urbano	Actividades industriales	Contaminación en los componentes ambientales.
X	Temperatura	Laguna, ríos y quebradas	Actividades domésticas	Afectación del agua, salud de las personas y ambiental.
X	Sólidos totales en suspensión	Laguna, ríos y quebradas	Actividades domésticas	Afectación del agua, salud de las personas y ambiental.
X	pH	Laguna, ríos y quebradas	Actividades domésticas	Afectación del agua, salud de las personas y ambiental.
X	DQO	Laguna, ríos y quebradas	Actividades domésticas	Afectación del agua, salud de las personas y ambiental.
X	DBO <sub>5</sub>	Laguna, ríos y quebradas	Actividades domésticas	Afectación del agua, salud de las personas y ambiental.
X	Aceites y Grasas	Laguna, ríos y quebradas	Actividades domésticas	Afectación del agua, salud de las personas y ambiental.
X	Coliformes termotolerantes	Laguna, ríos y quebradas	Actividades domésticas	Afectación del agua, salud de las personas y ambiental.
X	Patrimonio y capital productivo	Distrito de Agua Blanca	Turismo y actividades agrícolas	Disminución del turismo y productividad agrícola.
X	Baja participación ciudadana	Distrito de Agua Blanca	Desinterés	Mejoramientos del distrito.
X	Escasa área urbana para habilitación	Distrito de Agua Blanca	Conflictos sociales	Empobrecimiento y crecimiento económico.

Nota. A: Antrópico, N: Natural

Se determinó que todos los peligros identificados son de tipología antrópica. Se consideraron las sustancias o eventos consignados en las Tablas 16, 17 y 18. Los escenarios de riesgo más relevantes las lagunas, ríos y quebradas que reciben los efluentes de las lagunas de oxidación. Entre las principales causas identificadas se tuvo a las actividades domésticas e industriales. Finalmente, se describieron una serie de consecuencias donde destaca la afectación del agua, salud de las personas y ambiente en general. Al respecto, Fernández (2018) En el AA.HH. Virgen de las Peñas en Tiabaya, encontró la existencia de dos escenarios categorizados como riesgo moderado en relación al funcionamiento de la planta; por otro lado, los peligros identificados fueron la afectación de la ciudad por aparición de olores y ruidos, colapso de buzones, propagación de plagas, migración de aves silvestres, disminución del valor de viviendas, alteración de la calidad del suelo, ingresos económicos bajos por polución de suelos de cultivos y áreas verdes perdidas.

## 4.2. Probabilidad y gravedad de las consecuencias generado por las lagunas de oxidación de aguas residuales

A continuación, se describe la probabilidad y gravedad de las consecuencias que se generan por las lagunas de oxidación de aguas residuales.

**Tabla 20**

*Matriz de probabilidad de las consecuencias por las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca*

Consecuencias	Valor		Probabilidad
Contaminación de recursos naturales.	5	Muy probable	< una vez a la semana
Contaminación ambiental.	3	Probable	> una vez al mes y < una vez al año
Afectación en la inmunidad de las personas, animales acuáticos, entre otros.	3	Probable	> una vez al mes y < una vez al año
Contaminación de los recursos hídricos, suelo y aire.	2	Posible	> una vez al año y < una vez cada 05 años
Contaminación en los componentes ambientales.	3	Probable	> una vez al mes y < una vez al año
Afectación del agua, salud de las personas y ambiental.	1	Poco probable	> una vez cada 05 años
Afectación del agua, salud de las personas y ambiental.	4	Altamente probable	> una vez a la semana y < una vez al mes
Afectación del agua, salud de las personas y ambiental.	4	Altamente probable	> una vez a la semana y < una vez al mes
Afectación del agua, salud de las personas y ambiental.	4	Altamente probable	> una vez a la semana y < una vez al mes
Afectación del agua, salud de las personas y ambiental.	4	Altamente probable	> una vez a la semana y < una vez al mes
Afectación del agua, salud de las personas y ambiental.	5	Muy probable	< una vez a la semana
Afectación del agua, salud de las personas y ambiental.	5	Muy probable	< una vez a la semana
Disminución del turismo y productividad agrícola.	1	Poco probable	> una vez cada 05 años
Mejoramientos del distrito.	2	Posible	> una vez al año y < una vez cada 05 años
Empobrecimiento y crecimiento económico.	1	Poco probable	> una vez cada 05 años

Nota. La probabilidad de consecuencias identificadas corresponde al tipo de impacto antrópico

Se estimó la probabilidad de las consecuencias por las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca. Al respecto, Ospanov et al. (2020) determinaron mediante su investigación que los efluentes residuales de los estanques de almacenamiento al infiltrarse en el suelo pueden alterar la calidad de aguas subterráneas y pueden determinar la calidad del agua del río Tobol.

**Tabla 21**

*Gravedad de las consecuencias del escenario por humanos generado por las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca*

<b>Escenario de riesgo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Peligrosidad</b>	<b>Extensión</b>	<b>Población afectada/Calidad del medio/Patrimonio y capital productivo</b>	<b>Valor</b>
Efluentes	Muy alta	Muy peligrosa	Muy extenso	Muy alto	4
Suelo y efluentes	Alta	Peligrosa	Extenso	Alto	3
Suelo y efluentes	Alta	Peligrosa	Extenso	Alto	3
Casco urbano	Poca	Poco peligrosa	Poco extenso (Emplazamiento)	Bajo	2
Casco urbano	Alta	Peligrosa	Extenso	Alto	3

Se determinó la gravedad del factor humanos según los escenarios de riesgos generado por las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca. En contraste, Carhuas y Olarte (2021) determinaron que la consecuencia por el entorno humano donde se obtuvo el valor resultante de 11, luego del análisis, la probabilidad de ocurrencia continúa, en este caso el valor establecido a la probabilidad es muy probable, porque el evento ocurre más de una vez por semana en relación a la descarga de aguas residuales. En última instancia, el riesgo se calificó en 15, que es un riesgo moderado.

**Tabla 22**

*Gravedad de las consecuencias del escenario ecológico generado por las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca*

<b>Escenario de riesgo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Peligrosidad</b>	<b>Extensión</b>	<b>Población afectada/Calidad del medio/Patrimonio y capital productivo</b>	<b>Valor</b>
Laguna, ríos y quebradas	Muy poca	No peligrosa	Puntual (Área afectada)	Baja	1
Laguna, ríos y quebradas	Muy alta	Muy peligrosa	Muy extenso	Muy elevada	4
Laguna, ríos y quebradas	Muy alta	Muy peligrosa	Muy extenso	Muy elevada	4
Laguna, ríos y quebradas	Muy alta	Muy peligrosa	Muy extenso	Muy elevada	4
Laguna, ríos y quebradas	Muy alta	Muy peligrosa	Muy extenso	Muy elevada	4

Se determinó la gravedad del factor ecológico según los escenarios de riesgos generado por las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca. En contraste, Requena (2023) encontró que las consecuencias del escenario de riesgo ambiental ocurrido en la laguna facultativa del área de Santa Rosa de Ocopa presentaron riesgos importantes, justificando la importancia de proponer estrategias de control para minimizar o eliminar las consecuencias de estos riesgos.

