

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Análisis de la eficiencia de los flotadores de sombra  
con polietileno de alta densidad en el proceso de  
evaporación y eutrofización para las aguas de la  
laguna de Huayllaspanca - La Punta**

Miguel Angel Lazo Cardenas

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Ambiental

Huancayo, 2024

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**A** : Decano de la Facultad de Ingeniería  
**DE** : Jose Vladimir Cornejo Tueros  
Asesor de trabajo de investigación  
**ASUNTO** : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación  
**FECHA** : 04 de agosto de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

**Título:**

Análisis de la Eficiencia de los Flotadores de Sombra con Polietileno de Alta Densidad en el Proceso de Evaporación y Eutrofización para las Aguas de la Laguna de Huayllaspanca–La Punta

**Autores:**

1. Miguel Angel Lazo Cardenas – EAP. Ingeniería Ambiental

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 18 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI  NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores  
Nº de palabras excluidas (**en caso de elegir "SI"**): 20 SI  NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI  NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

**ASESOR**

Dr. José Vladimir Cornejo Tueros

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios y a la virgen María Auxiliadora, quienes fueron mi guía espiritual en todo momento.

A mis padres y hermana, quienes fueron el soporte y los que me guiaron a nunca rendirme y siempre seguir adelante.

A la Universidad Continental, por abrirme las puertas para ser parte del cuerpo estudiantil, y pertenecer a esta prestigiosa universidad con honor.

Al Dr. José Vladimir Cornejo Tueros, por su asesoramiento en el proceso de esta investigación.

## **DEDICATORIA**

A Dios, a mis padres, hermana y enamorada, quienes creyeron en mí y fueron un soporte, como también a todos los docentes, quienes me enseñaron en mi etapa universitaria.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>Asesor .....</b>	<b>iv</b>
<b>Agradecimientos.....</b>	<b>v</b>
<b>Dedicatoria .....</b>	<b>vi</b>
<b>Índice de contenidos.....</b>	<b>vii</b>
<b>Lista de figuras.....</b>	<b>x</b>
<b>Lista de tablas.....</b>	<b>xi</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>xii</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>xiii</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>xiv</b>
<b>Capítulo I.....</b>	<b>15</b>
<b>Planteamiento del estudio.....</b>	<b>15</b>
1.1. Planteamiento y formulación del problema .....	15
1.1.1. Planteamiento del problema.....	15
1.1.2. Formulación del problema .....	16
1.1.2.1. Problema general.....	16
1.1.2.2. Problemas específicos .....	16
1.2. Objetivos .....	16
1.2.1. Objetivo general.....	16
1.2.2. Objetivos específicos .....	16
1.3. Justificación e importancia.....	17
1.3.1. Justificación ambiental.....	17
1.3.2. Justificación metodológica.....	17
1.3.3. Justificación teórica .....	17
1.4. Delimitación del proyecto .....	18
1.5. Hipótesis y variables .....	19
1.5.1. Hipótesis general.....	19
1.5.2. Hipótesis específicas .....	19
1.5.3. Variables .....	19
1.5.3.1. Variable independiente.....	21
1.5.3.2. Variables dependientes.....	21
<b>Capítulo II .....</b>	<b>22</b>
<b>Marco teórico .....</b>	<b>22</b>

2.1. Antecedentes del problema .....	22
2.1.1. Antecedentes internacionales .....	22
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	24
2.1.3. Antecedentes locales .....	25
2.2. Bases teóricas .....	26
2.2.1. Cambio climático .....	26
2.2.2. Evaporación .....	27
2.2.2.1. Causas naturales de la evaporación .....	27
2.2.3. Eutrofización.....	28
2.2.3.1. Causas antropogénicas de la eutrofización .....	29
2.2.3.2. Causas naturales de eutrofización.....	30
2.2.4. Oxígeno disuelto .....	31
2.2.4.1. Importancia del oxígeno disuelto (OD) .....	31
2.2.5. Características fisicoquímicas del agua .....	32
2.2.5.1. Oxígeno disuelto.....	32
2.2.5.2. Temperatura.....	33
2.2.5.3. Potencial de hidrógeno (pH).....	33
2.2.6. Recursos hídricos .....	33
2.2.6.1. Lagunas antropogénicas .....	33
2.2.6.2. Lagunas naturales .....	34
2.2.7. Uso de PEAD en tratamientos o tecnología de aguas .....	34
2.2.8. Tecnología para minimizar de evaporación de lagunas .....	35
2.2.8.1. Paneles solares flotantes .....	35
2.2.8.2. Geomembranas, impermeabilización a la medida.....	36
2.2.8.3. Coberturas plásticas.....	36
2.2.9. Tecnología para minimizar la eutrofización en lagunas .....	37
2.2.9.1. Uso de dos macrófitas (myriophyllum, elodea).....	37
2.3. Definición de términos básicos .....	38
<b>Capítulo III.....</b>	<b>41</b>
<b>Metodología .....</b>	<b>41</b>
3.1. Método, tipo y nivel de investigación .....	41
3.1.1. Métodos de la investigación.....	41
3.1.2. Tipo de investigación.....	41
3.1.3. Nivel de investigación.....	42

3.2. Diseño de la investigación .....	42
3.3. Población y muestra .....	42
3.3.1. Población .....	42
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	42
3.4.1. Técnicas .....	42
3.4.2. Instrumentos de la recolección de datos .....	43
3.5. Metodología de la experimentación .....	44
3.5.1. Ubicación geográfica .....	44
3.5.1.1. Características del lugar .....	44
3.5.1.2. Relaciones .....	46
3.5.2. Desarrollo de la metodología .....	46
3.5.2.1. Descripción metodológica (en campo) .....	46
3.5.2.2. Ingeniería conceptual del sistema del cuerpo de agua .....	46
3.5.2.3. Sistema de la evaluación de los prototipos 0 y 1 .....	48
3.6. Construcción del prototipo .....	48
3.6.1. Construcción de los flotadores .....	48
3.6.2. Construcción de la pecera .....	49
<b>Capítulo IV .....</b>	<b>51</b>
<b>Resultados y discusión .....</b>	<b>51</b>
4.1. Análisis de la investigación .....	51
4.1.1. Análisis del monitoreo .....	51
4.1.1.1. Medición 1 .....	51
4.1.1.2. Medición 2 .....	53
4.1.1.3. Medición 3 .....	55
4.2. Resultado de la investigación .....	57
4.3. Discusión de la investigación .....	62
<b>Conclusiones .....</b>	<b>64</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>65</b>
<b>Lista de referencias .....</b>	<b>66</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>70</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de georreferencia de la laguna Huayllaspanca .....	18
Figura 2. Esquema del proceso de eutrofización .....	29
Figura 3. Ubicación geográfica del lugar.....	44
Figura 4. Diagrama de flujo .....	47
Figura 5. Prototipo flotador de sombra .....	49
Figura 6. Prototipo de pecera .....	50
Figura 7. Análisis de temperatura - día 1 .....	57
Figura 8. Análisis de oxígeno disuelto – día 1 .....	58
Figura 9. Análisis de temperatura – día 2 .....	59
Figura 10. Análisis de oxígeno disuelto – día 2.....	60
Figura 11. Análisis de temperatura – día 3 .....	61
Figura 12. Análisis de oxígeno disuelto – día 3.....	62