**Tabla 23**

*Gravedad de las consecuencias del escenario por humanos generado por las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca*

Escenario de riesgo	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Población afectada/Calidad del medio/Patrimonio y capital productivo	Valor
Distrito de Agua Blanca	Muy poca	No peligrosa	Puntual (Área afectada)	Muy bajo	1
Distrito de Agua Blanca	Poca	Poco peligrosa	Poco extenso (Emplazamiento)	Bajo	2
Distrito de Agua Blanca	Muy poca	No peligrosa	Puntual (Área afectada)	Muy bajo	1

Se determinó la gravedad del factor socioeconómico según los escenarios de riesgos generado por las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca. En contraste, Alvarado (2018) en el entorno socioeconómico de la construcción de una PTAR en Rioja, calificó como riesgo moderado a los bajos niveles de oferta laboral e ingresos económicos, migración de áreas rurales a urbanas y limitada superficie urbana como habitable.

### 4.3. Nivel de riesgo ambiental generado por las lagunas de oxidación de aguas residuales

A continuación, se describen los niveles de riesgo ambiental determinados para cada uno de los entornos estudiados y a nivel general.

**Tabla 24**

*Estimación del nivel de riesgo ambiental con el elemento de riesgo para humanos por la laguna de oxidación del distrito de Agua Blanca*

Identificación de riesgo y vulnerabilidad		Niveles de vulnerabilidad		
Consecuencias	Calificación	Valor	Total	Equivalente %
Contaminación de recursos naturales.	Grave	4		
Contaminación ambiental.	Moderado	3		
Afectación en la salud de las personas, animales acuáticos, entre otros.	Moderado	3		
Contaminación de los recursos hídricos, suelo y aire.	Leve	2	15	60 %
Contaminación en los componentes ambientales.	Moderado	3		

Se estableció el nivel de riesgo ambiental del factor humano según las consecuencias generadas por las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca, obteniendo tres consecuencias moderadas, una grave y una leve, además, se obtuvo un valor total de 15 que calificó al entorno humano en riesgo ambiental moderado. En contraste, Torres (2021) estableció que nivel de riesgo ambiental para el entorno humano fue de alto con valor de 0,5 a 5.

**Tabla 25**

*Estimación del nivel de riesgo ambiental con el elemento de riesgo ecológico por la laguna de oxidación del distrito de Agua Blanca*

Identificación de riesgo y vulnerabilidad		Niveles de vulnerabilidad		
Consecuencias	Calificación	Valor	Total	Equivalente %
Afectación del agua, salud de las personas y ambiental.	No relevante	1		
Afectación del agua, salud de las personas y ambiental.	Grave	4		
Afectación del agua, salud de las personas y ambiental.	Grave	4		
Afectación del agua, salud de las personas y ambiental.	Grave	4	25	100 %
Afectación del agua, salud de las personas y ambiental.	Grave	4		
Afectación del agua, salud de las personas y ambiental.	Grave	4		
Afectación del agua, salud de las personas y ambiental.	Grave	4		

Se estableció el nivel de riesgo ambiental del factor ecológico según las consecuencias generadas por las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca, encontrando solo una consecuencia no relevante y seis consecuencias graves, además, se obtuvo un valor total de 25 que calificó al entorno ecológico en riesgo ambiental significativo. En contraste, Requena (2023) encontró una equivalencia porcentual de 72 %, con un nivel de riesgo que no es significativo.

**Tabla 26**

*Estimación del nivel de riesgo ambiental con el elemento de riesgo socioeconómico por la laguna de oxidación del distrito de Agua Blanca*

Identificación de riesgo y vulnerabilidad		Niveles de vulnerabilidad		
Consecuencias	Calificación	Valor	Total	Equivalente %
Disminución del turismo y productividad agrícola.	No relevante	1		
Mejoramientos del distrito.	Leve	2	4	18 %
Empobrecimiento y crecimiento económico.	No relevante	1		

Se estableció el nivel de riesgo ambiental del factor socioeconómico según las consecuencias generadas por las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito

de Agua Blanca, encontrando dos consecuencias no relevantes y una leve, además, se obtuvo un valor total de 4 que calificó al entorno socioeconómico en riesgo ambiental leve. En contraste, Vasquez y Chenta (2018) determinaron que el potencial impacto del vertido de aguas contaminadas tiene consecuencias negativas, especialmente en términos de salud pública, ya que estas tuberías desarrollan grietas unos metros antes de llegar al desagüe, provocando que se rieguen directamente sobre los cultivos de arroz situados cerca del lugar de venta en la Ciudad de Moyobamba y es consumido por los pobladores causándoles ciertos problemas a la salud.

El entorno humano, ecológico y socioeconómico se calificaron en riesgo ambiental moderado (Valor = 15, 60 %), significativo (Valor = 25, 100 %) y leve (Valor = 4, 18 %), respectivamente. En contraste, Torres (2021) en pozas de estabilización de las aguas residuales San Pablo en Sapallanga, encontró niveles de riesgo ambiental significativos para los tres entornos, con un valor de 76 % para el entorno natural, 76 % para el socioeconómico y 68 % para el entorno humano.

#### **4.3.1. Caracterización de los riesgos ambientales en las lagunas de oxidación de aguas residuales**

Se determinó que la presencia de la laguna de oxidación en el distrito de Agua Blanca representa un nivel de riesgo moderado (valor = 15) con un equivalente porcentual de 59,3 %. Al respecto, Torres (2021) estimó un nivel de riesgo significativo (72%) para los 3 entornos estudiados (socioeconómico, natural y humano), lo cual difiere en un equivalente porcentual de 12,7 % en relación a lo encontrado. Esta diferencia se atribuye a la calificación de cada una de los escenarios y consecuencias en los tres entornos estudiados.

#### **4.4. Medidas para el control de riesgos ambientales generado por lagunas de oxidación de aguas residuales**

A continuación, se presentan las medidas preventivas para los eventos ocasionados por la laguna de oxidación que se ubica a metros del distrito de Agua Blanca.