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables .....	20
Tabla 2. Rangos de concentración de oxígeno disuelto .....	32
Tabla 3. Relación entre la temperatura y el oxígeno disuelto en el agua.....	33
Tabla 4. Población y muestra.....	42
Tabla 5. Materiales.....	48
Tabla 6. Medición sin flotadores – día 1.....	52
Tabla 7. Medición con flotador – día 1 .....	52
Tabla 8. Medición sin flotadores - día 2 .....	54
Tabla 9. Medición con flotadores – día 2.....	54
Tabla 10. Medición sin flotadores – día 3.....	56
Tabla 11. Medición con flotadores – día 3.....	56
Tabla 12. Comparación de la temperatura y oxígeno disuelto del día 1 .....	57
Tabla 13. Comparación de la temperatura y oxígeno disuelto del día 2 .....	58
Tabla 14. Comparación de la temperatura y oxígeno disuelto del día 3 .....	60

## RESUMEN

El objetivo fue evaluar la eficiencia de los flotadores de sombra de polietileno de alta densidad (PEAD) para controlar la evaporación en los cuerpos de agua. La metodología de forma piloto consistió en dos unidades experimentales, se realizó en dos peceras de capacidad de 20 L de agua, ambas aisladas con Tecnopor, una sin flotadores de sombra y la otra con flotadores de sombra. Los flotadores se llenaron con agua potable a la mitad de su capacidad de almacenamiento. Luego, ambas peceras fueron expuestas a la radiación solar durante 7 horas, de 9:00 a. m. hasta las 4:00 p. m., por la mayor incidencia de rayos solares. Mediante este proceso se monitoreo 9 veces cada 45 minutos durante 3 días en las mismas horas determinadas. Se obtuvo que en la primera muestra aumentó la temperatura con un promedio de 2 °C a 3 °C en comparación de la segunda muestra con los flotadores que se controló la temperatura de un promedio de 0.5 °C a 1 °C en los cuerpos de agua. Se concluye que los flotadores de sombra (PEAD) han logrado mantener una temperatura más baja en su pecera a diferencia de aquella que no contiene los flotadores de sombra; manteniendo las temperaturas bajas en los cuerpos de agua y controlándose el proceso de evaporación, como también el proceso de eutrofización en comparación del prototipo que no fue implementado con los flotadores de sombra.

**Palabras claves:** agua potable, aislante térmico, eutrofización, evaporación, flotadores de sombra, monitoreo, PEAD, radiación solar, temperatura

## ABSTRACT

The objective was to evaluate the efficiency of high-density polyethylene (HDPE) shade floats to control evaporation in water bodies. The pilot methodology consisted of two water samples, it was conducted in two fish tanks with a capacity of 20 L of water, both isolated with Tecnopor, one without shade floats and the other with shade floats. The floats were filled with drinking water to half their storage capacity. Then, both fish tanks were exposed to solar radiation for 7 hours, from 9:00 a. m. to 5:00 p. m. until 4:00 p. m., due to the greater incidence of solar rays. Through this process, monitoring was done 9 times every 45 minutes for 3 days at the same specific times. It was obtained that in the first sample the temperature increased with an average of 2 °C to 3 °C compared to the second sample with the floats that controlled the temperature of an average of 0.5 °C to 1 °C in the bodies of water. It is concluded that the shade floats (PEAD) have managed to maintain a lower temperature in their fish tank unlike that which does not contain the shade floats; maintaining low temperatures in the bodies of water and controlling the evaporation process, as well as the eutrophication process compared to the prototype that was not implemented with the shade floats.

**Keywords:** drinking water, eutrophication, evaporation, HDPE, monitoring, shade floats, solar radiation, temperature, thermal insulation

## INTRODUCCIÓN

La gestión eficiente de los recursos hídricos se ha convertido en una prioridad global, especialmente en regiones afectadas por el cambio climático y la escasez de agua. Uno de los problemas críticos que enfrentan los cuerpos de agua, como lagunas y embalses, es la elevada tasa de evaporación, que contribuye significativamente a la pérdida de agua. Esta problemática no solo reduce la disponibilidad de agua para diversos usos, sino que también exacerba otros fenómenos negativos como la eutrofización.

Para mitigar la evaporación, una solución innovadora y efectiva que ha ganado atención es el uso de flotadores de sombra, comúnmente conocidos como bolas de sombra. Estas esferas de plástico, al ser desplegadas sobre la superficie del agua, crean una barrera física que reduce la exposición directa al sol y, por ende, disminuye la tasa de evaporación. Este método, inicialmente implementado en grandes depósitos de agua, ha demostrado ser una medida práctica y económica para conservar el agua.

Además de su papel en la reducción de la evaporación, los flotadores de sombra también pueden influir positivamente en la calidad del agua al ayudar a controlar la eutrofización. La eutrofización es un proceso en el cual los cuerpos de agua reciben excesivas cantidades de nutrientes, como nitrógeno y fósforo, lo que provoca un crecimiento descontrolado de algas. Este fenómeno puede llevar a la disminución del oxígeno disuelto en el agua, afectando negativamente a la flora y fauna acuática. Al limitar la luz solar disponible para las algas, los flotadores de sombra pueden ayudar a controlar el crecimiento algal y, en consecuencia, mitigar los efectos de la eutrofización.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

#### **1.1. Planteamiento y formulación del problema**

##### **1.1.1. Planteamiento del problema**

Con el pasar de los años, la laguna de *Huayllspanca* sufre diversas variaciones debido al cambio climático, de acuerdo con la investigación, una de sus variaciones es la disminución de la capacidad de almacenamiento en la laguna *Huayllspanca*, alterando su calidad, causando escasez de agua y sequía en la población alrededor de la laguna, siendo perjudicados por la población de los alrededores, afectando su calidad de vida (1). Como también la evaporación influye en escasez de agua en la laguna por el motivo que consiste en el pasaje lento del estado líquido al estado gaseoso en función del aumento natural de la temperatura de agua, alterando las moléculas de agua, transformándose en partículas que se desplazan hacia la atmósfera en forma de vapor (2). La eutrofización en la laguna de *Huayllspanca* se genera cuando sus aguas se enriquecen de nutrientes (nitrógeno y fósforo), causando esto el crecimiento de plantas y otros organismos, a medida que pasa el tiempo estas mueren y la laguna se torna de un color verdoso y tiene malos olores, disminuyendo la calidad de agua, consumiendo gran cantidad de oxígeno disuelto, siendo perjudicial para la mayoría de los seres vivos, destruyendo el ecosistema de la laguna *Huayllspanca* (3). En estos últimos tiempos, ha disminuido la cantidad de agua en las lagunas, uno de los factores es la evaporación; esta se encuentra afectando el consumo humano por los siguientes factores: los rayos solares como también los nutrientes que se encuentran en la laguna al estar al contacto con el oxígeno disuelto hace que se cree biodiversidad en el agua como las algas, o plantas verdes (eutrofización); los animales que se encuentran en las zonas rurales generan contaminante por sus desechos (excremento, orina, etc.). Por ello, se tiene el objetivo de disminuir

el proceso de evaporación del agua en la laguna *Huayllspanca* (La Punta). Como consecuencia se está realizando un sistema de flotadores de sombra con polietileno de alta densidad (PEAD) que minimiza la intensidad de los rayos UV por el método del efecto rebote, que llegan a la superficie del agua. Se estima que 1 de cada 3 personas en el mundo no tiene acceso a agua potable. Si bien es cierto el agua es un recurso indispensable para la vida, se realizaron metodologías para poder medir los parámetros y si es conveniente implementar los flotadores de sombra (PEAD) en las peceras de forma piloto.

### **1.1.2. Formulación del problema**

#### **1.1.2.1. Problema general**

¿Cuál es la eficiencia de los flotadores de sombra de polietileno de alta densidad en el proceso de evaporación y eutrofización en las aguas de la laguna *Huayllspanca* – La Punta?

#### **1.1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Cuál es la eficiencia de los flotadores de sombra (PEAD) para las propiedades químicas que se encuentren dentro del cuerpo de agua?
- ¿Cuál es la eficiencia de los flotadores de sombra (PEAD) para las propiedades físicas que se encuentren dentro del cuerpo de agua?

### **1.2. Objetivos**

#### **1.2.1. Objetivo general**

Evaluar la eficiencia de los flotadores de sombra de polietileno de alta densidad en el proceso de evaporación y eutrofización en la laguna de *Huayllspanca* – La Punta.

#### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Analizar la eficiencia de los flotadores de sombra (PEAD) en las propiedades químicas que se encuentren dentro del cuerpo de agua.
- Analizar la eficiencia de los flotadores de sombra (PEAD) en las propiedades físicas que se encuentren dentro del cuerpo de agua.

### **1.3. Justificación e importancia**

#### **1.3.1. Justificación ambiental**

- Conservación del agua: El uso de flotadores de sombra puede reducir la evaporación del agua en la laguna. La escasez de agua es un problema crítico en muchas regiones del mundo, y la conservación del agua es esencial para mantener la sostenibilidad de los ecosistemas acuáticos y abastecer las necesidades humanas.
- Mitigación de la eutrofización: La eutrofización, o el enriquecimiento excesivo de nutrientes en el agua, puede llevar a problemas ambientales graves, como la proliferación de algas y la pérdida de oxígeno en el agua.
- Reducción del uso de productos químicos: En algunos casos, para abordar la eutrofización, se utilizan productos químicos que pueden tener impactos negativos en el medio ambiente. La implementación de soluciones como los flotadores de sombra puede reducir la necesidad de depender en gran medida de estos productos químicos, contribuyendo así a la reducción de la contaminación del agua.
- Sostenibilidad a largo plazo: La implementación de medidas para mejorar la eficiencia en el manejo de la evaporación y la eutrofización contribuye a la sostenibilidad a largo plazo de las lagunas y cuerpos de agua, asegurando que puedan seguir cumpliendo sus funciones ecológicas de manera equilibrada.

#### **1.3.2. Justificación metodológica**

Una vez determinado el proceso de los flotadores aplicando al prototipo y ver la veracidad y confiabilidad de la evaluación de la eficiencia de los flotadores en cuerpo de agua. La presente investigación hizo uso de una metodología basada en estudios nacionales e internacionales que se hayan realizado acerca de este proceso para reducir el proceso de evaporación y la eutrofización en cuerpos de agua.

#### **1.3.3. Justificación teórica**

La presente investigación se basa en estudiar las propiedades físicas y químicas de los flotadores de sombra (PEAD) en la laguna de *Huayllspanca* – La Punta, para mantener la temperatura del cuerpo de agua y que no se acelere el proceso de evaporación y eutrofización. Así,

el presente trabajo permitió determinar el análisis de los flotadores de sombra con polietileno en el 2023, dicha investigación se realizó en la ciudad de Huancayo.

#### 1.4. Delimitación del proyecto

La delimitación es aquella identificación de los límites o alcance específico de un estudio. Donde, se deben identificar las tres dimensiones de un proyecto de investigación, y son: delimitación geográfica, temporal y del conocimiento (4).

Geográficamente, la investigación se ha realizado en la laguna de *Huayllspanca*, temporalmente se ejecutó en julio del 2023 y temáticamente usó tecnología para conservar la temperatura en cuerpos de agua. Que, en el caso específico, ha servido para desarrollar un piloto con flotadores de sombra para la conservación del agua de la laguna de *Huayllspanca* en julio del 2023 como alternativa para disminuir los efectos de evaporación del cambio climático.

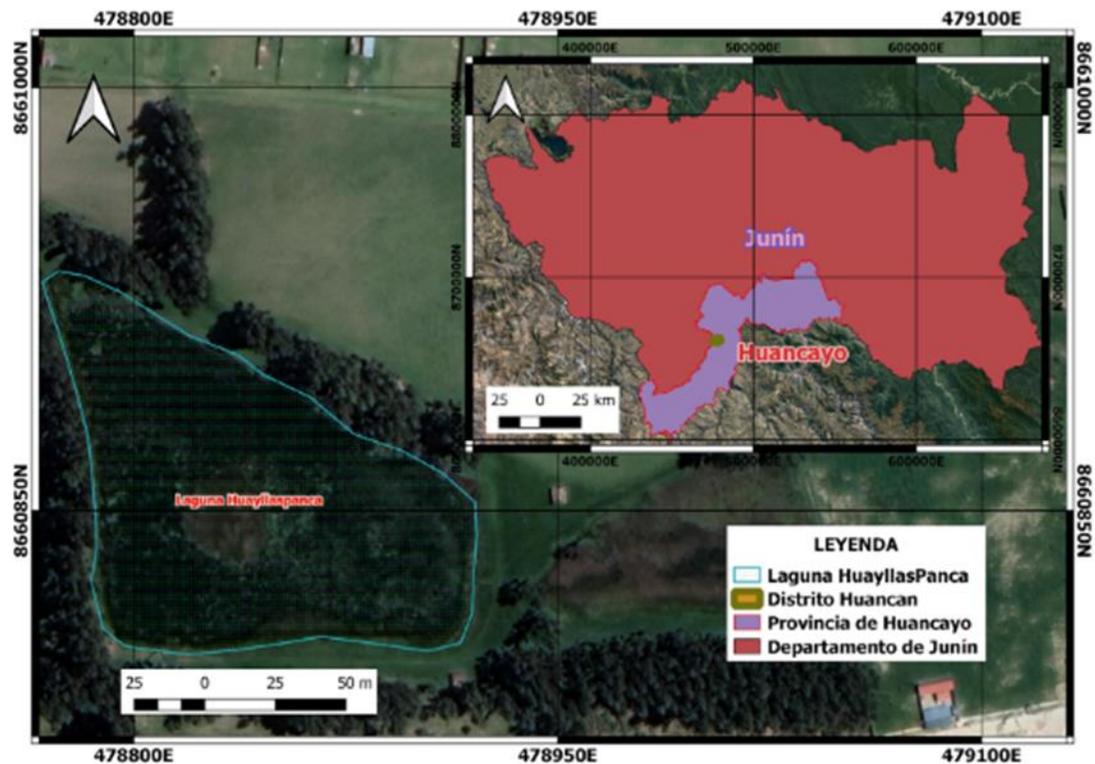


Figura 1. Mapa de georreferencia de la laguna Huayllspanca

## **1.5. Hipótesis y variables**

### **1.5.1. Hipótesis general**

H<sub>0</sub>

La implementación de los flotadores de sombra de polietileno de alta densidad no muestra una mayor eficiencia en el proceso de evaporación y eutrofización de las aguas de la laguna *Huayllaspanca* – La Punta.

H<sub>1</sub>

La implementación de los flotadores de sombra de polietileno de alta densidad muestra una mayor eficiencia en el proceso de evaporación y eutrofización de las aguas de la laguna *Huayllaspanca* – La Punta.

### **1.5.2. Hipótesis específicas**

H<sub>0</sub>

La implementación de los flotadores de sombra (PEAD) mejora la característica química en el proceso de eutrofización en el cuerpo de agua.

H<sub>1</sub>

La implementación de los flotadores de sombra (PEAD) no mejora la característica química en el proceso de eutrofización en el cuerpo de agua.

H<sub>0</sub>

La implementación de los flotadores de sombra (PEAD) mejora la característica física en el proceso de evaporación del cuerpo de agua.

H<sub>1</sub>

La implementación de los flotadores de sombra (PEAD) no mejora la característica física en el proceso de evaporación del cuerpo de agua.