**Tabla 27**

*Matriz de medidas preventivas en el factor humanos para los riesgos ocasionado por la laguna de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca*

<b>Suceso iniciador/Parámetros de evaluación</b>	<b>Medida propuesta</b>	<b>Medio de verificación</b>
Generación de efluentes con aguas residuales.	Instalación de filtros ecológicos en sistemas de drenaje.	Municipalidad distrital de Agua Blanca.
Generación de residuos sólidos.	Educación ambiental en el manejo de residuos sólidos.	

Generación de sustancias tóxicas.	Charlas de sensibilización en el manejo de agroquímicos.
Generación de productos.	Plantear un plan de manejo.
Manejo de combustible en grifos.	Plantear un plan de manejo de combustibles.

Se propusó las medidas preventivas para el factor humano de acuerdo a los sucesos provocados por la laguna de oxidación. Estas medidas se compararon con las de Jiménez (2018) quien propuso charlas de sensibilización de parte de los trabajadores hacia la población incluido conversatorios de educación ambiental, asimismo, la coordinación previa con las autoridades municipales para el trabajo activo entre la población y municipio.

**Tabla 28**

*Matriz de medidas preventivas en el factor ecológico para los riesgos provocados por la laguna de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca*

<b>Suceso iniciador/Parámetros de evaluación</b>	<b>Medida propuesta</b>	<b>Medio de verificación</b>
Temperatura SST pH DQO DBO <sub>5</sub> Aceites y Grasas Coliformes termotolerantes	Sostenimiento de la laguna de oxidación cada 5 años.  Mantenimiento de la laguna de oxidación cada 5 años.	Municipalidad distrital de Agua Blanca.

Se propusó las medidas preventivas del factor ecológicos de acuerdo a los sucesos provocados por la laguna de oxidación. Al respecto, Fernández (2018) planteó asegurar un mantenimiento adecuado de los equipos mecánicos y electromecánicos, implementar un plan de mantenimiento, que incluirá un listado de los equipos a revisar, y el proyecto de mantenimiento cubrirá un formato de fijación de fechas. plan de mantenimiento y persona responsable.

**Tabla 29**

*Matriz de medidas preventivas en el factor socioeconómico para los riesgos ocasionados por la laguna de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca*

<b>Suceso iniciador/Parámetros de evaluación</b>	<b>Medida propuesta</b>	<b>Medio de verificación</b>
Patrimonio y capital productivo.	Reforestación e impulso agrícola.	Municipalidad distrital de Agua Blanca.
Escasa área urbana para habilitación.	Habilitar áreas urbanas.	Municipalidad distrital de Agua Blanca y pobladores.
Baja participación ciudadana.	Formación de comités de organizaciones.	

Se propusó las medidas preventivas del factor socioeconómico de acuerdo a los sucesos provocados por la laguna de oxidación. En contraste, Macías (2019) propusó actividades de reforestación junto con autoridades y pobladores, limpieza de áreas urbanas y promover la siembra de algunos productos agrícolas, entre otras.

## CONCLUSIONES

La variable identificación de peligros y escenarios no se relaciona significativamente con la variable peligro, pero sí con los escenarios, con la cual tiene una relación fuerte. El efluente de las lagunas de oxidación cumple los LMP del Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. Entre los peligros identificados destacan la generación de efluentes, residuos sólidos, sustancias tóxicas y productos, alteración del paisaje natural, control inadecuado de los recursos hídricos, patrimonio y capital humano, etc. Los escenarios de riesgo más relevantes son los efluentes, suelos, lagunas, ríos y quebradas.

En el área de las lagunas de oxidación destacan consecuencias muy probables y graves como la contaminación de recursos naturales y, afectación del agua, salud humana y al ambiente en general en el entorno humano y ecológico, respectivamente, mientras que, en el entorno socioeconómico no existen escenarios de riesgo peligrosos.

El entorno humano representa un nivel de riesgo ambiental moderado (valor = 15, 60 %), el entorno ecológico tiene riesgo ambiental significativo (valor = 25, 100 %), mientras que, el riesgo ambiental en el entorno socioeconómico se presenta en un nivel no significativo (valor = 4, 18 %). Además, en general las lagunas de oxidación de aguas residuales en el distrito de Agua Blanca son de nivel moderado (valor = 15, 59,3 %).

Se establecen medidas para el control de riesgos ambientales generados por las lagunas de oxidación de aguas residuales, para el entorno humano: instalación de filtros ecológicos en sistemas de drenaje, educación ambiental en el manejo de residuos sólidos, charlas de sensibilización en el manejo de agroquímicos, diseño de un plan de manejo de combustibles; para el entorno ecológico: mantenimiento de la laguna de oxidación cada 5 años; y, para el factor socioeconómico: reforestación e impulso agrícola, formación de comités de organizaciones y habilitar áreas urbanas.

## RECOMENDACIONES

A las autoridades municipales del distrito de Agua Blanca y autoridades estatales responsables del cuidado del ambiente, proponer proyectos para la disminución de los peligros y escenarios presentes por la laguna de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca. Ya que esto afecta a los recursos hídricos y especies acuáticas.

A los encargados del área de Gestión Ambiental del Municipio Distrital de Agua Blanca, estimar un especialista de campo para determinar las probabilidad y gravedad de los efectos que son ocasionados por la laguna de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca.

Los niveles de riesgo ambiental generado por las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca, estimar un proyecto directo para el mantenimiento y cuidado de la laguna ya que es uno de los tratamientos ecológicos más efectivos en la disminución de los parámetros fisicoquímicos y biológicos.

A los encargados del área de Gestión Ambiental del Municipio Distrital de Agua Blanca y otros, tener en cuenta las medidas para el control de riesgos ambientales generado por las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca, disminuyendo el grado de polución de las aguas naturales entre otros factores ambientales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmadov, E. (2020). *Water resources management to achieve sustainable development in Azerbaijan. Sustainable Futures*, 2(100030), 100030. <https://doi.org/10.1016/j.sftr.2020.100030>
- Ali, A. E., Salem, W. M., Younes, S. M., & Kaid, M. (2020). *Modeling climatic effect on physiochemical parameters and microorganisms of Stabilization Pond Performance. Heliyon*, 6(5), e04005. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04005>
- Alvarado, B. & Ledvir, R. (2018). *Evaluación de Riesgos Ambientales en el proceso constructivo de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Rioja – 2017*. Universidad César Vallejo.
- Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). (2007). *Normas de gestion ambiental, calidad y prevencion*.
- Bhat, S. U., & Qayoom, U. (2021). *Implications of Sewage Discharge on Freshwater Ecosystems. Sewage - Recent Advances, New Perspectives and Applications*. <https://doi.org/10.5772/INTECHOPEN.100770>
- Bovea, D., Colomer, F., Ibáñez, V., y Bernad, D. (2013). *Gestión ambiental en la empresa: legalización, puesta en marcha y explotación*. Universitat Jaume I.
- Brenner, A., & Abeliovich, A. (2013). *Water purification: Algae in wastewater oxidation ponds. Handbook of Microalgal Culture: Applied Phycology and Biotechnology: Second Edition*, 595–601. <https://doi.org/10.1002/9781118567166.CH31>
- Carhuas, L. E., y Olarte, E. L. (2021). *Evaluación de riesgos ambientales en la laguna de Paca debido a las descargas de las aguas residuales - Jauja 2021*. Universidad Continental
- Casal, J., Montiel, H., Planas, E., y Vílchez, J. (1999). *Análisis del riesgo en instalaciones industriales* (Ediciones UPC, Ed.; Primera edición).
- Coors, A., Vollmar, P., Sacher, F., Polleichtner, C., Hassold, E., Gildemeister, D., & Kühnen, U. (2018). *Prospective environmental risk assessment of mixtures in wastewater treatment plant effluents – Theoretical considerations and experimental verification. Water Research*, 140, 56–66. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.04.031>