### **1.5.3. Variables**

Siguiente página

**Tabla 1. Operacionalización de variables**

<b>Variable</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Tipo de variable</b>	<b>Escala de medición</b>
Flotadores de sombra	Implementación efectividad	Uso de PEAD para reducir la exposición solar directa sobre la superficie del agua	Presencia de flotadores de sombra	Cantidad	Cualitativa	Binaria
Evaporación (temperatura)	Proceso físico	Proceso mediante el cual el agua líquida se convierte en vapor debido al aumento de la temperatura ambiental	Temperatura del agua	Grados Celsius (°C)	Cuantitativa	Escala numérica (rango)
Eutrofización (oxígeno disuelto)	Calidad del agua	Enriquecimiento del agua con nutriente (nitrógeno, fosforo) causando un aumento en el crecimiento de algas y disminución del oxígeno disuelto	Nivel de oxígeno disuelto	Miligramos por litro (mg/L)	Cuantitativa	Escala numérica (rango)

### **1.5.3.1. Variable independiente**

- Flotadores de sombra de polietileno de alta densidad (PEAD)

#### Definición

Son esferas desarrolladas con un material plástico atóxico y aditivos para el filtrado UV. Contienen agua en su interior y se utilizan para proteger los espejos de agua de la evaporación.

### **1.5.3.2. Variables dependientes**

- Evaporación (temperatura)

#### Definición

Las bolas de sombra son esferas desarrolladas con un material plástico atóxico y aditivos para el filtrado UV. Contienen agua en su interior y se utilizan para proteger los espejos de agua de la evaporación y proliferación de algas en embalses.

- Eutrofización (aumento de oxígeno disuelto)

#### Definición

La eutrofización se refiere al aporte en exceso de nutrientes inorgánicos (procedentes de actividades humanas), principalmente nitrógeno (N) y fósforo (P), en un ecosistema acuático, produciendo una proliferación descontrolada de algas fitoplanctónicas y provocando efectos adversos en las masas de agua afectadas.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes del problema**

##### **2.1.1. Antecedentes internacionales**

En una investigación, se llevó a cabo la implementación de las bolas de sombra en los reservorios de los Ángeles en Estados Unidos, se planteó como objetivo la reducción del contaminante de bromuro que es dañino para la salud, la evaporación y la pérdida de agua por el calentamiento global, a través de la fabricación de bolas de sombra, la cual genera que los rayos ultravioleta pueden entrar en contacto con el agua y generar el bromuro y así también poder minimizar la evaporación de agua y tener mayor sustentabilidad de las aguas para el consumo de las personas, obteniendo como resultado que las bolas de sombra han sido muy efectivas para reducir la exposición de luz, bloqueando el 95 % de la luz solar y previniendo la formación de bromato y la evaporación (5).

Pérez y Fernández (6), en su estudio se evaluó la «Eficacia del polietileno de alta densidad (HDPE) en la eliminación de contaminantes orgánicos en aguas residuales». Se planteó pruebas en columnas de laboratorio rellenas con HDPE y se compararon los resultados con columnas de control sin HDPE. Los contaminantes orgánicos evaluados incluyeron fenoles, benceno, tolueno y xileno. Los resultados mostraron que el HDPE redujo significativamente la concentración de contaminantes orgánicos en las aguas residuales, con una eficacia de eliminación de hasta el 90 %. Además, el HDPE se mostró efectivo en la eliminación de compuestos de alta toxicidad como los fenoles, obteniendo como resultado, que el HDPE puede ser una alternativa efectiva y económica para la eliminación de contaminantes orgánicos en aguas residuales.

López et al. (7), en su investigación «Caracterización detallada de la evaporación de agua en sistemas acuáticos naturales, utilizando modelos de balance de energía», recopilaron datos de variables climáticas y mediciones directas de evaporación en diferentes cuerpos de agua, como lagos y embalses. Se evaluaron diferentes modelos de balance de energía, considerando factores como la radiación solar, temperatura, humedad relativa, viento y características específicas de cada cuerpo de agua. Los resultados mostraron que los modelos de balance de energía proporcionaron estimaciones precisas de la evaporación en los sistemas acuáticos evaluados.

Zambrano (8) llevó a cabo una investigación cuyo objetivo fue evaluar el grado de eutrofización de la laguna natural «El Carmen». Este estudio, de carácter no experimental, se realizó en dos periodos distintos: uno seco y otro lluvioso. Se analizaron parámetros físicos, químicos y biológicos, obteniendo los siguientes resultados: un pH de 9,1, una temperatura de 25 °C, un oxígeno disuelto (OD) de 5,62 mg/L, una profundidad de 0,42 cm, un total de fósforo (PT) de 2,16 µg/L y una concentración de clorofila "a" de 0,50 mg/L. Los datos se recolectaron tanto *in situ* como en laboratorio. Se utilizó la metodología del Índice de Estado Trófico (IET) de Carlson, modificado por Toledo, empleando los parámetros de fósforo, profundidad y clorofila.

En conclusión, el IET durante la época seca indicó un estado trófico de 42,71, clasificando a la laguna como oligotrófica. En la temporada de lluvias, el IET fue de 58,75, lo que la situó en un estado eutrófico. Por lo tanto, la laguna se encuentra en un estado anóxico, lo que provoca la muerte de los organismos (8).

Martínez (9) llevó a cabo el estudio de las «bolas de sombra» como una estrategia para el control de la erosión y la desertificación en áreas áridas. Las bolas de sombra son pequeñas esferas hechas de arcilla mezclada con semillas nativas y otros materiales orgánicos. Se llevaron a cabo experimentos en áreas afectadas por la erosión en una región árida, donde se dispersaron las bolas de sombra en áreas degradadas. Se monitorea la supervivencia de las semillas y el crecimiento de las plantas durante un período de tiempo determinado. Los resultados mostraron que las bolas de sombra mejoraron significativamente las condiciones del suelo, promovieron la retención de humedad y proporcionaron un microclima favorable para el establecimiento de nuevas plantas. Además, se demostró un aumento en la cobertura vegetal y una reducción en la erosión del suelo en las áreas donde se aplican las bolas de sombra. Estos demostraron el potencial de las bolas de sombra como una herramienta efectiva para la rehabilitación de áreas degradadas en zonas áridas, contribuyendo así al control de la erosión y la desertificación.

Fernández (10), realizó un estudio y tuvo como objetivo analizar la aplicabilidad de las bolas de sombra en la región de Montes Claros/MG a través de pruebas realizadas en el INMET. Para el experimento se utilizó un tanque evaporimétrico clase A, encargado de medir la tasa de evaporación con las bolas, mientras que el evaporímetro de alquitrán midió la evaporación ambiente, obteniendo la eficiencia del método a través de la relación entre los resultados encontrados, y con base en estos resultados y con la información obtenida durante el proceso, se calculó la economía estimada de aplicar las bolas a los embalses de la región. El método analizado presentó una eficiencia promedio del 30 %, así, tomando el ejemplo de la represa en la ciudad de Juramento/MG, se estimó una economía de aproximadamente 1 billón de litros por año si esta tecnología fuera implementada.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Tolentino (11) realizó una investigación que tuvo como objetivo general analizar si la aplicación de geomembrana HDPE impermeabiliza el revestimiento del canal de riego *Callohuari*, en Ancash, durante el 2022. Se plantearon ensayos de permeabilidad, resistencia al punzonamiento y resistencia a los rayos UV. La metodología adoptada incluyó un diseño de investigación experimental, de tipo aplicado, con un nivel descriptivo y un enfoque cuantitativo.

Los resultados obtenidos, de acuerdo con los objetivos específicos y utilizando geomembrana HDPE de 0.75 mm de espesor, fueron los siguientes: el primer objetivo era determinar si la geomembrana HDPE impermeabilizaba el revestimiento del canal, observándose una pérdida de agua por infiltración de 0.28 l/min y por evaporación de 1.15 %. El segundo objetivo era evaluar el efecto de la geomembrana HDPE en la impermeabilización del canal, donde se registró una resistencia promedio al punzonamiento de 376.51 N. La resistencia a los rayos UV, medida en términos de tiempo de oxidación inducida de 960 horas a una temperatura de 27 °C, mostró una retención de OIT del 34.90 %. El tercer objetivo era determinar si la utilización de geomembrana HDPE permite reducir costos, con un costo reportado de 36.47 soles por metro cuadrado (11).

Torres et al. (12), realizaron el estudio «La evaporación en lagunas ubicadas en regiones altoandinas y se examina su relación con los factores climáticos y las características geomorfológicas». Se realizaron mediciones directas de la tasa de evaporación en diferentes lagunas durante un período determinado. Se analizaron variables climáticas como la radiación solar, la temperatura, la humedad relativa y la velocidad del viento para determinar su influencia

en la evaporación. Además, se estudiaron las características geomorfológicas de las lagunas, como la altitud, la profundidad y el área superficial, y se investigó cómo estas características pueden afectar el proceso de evaporación. Los resultados concluyeron información importante sobre la evaporación en lagunas altoandinas y su relación con los factores climáticos y geomorfológicos.

Escobar y Espinoza (13), en su estudio tuvieron como objetivo determinar el nivel de eutrofización de la laguna de *Choclococha*, situada en el distrito de Santa Inés, en la provincia de Huancavelica. Se tomaron muestras para medir cuatro parámetros, siguiendo un procedimiento de muestreo con el equipo adecuado, como guardapolvos y zapatos de seguridad. Las muestras se recolectaron en las orillas de la laguna, en áreas poco profundas, para evitar alterar la composición natural del agua. Para aceptar la hipótesis alternativa, se utilizó el método *t* de Student. Los resultados de la investigación incluyeron análisis de fósforo total, nitratos, clorofila y transparencia. Según el análisis de laboratorio, se concluye que la laguna de *Choclococha* se encuentra en un estado hipertrófico, de acuerdo con los criterios tradicionales utilizados en este tipo de estudios.

Rocca (14) tuvo como objetivo determinar si la variación del oxígeno disuelto influye como indicador de calidad del agua en la bahía Independencia. Se utilizó una metodología descriptiva-correlacional para analizar los parámetros de oxígeno disuelto, temperatura y salinidad, realizando un análisis comparativo entre estas variables. Los datos oceanográficos fueron obtenidos del Instituto del Mar del Perú (Imarpe) a través de una solicitud de acceso a la información. Se encontró que el oxígeno disuelto, la temperatura y la salinidad mostraron una relación inversa con respecto a su latitud geográfica. Los datos se agruparon según su ubicación latitudinal en zona norte y zona sur. Mediante la prueba de  $\chi^2$  cuadrado se comprobó que existe una relación entre el oxígeno disuelto y la temperatura, pero no se halló relación entre el oxígeno disuelto y la salinidad. Finalmente, el análisis de varianza (Anova) confirmó que la variación del oxígeno disuelto influye como indicador de la calidad del agua en la bahía Independencia. Asimismo, se determinó que existe una relación directa entre el oxígeno disuelto y la temperatura en la superficie del mar, atribuida principalmente al afloramiento costero.

### **2.1.3. Antecedentes locales**

Huamán (15) realizó la investigación «La contaminación de los cuerpos acuáticos se debe a las actividades antropogénicas y la alteración de los hábitats, lo que ha causado la pérdida de diversidad de macroinvertebrados». Esta investigación evaluó la diversidad alfa en las lagunas de *Ñahuimpuquio* y *Pucush Uclo* en la provincia de Chupaca durante el periodo de enero a marzo. Se

establecieron cuatro puntos de monitoreo en los cuatro puntos cardinales. La riqueza y estructura de la diversidad se determinaron mediante los índices de Margalef, Simpson y Shannon-Wiener, y la calidad del agua se evaluó utilizando los índices sugeridos por el *Biological Monitoring Working Party* (BMWP) de Colombia y Perú, el Índice Biótico de Familias (IBF) y el indicador de calidad de agua de Shannon-Wiener.

Se emplearon redes D-Net y de Suber, utilizadas según la accesibilidad, con una longitud de arrastre de 10 m en ambos lados en cada punto de monitoreo. Las muestras fueron seleccionadas y colocadas en envases rotulados. *Pucush Uclo* registró un total de 830 individuos, divididos en 4 clases, 6 órdenes y 22 familias, mientras que *Ñahuimpuquio* tuvo 894 individuos, distribuidos en 4 clases, 7 órdenes y 24 familias. Los índices de Margalef fueron de  $3.5506 \pm 0.3037$  y  $4.0004 \pm 0.4729$ , indicando la riqueza específica; el índice Simpson de  $0.1065 \pm 0.0142$  y  $0.0919 \pm 0.0190$  reflejó la equidad; y el índice Shannon-Wiener de  $2.4168 \pm 0.1375$  y  $2.6006 \pm 0.1920$  mostró la dominancia. Según el BMWP/Per, ambas lagunas tenían una calidad aceptable (agua con signos de estrés), mientras que el BMWP/Col calificó a *Ñahuimpuquio* con calidad buena (aguas no contaminadas) y a *Pucush Uclo* con calidad aceptable (aguas ligeramente contaminadas). El IBF determinó una buena calidad de agua para ambas lagunas, y el índice Shannon-Wiener indicó contaminación moderada. Hubo diferencias significativas en el índice Simpson y el indicador de calidad del agua. Se concluye que ambas lagunas presentan niveles leves de contaminación (15).

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Cambio climático**

El cambio climático se refiere a las alteraciones a largo plazo en los patrones climáticos promedio en la Tierra. Estas modificaciones pueden ser causadas por procesos naturales, como variaciones en la radiación solar o erupciones volcánicas, pero en las últimas décadas, se ha observado que la principal causa es la actividad humana.

La evaporación es un proceso en el que el agua se transforma de estado líquido a vapor y se introduce en la atmósfera. En el contexto del cambio climático, las temperaturas más altas y las alteraciones en los patrones de precipitación pueden aumentar las tasas de evaporación, especialmente en cuerpos de agua como lagunas.

Los lagos pueden desaparecer en el futuro, como sucedió especialmente en el pasado debido a la falta de precipitaciones y al aumento de las temperaturas, aunque siguen siendo difíciles de prever. La diferencia es que esta vez la acción del hombre está acelerando el proceso.

Este tipo de conclusiones es extremadamente arriesgado debido a la naturaleza no matemática de los ciclos hidrológicos. Sin embargo, hay señales de que el proceso de desaparición se está acelerando (16).

### **2.2.2. Evaporación**

La evaporación es el proceso por el cual el agua se transforma de estado líquido a vapor y se introduce en la atmósfera. Este fenómeno ocurre principalmente debido al calor del sol y puede afectar significativamente los niveles de agua en cuerpos como lagos y lagunas. La evaporación es crucial en el ciclo del agua y en la regulación del clima. Sin embargo, cuando se intensifica, puede llevar a la pérdida de recursos hídricos esenciales.

En total, el Perú tiene 12 202 lagos, con la mayor parte (61 %) ubicados en lado del Atlántico, seguido por el lado del Pacífico (32 %) y el lado del Titicaca (7 %). Perú tiene un enorme potencial para el uso de lagos porque con menos del 2 % de su capacidad total de lagos, más de 3 mil millones de m<sup>3</sup> se usa realmente, hay más de 340 lagunas con una capacidad de unos 4 millones de metros cuadrados y ahora se están investigando (17).