- Cusiche Pérez, L. F., & Miranda Zambrano, G. A. (2019). *Contaminación por aguas residuales e indicadores de calidad en la reserva nacional "Lago Junín"*, Perú. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(6), 1433–1447. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i6.1870>
- Custodio, M., y Chávez, E. S. (2019). *Evaluación del estado trófico del río Cunas mediante índices físicos, químicos y biológicos, en dos periodos climáticos-Junín, Perú.* *Ambiente*, 1(1–2), 27–36. <https://revistas.uncp.edu.pe/index.php/ambiente/article/view/93>
- Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM de 2010 [Ministerio del Ambiente - MINAM]. *Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR), para el sector Vivienda.* 17 de marzo de 2010. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/limites-maximos-permisibles-lmp-efluentes-plantas-tratamiento-aguas>
- Delgado, A., Cuadra, D., Simon, K., Bonilla, K., Tineo, K., & Huamani, E. (2021). *Evaluation of Water Quality in the Lower Huallaga River Watershed using the Grey Clustering Analysis Method. (IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 12(1), 481–492. [www.ijacsa.thesai.org](http://www.ijacsa.thesai.org)
- Desye, B., Belete, B., Amare Alemseged, E., Angaw, Y., & Asfaw Gebrezgi, Z. (2022). *Evaluation of Waste Stabilization Pond Efficiency and Its Effluent Water Quality: A Case Study of Kito Furdisa Campus, Jimma University, Southwest Ethiopia.* *The Scientific World Journal*, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2022/2800034>
- Dos Santos, S. L., & Van Haandel, A. (2021). *Transformation of waste stabilization ponds: reengineering of an obsolete sewage treatment system.* *Water*, 13(9), 1193. <https://doi.org/10.3390/W13091193>
- European Environment Agency (EEA). (2023). *What are the main sources of water pollution?* European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/help/faq/what-are-the-main-sources>
- Falcones, L. C. (2020). *Evaluación de los niveles de afectación provocados por las lagunas de oxidación en la población del Cantón San Vicente, Provincia de Manabí.* Universidad Agraria del Ecuador
- Fernández, R. (2018). *Evaluación de riesgos ambientales de la planta de tratamiento de aguas residuales del AA. HH Virgen de las Peñas, Tiabaya, 2018.* Universidad Alas Peruanas

- Galatchi, L. D. (2006). *Environmental risk assessment. Chemicals as Intentional and Accidental Global Environmental Threats*, 1–6. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5098-5\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5098-5_1)
- Gama, E. Y. (2017). *Rediseño a las lagunas de estabilización existentes en la empresa BIOH2O S.A.S.* Universidad de Cundimarca.
- Goswami, R. K., Agrawal, K., & Verma, P. (2022). *Phycoremediation of nitrogen and phosphate from wastewater using Picochlorum sp.: A tenable approach. Journal of Basic Microbiology*, 62(3–4), 279–295. <https://doi.org/10.1002/JOBM.202100277>
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta ed.). MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Ihobe. (2009). *Identificación y evaluación de aspectos ambientales.* [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/123182/identificacion\\_\\_y\\_evaluacion\\_de\\_aspectos\\_ambientales.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/123182/identificacion__y_evaluacion_de_aspectos_ambientales.pdf)
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2017). *Anuario de estadísticas ambientales 2017.*
- Jimenez, E. (2017). *MF1974\_3 - Prevención de riesgos ambientales.* Editorial ELEARNING S.L.
- Jimenez, E. (2018). *UF1946 - Realización de auditorías e inspecciones ambientales, control de las desviaciones del SGA.* Editorial ELEARNING S.L.
- Kayira, F., & Wanda, E. M. M. (2021). *Evaluation of the performance of Mzuzu Central Hospital wastewater oxidation ponds and its effect on water quality in Lunyangwa River, Northern Malawi. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 123, 103015. <https://doi.org/10.1016/J.PCE.2021.103015>
- Liu, L., Hall, G., & Champagne, P. (2018). *Disinfection processes and mechanisms in wastewater stabilization ponds: a review. Environmental Reviews*, 26(4), 417–429. <https://doi.org/10.1139/ER-2018-0006>
- Macias, K. S. (2019). *Evaluación ex post de los impactos socio-ambientales de la laguna de oxidación de la ciudad de Portoviejo.* Universidad Estatal del Sur de Manabí
- Mahapatra, S., Samal, K., & Dash, R. R. (2022). *Waste stabilization pond (WSP) for wastewater treatment: A review on factors, modelling and cost analysis. Journal of Environmental Management*, 308, 114668. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2022.114668>