#### **2.2.2.1. Causas naturales de la evaporación**

##### **a) Temperatura**

La temperatura es uno de los factores clave que influye en el proceso de evaporación. A medida que aumenta, se incrementa la cantidad de energía térmica disponible en el agua, lo que acelera la velocidad de evaporación.

Cuando la temperatura del agua aumenta, las moléculas de agua ganan energía cinética y se vuelven más activas. Algunas moléculas con suficiente energía cinética pueden escapar de la superstición del agua y convertirse en vapor, proceso conocido como evaporación. A temperaturas más altas, hay más moléculas con la energía suficiente para escapar, lo que aumenta la tasa de evaporación (18).

## **b) Humedad relativa del aire**

La humedad relativa del aire también tiene un impacto significativo en el proceso de evaporación. Es una medida de la cantidad de humedad que hay presente en el aire en relación con la cantidad máxima de ella que podría contener una temperatura determinada.

Cuando la humedad relativa del aire es baja, es decir, el aire está relativamente seco, la evaporación tiende a ser más rápida. Esto se debe a que hay una mayor diferencia entre la cantidad de vapor de agua que el aire puede retener. Como resultado, el aire tiene una mayor capacidad para absorber el vapor de agua liberado durante la evaporación, lo que promueve una mayor tasa de evaporación (19).

## **c) Viento**

El viento aumenta la evaporación al generar un movimiento del aire sobre la superficie del agua, la que favorece la eliminación del aire saturado de vapor de agua y la transferencia de vapor de agua desde la superficie del agua hacia el aire. Esto promueve una mayor velocidad de evaporación. El viento ayuda a renovar el aire alrededor del agua, reemplazando el aire saturado de vapor de agua por aire fresco y menos saturado, lo que permite que se evapore más agua. En resumen, el viento acelera el proceso de evaporación al mejorar la transferencia de masa de vapor de agua desde la superficie del agua hacia el aire estimulante (20).

### **2.2.3. Eutrofización**

El término «eutrofia» proviene de «eutrophe», que hace referencia a una gran cantidad de nutrientes en un área específica. August Thienemann estableció los conceptos generales de oligotrofia y eutrofia. Para definir estos conceptos, se considera la presencia de algas planctónicas en el área de estudio (21).

La eutrofización se caracteriza por la disminución de la calidad del agua debido a la acumulación de nutrientes, principalmente fósforo y, en menor medida, nitrógeno. La introducción masiva de estos nutrientes que se genera por los desechos de los animales o árboles o plantas alrededor de la laguna que esto afecta considerablemente a los cuerpos de agua a nivel mundial (22). Tanto los ecosistemas lóticos (arroyos, ríos, quebradas, manantiales) como los ecosistemas lénticos (aguas estancadas como esteros, lagunas, lagos, estanques, embalses y áreas cerradas como estuarios) experimentan eutrofización debido al enriquecimiento de nutrientes, lo

que provoca un aumento de plantas superficiales y eventualmente lleva a un proceso de colmatación (22).



**Figura 2. Esquema del proceso de eutrofización**  
*Fuente: Bernard et al. (23)*

Este fenómeno puede ocurrir de manera natural por el envejecimiento gradual de los lagos, un proceso lento y ajeno a la actividad humana. Sin embargo, muchos cuerpos de agua lénticos sufren daños debido a las crecientes necesidades humanas, lo que afecta y deteriora su apariencia. Es crucial destacar que la acción humana acelera significativamente la eutrofización en comparación con el proceso natural, que toma muchos años para desarrollarse (22).

### **2.2.3.1. Causas antropogénicas de la eutrofización**

#### **a) Vertidos de agua residuales**

Los vertidos de aguas residuales se refieren a la liberación de aguas usadas y contaminadas proveniente de actividades humanas, como hogares, industrias y centros urbanos, hacia los cuerpos de agua, como ríos, lagos o el océano.

El vertido de aguas residuales sin un tratamiento adecuado puede tener efectos negativos en los ecosistemas acuáticos. Los altos niveles de nutrientes, como el fósforo y el nitrógeno, presentes en las aguas residuales pueden desencadenar procesos de eutrofización en los cuerpos de agua receptores. Esto puede causar un crecimiento excesivo de algas y planta acuáticas, agotamiento de oxígeno y perturbación del equilibrio ecológico.

Para prevenir los impactos negativos de los vertidos de aguas residuales es fundamental implementar sistemas de tratamientos de aguas residuales adecuados antes de su descarga al medio ambiente. Estos sistemas eliminan o reducen la cantidad de contaminantes presentes en el cuerpo de agua, protegiendo así la calidad del agua y la salud de todos los ecosistemas acuáticos (24).

#### **b) Agricultura**

La agricultura que genera eutrofización se refiere a prácticas agrícolas que contribuyen al enriquecimiento excesivo de nutrientes, especialmente nitrógeno y fósforos en los cuerpos de agua cercanos.

Estas prácticas agrícolas pueden incluir:

- **Uso excesivo de fertilizantes:** Para aumentar la productividad de los cultivos, se utilizan fertilizantes ricos en nutrientes como el nitrógeno y el fósforo. Sin embargo, cuando se aplican en cantidades excesivas o de manera adecuada, estos fertilizantes pueden ser arrastrados por la lluvia o el riego y llegar a los cuerpos de agua a través de la escorrentía. Esto provoca un aumento en los niveles de nutrientes en el agua, contribuyendo con la eutrofización.
- **Deforestación y prácticas de labranza intensiva:** la deforestación y la remoción de la vegetación natural para la agricultura, así como, las prácticas de labranza intensiva, pueden aumentar la erosión del suelo. Esto puede resultar en la liberación de nutrientes y sedimentos en el agua, agravando el proceso de eutrofización (25).

#### **c) Ganadería**

- **Uso de fertilizantes:** la producción intensiva de alimentos para el ganado, como cultivos de forraje y cereales puede requerir el uso de fertilizantes para aumentar la productividad de los suelos. Estos fertilizantes contienen alta cantidad de nitrógeno y fósforo y si no aplican adecuadamente pueden ser arrastrados por las lluvias o el riego y llegar a cuerpos de agua cercanos a la zona, incrementando los niveles de nutrientes y contribuyendo a la eutrofización.

### **2.2.3.2. Causas naturales de eutrofización**

#### **a) Cambios en las condiciones climáticas**

Los cambios en las condiciones climáticas pueden tener varios efectos sobre las lagunas y otros cuerpos de agua (26). A continuación, se presentan algunos de los posibles impactos:

1. Temperaturas más altas: El aumento de las temperaturas puede llevar al calentamiento de las aguas de las lagunas. Esto puede tener consecuencias en la biodiversidad acuática, ya que algunas especies pueden ser sensibles a los cambios de temperatura y sufrir estrés térmico. Además, el calentamiento del agua puede promover el crecimiento de algas y otras plantas acuáticas, lo que puede alterar el equilibrio ecológico de la laguna.
- Cambios en los patrones de precipitación: Los cambios en los patrones de precipitación pueden afectar el nivel del agua en las lagunas. Si hay una disminución en la cantidad de lluvia, las lagunas pueden experimentar una reducción en su nivel de agua, lo que puede llevar a una disminución en su nivel de agua, lo que puede llevar a una disminución de la disponibilidad de hábitats acuáticos, y cambios en la composición de las especies presentes. Por otro lado, los eventos de lluvias intensas y torrenciales pueden provocar inundaciones en las lagunas, lo que puede alterar su estructura y afectar negativamente a las especies acuáticas.