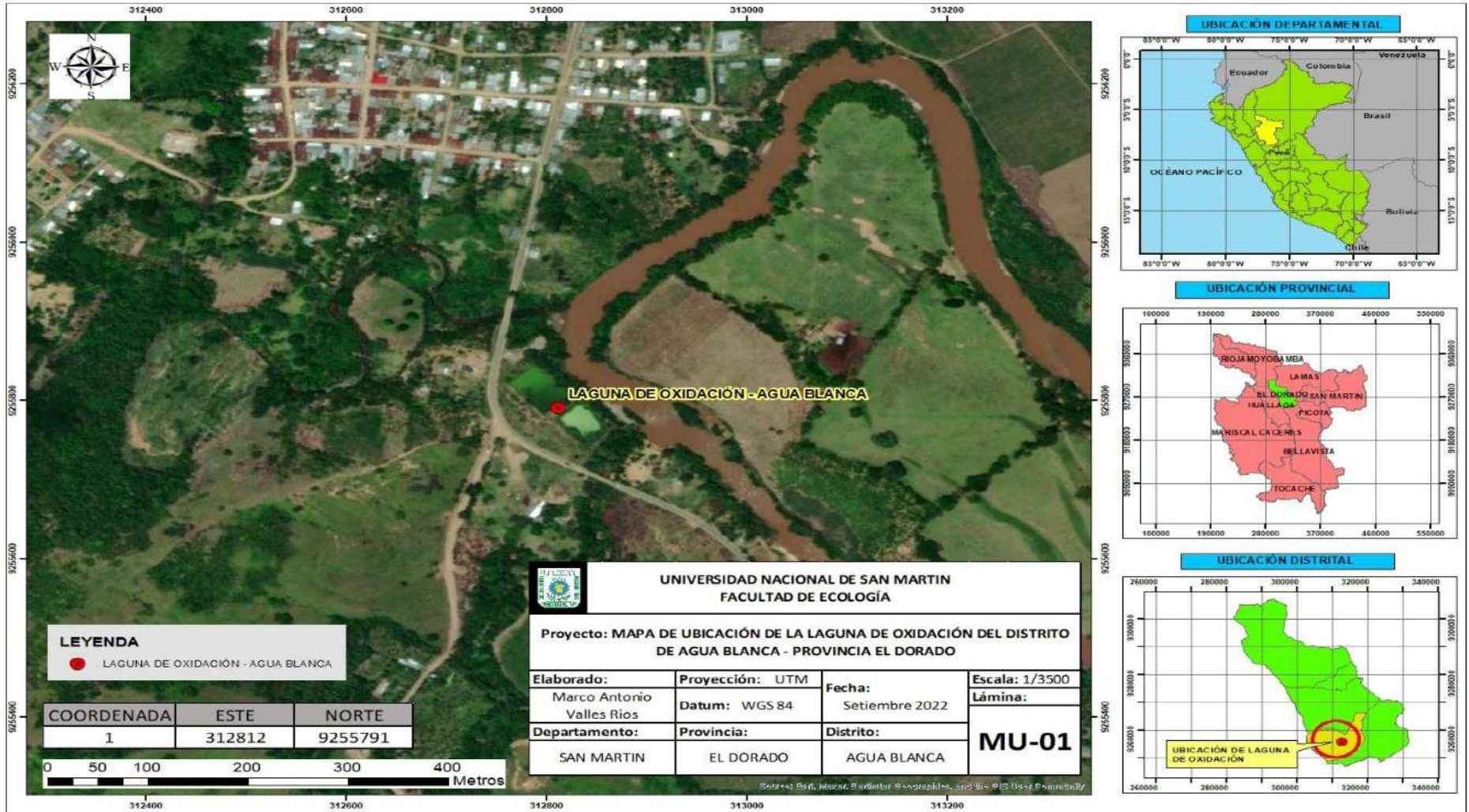
- Mara, D. D., Mills, S. W., Pearson, H. W., & Alabaster, G. P. (1992). *Waste stabilization ponds: A viable alternative for small community treatment systems*. *Water and Environment Journal*, 6(1), 72–78. <https://doi.org/10.1111/J.1747-6593.1992.TB00740.X>
- Martinez, J. M. (2019). *Characterizing accumulated oxidation pond biosolids at the Arcata wast.* Cal Poly Humboldt Theses and Projects. <https://digitalcommons.humboldt.edu/etd/309/>
- Martínez, M. R. (2008). *Análisis comparativo de las lagunas de estabilización de la EAP, bajo condiciones anaerobias con fines energéticos*. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/5665>
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2010). *Guía de evaluación de riesgos ambientales*. [https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/guia\\_riesgos\\_ambientales.pdf](https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/guia_riesgos_ambientales.pdf)
- Moncada, P. E. (2021). *Operación e impacto ambiental de la laguna de oxidación en el distrito de Chilca-2017*. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión
- Norma OS.090. *Plantas de tratamiento de aguas residuales*. Retrieved April 14, 2023, from [https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas\\_Legales/saneamiento/O S.090.pdf](https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas_Legales/saneamiento/O S.090.pdf)
- Novillo, C. (2022). *¿Qué es riesgo ambiental y ejemplos?* Ecología Verde. <https://www.ecologiaverde.com/que-es-riesgo-ambiental-y-ejemplos-2014.html>
- Olano, A. A., y Vásquez, A. E. (2019). *Impacto ambiental de las aguas de la laguna de estabilización del distrito de Santa Rosa, Lambayeque, 2019*. Universidad de Lambayeque
- Oshana Regional Council, & Consulting Services Africa. (2021). *Existing oxidation ponds un Uukwangula Settlement, Oshana Region. Environmental management plan (Operation phase)*. [http://the-eis.com/elibrary/sites/default/files/downloads/literature/2752\\_EMP\\_Operations%20and%20management%20of%20oxidation%20ponds%20in%20Uukwangula%20settlemnt\\_Oshana%20region.pdf](http://the-eis.com/elibrary/sites/default/files/downloads/literature/2752_EMP_Operations%20and%20management%20of%20oxidation%20ponds%20in%20Uukwangula%20settlemnt_Oshana%20region.pdf)
- Ospanov, K., Rakhimov, T., Myrzakhmetov, M., & Andraka, D. (2020). *Assessment of the impact of sewage storage ponds on the water environment in surrounding area*. *Water*, 12(9), 2483. <https://doi.org/10.3390/W12092483>

- Palacios, Anita (2019). *Estudio sobre los principales problemas existentes en las lagunas de estabilización*. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- Paredes, C. (2018). *Manual. Prevención de riesgos ambientales (MF1974\_3)*. Editorial CEP S.L.
- Preisner, M., Neverova-Dziopak, E., & Kowalewski, Z. (2020). *Analysis of eutrophication potential of municipal wastewater*. *Water Science and Technology*, 81(9), 1994–2003. <https://doi.org/10.2166/WST.2020.254>
- Qadir, M., Drechsel, P., Jiménez, B., Kim, Y., Pramanik, A., Mehta, P., & Olaniyan, O. (2020). *Global and regional potential of wastewater as a water, nutrient and energy source*. *Natural Resources Forum*, 44(1), 40–51. <https://doi.org/10.1111/1477-8947.12187>
- Requena, Diana (2023) *Evaluación de los riesgos ambientales de las lagunas facultativas de aguas residuales en el distrito de Santa Rosa de Ocopa-Concepción 2021*. Universidad Continental
- Rubio, J. C. (2015). *Manual para la formación de nivel superior en prevención de riesgos laborales* (Ediciones Díaz de Santos S.A., Ed.).
- Ruiz, J., Ruiz, F. J., González, E., Minaya, A., Ruiz, J. J., y Garcés de Marsilla, A. (2004). *Análisis del riesgo en los establecimientos de nivel inferior: Guía técnica* (Dirección General de Protección Civil y Emergencias, Ministerio del Interior Servicio de Publicaciones, & Universidad de Murcia, Eds.).
- Sánchez, C., y Reyes, C. (2006). *Metodología y diseño en la investigación científica* (E. V. Universitaria, Ed.).
- Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (Sunass). (2022). *Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en el ámbito de las empresas prestadoras*. [https://www.sunass.gob.pe/wp-content/uploads/2022/06/Informe-de-diagnostico-de-las-Plantas-de-Tratamiento-de-Aguas-Residuales-PTAR\\_VdigitalConcomentario.pdf](https://www.sunass.gob.pe/wp-content/uploads/2022/06/Informe-de-diagnostico-de-las-Plantas-de-Tratamiento-de-Aguas-Residuales-PTAR_VdigitalConcomentario.pdf)
- Torres, B. (2021). *Evaluación y análisis de riesgos ambientales en las pozas de estabilización de aguas residuales San pablo - Sapallanga 2020*. Universidad Continental
- UNE 15008:2008. (n.d.). *Análisis y evaluación del riesgo ambiental*.

- United Nations World Water Development Report. (2017). *Wastewater The Untapped Resource*. <https://www.unep.org/resources/publication/2017-un-world-water-development-report-wastewater-untapped-resource>
- Ustohalova, V. (2011). *Management and export of wastes: Human health implications*. *Encyclopedia of Environmental Health*, 603–611. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52272-6.00573-0>
- Vásquez, J., y Chenta, K. (2018). *Las aguas residuales domésticas y su impacto ambiental-social en el sector Juan Antonio, Moyobamba, 2018*. Universidad Cesar Vallejo
- Vázquez, F. (2016). *Lagunas de estabilización. Extensionismo, Innovación y Transferencia Tecnológica*, 3(0), 148–163. <https://doi.org/10.30972/EITT.303004>

# ANEXOS

## Anexo 1. Ubicación del área de estudio



**Anexo 2.** Ficha de identificación de peligros

Factor		Humano	Ecológico	Socioeconómico
Antrópico	Causas			
	Efectos			





## Anexo 5. Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis y variable	Metodología
<p><b>Problema:</b> ¿Cuál es el nivel de los riesgos ambientales en las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca, El Dorado 2023?</p>	<p><b>Objetivo general:</b> Evaluar los riesgos ambientales en las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca, El Dorado, 2023.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar los peligros y escenarios presentes en el área de influencia de las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca.</li> <li>- Estimar la probabilidad y gravedad de las consecuencias generado por las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca.</li> <li>- Estimar el nivel de riesgo ambiental generado por las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca.</li> <li>- Proponer medidas para el control de riesgos ambientales generado por las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca.</li> </ul>	<p><b>Hipótesis de investigación:</b> Los riesgos ambientales en las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca, El Dorado, 2023, son significativos.</p> <p><b>Variables:</b> Univariable: Riesgos ambientales.</p>	<p><b>Tipo de investigación:</b> Básica.</p> <p><b>Nivel de investigación:</b> Descriptivo.</p> <p><b>Diseño de investigación:</b> M - - - - - &gt; O M: Muestra. O: Observación de la variable.</p> <p><b>Población:</b> La población en la presente investigación estará conformada por el área de influencia directa de las lagunas de oxidación (3110 m<sup>2</sup>) y su área de influencia indirecta (200 m a la redonda de las lagunas de oxidación) (126430 m<sup>2</sup>). Volumen de agua residual contenido en las lagunas de oxidación = 1555 m<sup>3</sup>.</p> <p><b>Muestra:</b> Representa a la misma población y 45 litros de muestra de agua residual.</p> <p><b>Muestreo:</b> Muestreo por conveniencia, no aleatorio y no probabilístico.</p> <p><b>Técnicas de procesamiento y análisis de datos:</b> Estadística descriptiva.</p>

### Anexo 6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### A) Criterios a considerar para la definición del suceso iniciador

<b>Elemento de riesgo</b>	<b>Suceso iniciador/Parámetros de evaluación</b>	<b>Fuentes de información</b>
.	.	.
.	.	.
.	.	.

Nota. Tomado del MINAM (2010)

#### B) Criterios a considerar para la formulación de escenarios

<b>Zona</b>	<b>Sustancia o evento</b>	<b>Escenario de riesgo</b>	<b>Causas</b>	<b>Consecuencias</b>	<b>Frecuencia Probabilidad</b>
-------------	---------------------------	----------------------------	---------------	----------------------	--------------------------------

Nota. Tomado del MINAM (2010)

#### C) Criterios a considerar para la estimación de gravedad de las consecuencias

<b>N°</b>	<b>Escenario de riesgo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Peligrosidad</b>	<b>Extensión</b>	<b>Población afectada/Calidad del medio/Patrimonio y capital productivo</b>	<b>Gravedad</b>
-----------	----------------------------	-----------------	---------------------	------------------	---	-----------------

Nota. Tomado del MINAM (2010)

## Encuestas

**CUESTIONARIO DE RIESGOS AMBIENTALES EN LAS LAGUNAS DE OXIDACIÓN DE AGUAS RESIDUALES**

El presente cuestionario tiene por finalidad evaluar los riesgos ambientales en las lagunas de oxidación de aguas residuales, el cual estará dirigida a la población. Adquiriendo únicamente información:

Instrucciones: Lea atentamente cada una de las interrogantes y marca con una (X) la alternativa que crea conveniente según la siguiente tabla de valoración.

Duración aprox: 5 min

Genero	Edad	Ocupación
Hombre (...)	De 18 a 30 años (...)	Profesional (...)
Mujer (...)	De 31 a 43 años (...)	Técnico (...)
	De 43 a 55 años (...)	Agricultor (...)
	De 56 años a más (...)	