#### **2.2.4. Oxígeno disuelto**

El oxígeno disuelto (OD) es la cantidad de oxígeno presente en el agua y sirve como un indicador de la calidad del agua. En general, niveles altos de oxígeno disuelto sugieren una mejor calidad del agua, mientras que niveles bajos pueden impedir la supervivencia de peces y otros organismos. Este oxígeno disuelto proviene del oxígeno atmosférico que se mezcla con el agua y de la fotosíntesis de las plantas acuáticas. Factores como la salinidad y la altitud (que afecta la presión) también influyen en los niveles de oxígeno disuelto (27).

En los lagos, la concentración de oxígeno disuelto varía principalmente con la profundidad, mientras que en ríos y arroyos los cambios suelen ser más horizontales. La cantidad de oxígeno disuelto también depende de la temperatura: el agua fría puede contener más oxígeno que el agua caliente. El oxígeno disuelto se mide en miligramos por litro (mg/L) o como un porcentaje de saturación (%).

##### **2.2.4.1. Importancia del oxígeno disuelto (OD)**

En un cuerpo de agua, el oxígeno se produce y se consume simultáneamente. La producción de oxígeno está vinculada a la fotosíntesis, mientras que el consumo se debe a la respiración, la descomposición de materia orgánica y otras reacciones químicas. Además, el oxígeno puede intercambiarse con la atmósfera a través de la difusión o la mezcla turbulenta. La concentración total de oxígeno disuelto resulta del equilibrio entre todos estos procesos. Las áreas con

descomposición de materia orgánica suelen tener bajos niveles de oxígeno disuelto, ya que las bacterias utilizan oxígeno para descomponer los desechos orgánicos, reduciendo así la cantidad de oxígeno en el agua. Si el consumo de oxígeno supera su producción, los niveles pueden caer por debajo de lo necesario para la supervivencia de muchos organismos. Los peces, en particular, son sensibles a la hipoxia (28).

**Tabla 2. Rangos de concentración de oxígeno disuelto**

(OD) mg/L	Condición	Consecuencia
0	Anoxia	Muerte masiva de organismos aerobios
0-5	Hipoxia	Desaparición de organismos y especies sensibles
5-8	Aceptable	OD adecuada para la vida de la gran mayoría de especies de peces y otros organismos acuáticos
8-12	Bueno	
>12	Sobresaturada	Sistemas en plena producción fotosintética

*Fuente:* Universidad Nacional Agraria de la Selva (28)

## 2.2.5. Características fisicoquímicas del agua

### 2.2.5.1. Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto es uno de los principales indicadores de la calidad del agua superficial en ríos, lagos y lagunas. Su concentración está influenciada por factores como la altitud, la temperatura del agua y el tipo de cuerpo de agua. Es crucial para la preservación de los organismos acuáticos en general (29). La cantidad de oxígeno disuelto es también un indicador significativo de contaminación. A medida que la temperatura del agua sube, la concentración de oxígeno disuelto disminuye. Además, la presión atmosférica también afecta estos niveles. Un adecuado nivel de oxígeno disuelto es esencial para mantener un ecosistema acuático saludable, ya que muchos organismos dependen de él para su supervivencia (30).

El oxígeno disuelto en el agua se origina a partir de las turbulencias en la interfaz aire-agua y de la producción fotosintética. La solubilidad del oxígeno en el agua está determinada por varios factores, principalmente la temperatura, la presión atmosférica y la salinidad. A medida que la temperatura aumenta, el contenido de oxígeno disminuye debido a su baja solubilidad y al mayor consumo por parte de los organismos y bacterias que proliferan. Estos cambios pueden causar sabores y olores desagradables. En tuberías metálicas, una concentración de oxígeno inferior a 5 mg/L puede provocar corrosión (31).

Si un ecosistema no recupera el oxígeno disuelto, se favorecen los procesos anaeróbicos, que son responsables de la descomposición de materia orgánica y la generación de malos olores (32).

### 2.2.5.2. Temperatura

La temperatura, medida en grados Centígrados o Celsius (°C) con un termómetro, influye en las propiedades físicas y químicas del agua, afectando significativamente a los organismos acuáticos. Esta variación en temperatura altera sus hábitos alimenticios, reproductivos y sus tasas metabólicas. Además, la temperatura es un factor crucial que determina la cantidad de oxígeno que el agua puede disolver y también influye en la velocidad a la que se reciclan los nutrientes en un sistema acuático (33).

En represas, lagos y estanques, el agua puede estratificarse en capas con distintas temperaturas. La mayoría de los organismos acuáticos pueden adaptarse a cambios graduales de temperatura, pero los cambios bruscos pueden inducirles estrés térmico. Las temperaturas superiores a 32 °C pueden ser letales para muchos de estos organismos.

**Tabla 3. Relación entre la temperatura y el oxígeno disuelto en el agua**

Temperatura (°C)	0	5	10	15	20	25	30	35
Oxígeno disuelto (mg/L)	14.6	12.3	11.3	10.1	9.1	8.2	7.5	6.9

*Fuente:* Práctica del monitoreo físico químico y bacteriológico de la calidad del agua (33)

### 2.2.5.3. Potencial de hidrógeno (pH)

El potencial de hidrógeno es una medida de la actividad del ion hidrógeno. En aguas naturales, es una medida del equilibrio ácido-base obtenido por diversos compuestos disueltos, sales y gases. El sistema básico de regulación del pH de los sistemas naturales consiste en carbonatos, bicarbonatos y ácido carbónico (34). Las condiciones climáticas e hidrológicas y la actividad de los organismos acuáticos afectan el pH. Este es un importante parámetro de calidad porque el rango de concentración adecuado como se observa en el **anexo N.º 10-ECA**, para la existencia de la mayoría de los animales biológicos es muy estrecho y crítico (35).

## 2.2.6. Recursos hídricos

### 2.2.6.1. Lagunas antropogénicas

Las lagunas antropogénicas son cuerpos de agua que han sido creados o modificados directamente por la actividad humana. Estas lagunas son el resultado de intervenciones humanas como la construcción de represas, embalses, canales de riego, piscicultura, minería y excavaciones para extracciones de materiales, entre otros (36). Algunas características de las lagunas antropogénicas son:

- **Origen humano:** Estas lagunas son creadas con un propósito específico por el ser humano, generalmente para el suministro de agua potable, riego, generación de energía hidroeléctrica, acuicultura, recreación o para otros fines industriales.
- **Alteración del ecosistema:** La construcción de lagunas antropogénicas implica las modificaciones del entorno natural. Se pueden modificar los cursos de agua existentes, inundar áreas previamente terrestres, cambiar los patrones de flujo del agua y alterar los hábitats y las comunidades de plantas y animales.

#### 2.2.6.2. Lagunas naturales

- **Lagunas de humedales:**

Los humedales, incluyendo las lagunas de humedales, son ecosistemas especialmente sensibles a los cambios climáticos. el cambio climático puede tener varios impactos en estos ecosistemas, tanto a nivel físico como biológico (37), a continuación, se mencionan algunos de los posibles efectos del cambio climático en las lagunas de humedales:

- **Variaciones en los patrones de precipitación:** El cambio climático puede ocasionar alteraciones en los patrones de lluvia, lo que puede tener un impacto significativo en las lagunas de humedales. Puede haber una reducción en la cantidad de lluvia, lo que puede llevar a una disminución del nivel del agua en las lagunas, aumentando la disponibilidad de agua para las especies acuáticas y los hábitats asociadas, por otro lado, también se pueden producir eventos de precipitación más intensos y concentrados, lo que puede provocar inundaciones y cambios en la estructura del humedal.
- **Aumento de las temperaturas:** El aumento de las temperaturas debido al cambio climático puede tener efectos en la temperatura del agua de las lagunas de los humedales. Esto puede influir en los ciclos biológicos de las especies acuáticas, como la reproducción, la migración y la disponibilidad de alimento. Además, puede contribuir al crecimiento de algas y cianobacterias, lo que puede alterar el equilibrio ecológico de las lagunas.