Tabla de valoración		
1	2	3
SI	NO	NO SE

<b>VARIABLE 1: Identificación de peligros y escenarios.</b>				
N°	Interrogantes	ESCALA		
1	¿Conoce usted que La laguna de oxidación del distrito es un peligro para el ambiente?	1	2	3
2	¿Tiene usted conocimiento si está en funcionamiento la laguna de oxidación y si ahora esta como un peligro para el ambiente?			
3	¿Considera usted que una laguna de oxidación contribuye al cuidado del ambiente con el tratamiento de aguas residuales domésticas?			
4	¿Cree usted que la laguna de oxidación representa algún peligro de contaminación para los componentes ambientales?			
5	¿Cree usted que la presencia de las lagunas de oxidación es un escenario de emisión de malos olores?			
6	¿Cree usted que la laguna presenta escenarios de afectación en la salud de la población?			
7	¿Cree usted que la laguna presenta un escenario contaminante para los transeúntes ya que se encuentra al costado de la vía?			
<b>VARIABLE 2: Estimación de la probabilidad y gravedad de las consecuencias</b>				
8	¿Cree usted que la presencia de la laguna de oxidación afecta a la flora y fauna existente en el lugar?			
9	¿Cree usted que la presencia de la laguna de oxidación contamina los cuerpos hídricos cercanos?			
10	¿Cree usted que la presencia de la laguna de oxidación muestra la presencia de vectores?			
11	¿Cree usted que la laguna de oxidación contribuye a la economía de las personas que trabajan en su mantenimiento?			
12	¿Cree usted que la laguna de oxidación representa un peligro para la salud de las personas que trabajan en su mantenimiento?			
<b>VARIABLE 3: Estimación del nivel de riesgo ambiental</b>				
13	¿Cree usted que la laguna de oxidación representa un peligro para el ecosistema acuático?			
14	¿Cree usted que la laguna de oxidación puede afectar la calidad de los suelos?			
15	¿Cree usted que la presencia de la laguna pueda generar enfermedades a la población de influencia directa?			
16	¿Cree usted que la laguna de oxidación pueda ser fuente de empleo para su mantenimiento rutinario?			
17	¿Cree usted que la laguna de oxidación contribuye a la mejora de la economía de la población?			
<b>VARIABLE 4: Medidas para el control de riesgos ambientales.</b>				
18	¿Cree usted que necesario que la laguna de oxidación cuente con medidas de control para sus riesgos ambientales?			
19	¿Cree usted que con las medidas de control de la laguna de oxidación funciona de manera correcta en la disminución de los contaminantes del agua?			
20	¿Cree usted que con las medidas de control evitarán la contaminación a cuerpos hídricos cercanos a las lagunas de oxidación?			
21	¿Cree usted que con las medidas de control se evitará que las especies de flora y fauna sean afectadas?			
22	¿Cree usted que las medidas de control previenen los impactos negativos en el aire por la laguna de oxidación?			

**Anexo 7. Solicitud de permiso para el ingreso a la toma de muestras de agua en la laguna de oxidación distrito de Agua Blanca**

**SOLICITUD N° 01 – 2023 – MAVR**

Estimado  
Ing. José Estalín Jiménez Santos  
**Sr. Alcalde del distrito de Agua Blanca**



**SOLICITA:** Permiso a las lagunas de oxidación del distrito de Agua Blanca para ejecución de proyecto de tesis

De mi consideración:

Yo, **Marco Antonio Valles Ríos**, identificado con DNI N° 75216692, domiciliado en el Jr. Alfonso Ugarte S/N, distrito de Agua Blanca, provincia de El Dorado, departamento de San Martín, Bachiller en Ing. Ambiental de la Universidad Nacional de San Martín, le saludo cordialmente y a la vez hago de su conocimiento que;

Con el objetivo de obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental he tenido a bien desarrollar el proyecto de tesis titulado: “**Evaluación de riesgos ambientales en las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca, El Dorado, 2023**”, asesorado por el Ing. M.Sc. Alfonso Rojas Bardalez y co-asesorado por el Ing. Dr. Andi Lozano Chung; ante ello, solicito permiso a las lagunas de oxidación para ejecución de proyecto de tesis. El mismo que permitirá dar cumplimiento a los objetivos plasmados que son los siguientes:

1. Identificar los peligros y escenarios presentes en el área de influencia de las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca.
2. Estimar la probabilidad y gravedad de las consecuencias generado por las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca.
3. Estimar el nivel de riesgo ambiental generado por las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca.
4. Proponer medidas para el control de riesgos ambientales generado por las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca.

La información solicitada será de mucha utilidad para el correcto desarrollo del proyecto de investigación, generando conocimiento científico relevante para las autoridades y población en general del distrito de Agua Blanca

Agradezco de antemano su consideración y atención a esta solicitud.

Atentamente,

Agua Blanca, 03 de octubre de 2023

  
 \_\_\_\_\_  
 Tesista  
**Marco Antonio Valles Ríos**  
 DNI N° 75216692  
 Cell: 977 129 938

### Anexo 8. Mapa de muestreo de aguas



**Anexo 9.** Panel fotográfico de muestreo de aguas de la laguna de oxidación

## Anexo 10. Resultado de análisis fisicoquímico y biológico de agua residual



TESTING LABORATORY  
ACCREDITED  
BY INTERNATIONAL  
ACCREDITATION  
SERVICE, INC.  
CERTIFICATE: TL-1011



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE  
ACREDITACIÓN INACAL-BA CON  
REGISTRO N° LE-030



### INFORME DE ENSAYO N° A2018/23

**Solicitante** : Marco Antonio Valles Ríos  
**Dirección** : Agua Blanca, El Dorado – San Martín

**Procedencia** : Distrito Agua Blanca  
 Provincia: El Dorado -Departamento: San Martín

**Matriz de la muestra** : Agua Superficial

Fecha de Muestreo : 23 - Noviembre - 2 023  
 Responsable del muestreo : **Tesista**

Fecha y Hora de Recepción : 24 - Noviembre - 2 023 / 15:30 h  
 Fecha de Ejecución del Ensayo : 24 al 20 - Diciembre - 2 023

Código Interno: L2087/23

PARÁMETROS	Punto - 1 <sup>(a)</sup>			Punto - 2 <sup>(a)</sup>			Punto - 3 <sup>(a)</sup>		
	M01 (10:10 h)	M02 (10:22 h)	M03 (10:28 h)	M01 (10:35 h)	M02 (10:42 h)	M03 (10:48 h)	M01 (10:52 h)	M02 (10:59 h)	M03 (11:03 h)
Temperatura (°C)	22	21	22	22	22	23	21	22	22
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	88,4	87,4	92,5	80,1	71,8	75,4	69,1	64,2	62,4
pH (Unidad de pH)	5,8	5,6	5,2	5,8	5,9	5,8	6,1	6,2	6,7
DQO (mg/L)	82,3	81,3	82,5	80,4	72,4	81,3	68,4	52,3	61,4
DBO (mg/L)	48,7	42,9	44,1	42,1	41,2	40,9	20,4	27,6	24,4
Aceites y grasas (mg/L)	12,4	11,7	12,4	8,4	8,7	4,7	6,5	6,1	5,1
Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	10000	8000	9000	9000	9000	9000	7000	8000	7000

<sup>(a)</sup> Código de Laboratorio

<sup>(a)</sup> Código del Solicitante y hora de muestreo

#### REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS, -

- Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater, 23rd Ed, APHA, AWWA WEF, 2017.
- US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, EPA 354,1,1971
- (-) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el IAS, TL-1011.
- (\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL – DA.

#### ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA, -

- Las muestras cumplen con los requisitos de calidad para ser analizadas.

#### OBSERVACIONES, -

- Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

Lima, 20 de diciembre de 2 023.





## Anexo 12. Base de datos de los procesos estadísticos de resultados de laboratorio

\*Sin título1 [ConjuntoDatos0] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

	Puntos	Temperatura	SST	pH	DBO	DQO	AyG	CT	var	var	var
1	1,00	22,00	88,40	5,80	82,30	48,70	12,40	10000,00			
2	1,00	21,00	87,40	5,60	81,30	42,90	11,70	8000,00			
3	1,00	22,00	92,50	5,20	82,50	44,10	12,40	9000,00			
4	2,00	22,00	80,10	5,80	80,40	42,10	8,40	9000,00			
5	2,00	22,00	71,80	5,90	72,40	41,20	8,70	9000,00			
6	2,00	23,00	75,40	5,80	81,30	40,90	4,70	9000,00			
7	3,00	21,00	69,10	6,10	68,40	20,40	6,50	7000,00			
8	3,00	22,00	64,20	6,20	52,30	27,60	6,10	8000,00			
9	3,00	22,00	62,40	6,70	61,40	24,30	5,10	7000,00			
10											
11											
12											
13											
14											

\*Sin título1 [ConjuntoDatos0] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

Nombre	Tipo	Ancho	
1	Puntos	Númérico	8
2	Temperatura	Númérico	8
3	SST	Númérico	8
4	pH	Númérico	8
5	DBO	Númérico	8
6	DQO	Númérico	8
7	AyG	Númérico	8
8	CT	Númérico	8
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			

Analizar > Estadísticos descriptivos > Medias...

Perdidos	Columnas	Alineación	Medida	Rol
Ninguno	8	Derecha	Ordinal	Entrada
Ninguno	8	Derecha	Escala	Entrada
Ninguno	8	Derecha	Escala	Entrada

\*Sin título1 [ConjuntoDatos0] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

Nombre	Tipo	Anchura	Decimales	Etiqueta	Valores	Perdidos	Columnas	Alineación	Medida	Rol
1	Puntos	Númérico	8	2	{1,00, P1}	Ninguno	8	Derecha	Ordinal	Entrada
2	Temperatura	Númérico	8	2	{1,00, P1}	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entrada
3	SST	Númérico	8	2	{1,00, P1}	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entrada
4	pH	Númérico	8							
5	DBO	Númérico	8							
6	DQO	Númérico	8							
7	AyG	Númérico	8							
8	CT	Númérico	8							
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										

ANOVA de un factor

Lista de dependientes:  
Temperatura  
SST  
pH  
DQO

ANOVA de un factor: Comparaciones múltiples post hoc

Asumiendo varianzas iguales:

- DMS
- Bonferroni
- Sidak
- Scheffe
- R-E-G-W F
- R-E-G-W Q
- S-N-K
- Tukey
- Tukey-b
- Duncan
- GT2 de Hochberg
- Gabriel
- Waller-Duncan
- Dunnett

Tasa de errores tipo I (tipo II: 100)

Categoría de control: Ninguno

Prueba:  Bilateral  < Control  > Control

No asumiendo varianzas iguales:

- T2 de Tamhane
- T3 de Dunnett
- Games-Howell
- C de Dunnett

Prueba de hipótesis nula:

- Utilizar el mismo nivel de significación [alfa] que el valor en Opciones
- Especificar el nivel de significación [alfa] para la prueba post hoc

Resultado1 [Documento1] - IBM SPSS Statistics Visor

Archivo Editar Ver Datos Transformar Insertar Formato Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

Resultado

- Registro
  - Unidireccional
    - Título
      - Notas
      - Conjunto de datos ANOVA
      - Pruebas post hoc
        - Comparación
          - Subconjunto
            - Temper
            - SST
            - pH
            - DBD
            - DQO
            - AyG
            - CT
          - Cálculos de medi
            - Título
            - Temperatura
            - SST
            - pH
            - DBD
            - DQO
            - AyG
            - CT

Unidireccional

[ConjuntoDatos0]

**ANOVA**

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Temperatura	Entre grupos	,889	2	,444	1,333	,332
	Dentro de grupos	2,000	6	,333		
	Total	2,889	8			
SST	Entre grupos	683,369	2	441,684	36,154	< .001
	Dentro de grupos	73,200	6	12,217		
	Total	956,669	8			
pH	Entre grupos	,980	2	,490	7,350	,024
	Dentro de grupos	,400	6	,067		
	Total	1,380	8			
DBD	Entre grupos	771,656	2	385,778	12,919	,007
	Dentro de grupos	179,173	6	29,862		
	Total	950,729	8			
DQO	Entre grupos	760,602	2	380,301	50,142	< .001
	Dentro de grupos	45,607	6	7,604		
	Total	806,109	8			
AyG	Entre grupos	65,149	2	32,574	17,306	,003
	Dentro de grupos	11,293	6	1,882		
	Total	76,442	8			
CT	Entre grupos	555555,556	2	277777,778	6,250	,034
	Dentro de grupos	268666,667	6	44444,444		
	Total	824222,223	8			

# Evaluación de riesgos ambientales en las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca, El Dorado, 2023

*por* MARCO ANTONIO VALLES RÍOS

---

**Fecha de entrega:** 12-jun-2025 07:26a.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2669427584

**Nombre del archivo:** TESIS\_Marco\_Antonio\_Valles\_R\_os\_11.06.2025.docx (8.02M)

**Total de palabras:** 17153

**Total de caracteres:** 95417

# Evaluación de riesgos ambientales en las lagunas de oxidación de aguas residuales del distrito de Agua Blanca, El Dorado, 2023

## INFORME DE ORIGINALIDAD

25%

INDICE DE SIMILITUD

25%

FUENTES DE INTERNET

15%

PUBLICACIONES

12%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

[hdl.handle.net](https://hdl.handle.net)

Fuente de Internet

5%

2

[repositorio.unsm.edu.pe](https://repositorio.unsm.edu.pe)

Fuente de Internet

4%

3

[repositorio.unap.edu.pe](https://repositorio.unap.edu.pe)

Fuente de Internet

2%

4

Submitted to Universidad Nacional de San Martín

Trabajo del estudiante

1%

5

Submitted to Universidad Politécnica del Perú

Trabajo del estudiante

1%

6

[tesis.unsm.edu.pe](https://tesis.unsm.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

7

Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez

Trabajo del estudiante

1%

[repositorio.upn.edu.pe](https://repositorio.upn.edu.pe)