#### 2.2.7. Uso de PEAD en tratamientos o tecnología de aguas

- **Resistencia a la corrosión:** El HDPE es resistente a la corrosión causada por el agua y muchos productos químicos, lo que lo hace adecuado para uso en aplicaciones donde se requiere una

alta resistencia a la corrosión, Esto incluye tuberías de agua, tanques de almacenamiento, revestimientos de estanques y otros componentes relacionados.

- **Alta durabilidad:** El HDPE es conocido por su alta resistencia y durabilidad. Es capaz de soportar las condiciones ambientales adversas y el estrés mecánico sin deteriorarse, lo que lo convierte en una opción confiable para aplicaciones con agua.
- **Resistencia a la abrasión:** El HDPE tiene una buena resistencia a la abrasión, lo que significa que puede soportar el desgaste causado por el movimiento y el flujo del agua sin sufrir daños significativos. Esto es particularmente beneficioso en tuberías y conductos donde el agua puede tener partículas o sedimentos que pueden causar abrasión.
- **Impermeabilidad:** El HDPE es un material impermeable, lo que significa que no permite la filtración o la fuga de agua a través de sus paredes. Esto lo convierte en una opción adecuada para aplicaciones que requieren una barrera impermeable, como revestimiento de estanques, sistemas de contención de agua y barreras de separación.
- **Facilidad de instalación:** El HDPE es un material liviano y flexible lo que facilita su instalación y manejo. Puede ser soldado mediante fusión térmica, lo que permite la creación de conexiones herméticas y sin costuras.
- El HDPE se utiliza en tratamientos y productos relacionados con el agua debido a su resistencia a la corrosión, alta durabilidad, resistencia a la abrasión, impermeabilidad y facilidad de instalación. Esta propiedad lo convierte en una opción confiable y eficiente para una amplia gama de aplicaciones que involucran agua (38).

## **2.2.8. Tecnología para minimizar de evaporación de lagunas**

### **2.2.8.1. Paneles solares flotantes**

El diseño de los sistemas de paneles solares flotantes de *Inflo Floating* se centra en la durabilidad, la eficiencia y la resistencia a las condiciones ambientales. Estos sistemas están contruidos con materiales resistentes al agua, a la corrosión y a los cambios climáticos lo que le permite soportar las condiciones adversas que se encuentran en un entorno acuático.

Los sistemas de paneles solares flotantes también pueden ayudar a reducir la evaporación del agua, al proporcionar sombra y reducir la exposición directa al sol, lo que puede ser beneficioso en áreas donde el agua es un recurso escaso.

En resumen, los sistemas de paneles solares flotantes de *Inflo Floating* se centran en aprovechar los cuerpos de agua existentes para generar energía eléctrica de manera eficiente y sostenible. Estos sistemas ofrecen una solución innovadora para la producción de energía renovable y pueden ser aplicados en una variedad de entornos acuáticos (39).

### **2.2.8.2. Geomembranas, impermeabilización a la medida**

Los laminados o membranas flexibles conocidos como geomembranas se utilizan en una variedad de aplicaciones para proporcionar una barrera impermeable. Se emplean con frecuencia en proyectos de impermeabilización, ya que están fabricados para impedir la filtración de líquidos o gases.

La impermeabilización a medida implica tomar medidas precisas y desarrollar geomembranas específicas que se adapten a la forma, tamaño y requisitos del proyecto. Estas geomembranas se suelen fabricar en talleres especificados y luego se instalan en el lugar correspondiente utilizando técnicas de soldadura por calor, adhesivos o sistemas de unión adecuados.

Las aplicaciones comunes de las geomembranas y la impermeabilización a medida incluyen revestimiento de estanques y lagunas de retención de agua, protección de suelos y aguas subterráneas contra la contaminación, revestimiento de vertederos y plantas de tratamiento de residuos, construcción de túneles y revestimiento de canales, entre otros (40).

### **2.2.8.3. Coberturas plásticas**

Las coberturas plásticas para el agua se refieren a láminas o películas de plástico que se utilizan para cubrir superficies de agua, como piscinas, estanques, depósitos o reservorios, con el fin de brindar una serie de beneficios y protección.

Estas coberturas plásticas para el agua tienen diferentes propósitos y aplicaciones. Algunos de los usos comunes son:

- Reducción de la evaporación: las coberturas plásticas ayudan a disminuir la evaporación del agua al proporcionar una barrera física entre el agua y la atmósfera. Esto es especialmente útil en áreas donde el agua es escasa o costosa de reemplazar.
- Conservación de la temperatura: al cubrir la superficie del agua, las coberturas plásticas pueden ayudar a retener el calor y mantener la temperatura del agua, lo que puede ser beneficioso para piscinas o instalaciones donde se requiere agua caliente o temperatura específicas.
- Control de la suciedad y los desechos: las coberturas plásticas también pueden evitar que la suciedad, las hojas, los insectos u otros desechos ingresen al agua, manteniéndola más limpia y reduciendo la necesidad de limpieza y mantenimiento frecuentes.
- Prevención del crecimiento de algas: al bloquear la luz solar, las coberturas plásticas pueden dificultar el crecimiento excesivo de algas en el agua, reduciendo así la necesidad de productos químicos para el tratamiento y el mantenimiento del agua.
- Es importante seleccionar una cobertura plástica adecuada para cada aplicación específica, considerando factores como la resistencia a los rayos UV, la durabilidad, la transparencia, la impermeabilidad y otros requisitos particulares del proyecto (41).

## **2.2.9. Tecnología para minimizar la eutrofización en lagunas**

### **2.2.9.1. Uso de dos macrófitas (*myriophyllum*, *elodea*)**

Las macrófitas son plantas acuáticas que crecen en agua dulce o en humedales. Entre las macrófitas comunes se encuentran el *Myriophyllum* (*milfoil* de agua o espiga de agua) y el *Elodea* (*elodea* de agua o cola de zorro), que se utilizan en varios contextos relacionados con el tratamiento y la mejora de cuerpos de agua.

El *myriophyllum* es una planta acuática sumergida que se caracteriza por sus hojas plumosas y ramificadas. Se utiliza en aplicaciones de fitorremediación que consiste en utilizar plantas para eliminar o reducir la presencia de contaminantes en el agua. El *myriophyllum* es conocido por su capacidad de absorber nutrientes, como nitratos, fosfatos, del agua, ayudando así a controlar el crecimiento excesivo de algas y mejorando la calidad del agua en lagos, estanques y otros cuerpos de agua.

Por otro lado, el *Elodea* es una planta acuática sumergida que se caracteriza por sus tallos verdaderos y flexibles con hojas en espiral. También se utiliza en aplicaciones de fitorremediación, ya que tiene la capacidad de absorber nutrientes y ayudar en la eliminación de contaminantes del agua. Además, el *Elodea* puede proporcionar refugio y hábitat para organismos acuáticos, así como, ayudar a oxigenar el agua mediante la liberación de oxígeno en la fotosíntesis (42).

### **2.3. Definición de términos básicos**

- Aguas residuales

Se define como cuerpos de agua cuyas características naturales han sido alteradas por la mano del hombre y que necesitan un tratamiento previo, vertidas a un sistema de alcantarillado a cuerpo receptor de agua (43).

- Comunidad

La agrupación de organismos, que generalmente comparten características similares, da lugar a la formación de comunidades o biocenosis. Estas comunidades consisten en poblaciones de animales y plantas que interactúan entre sí en un entorno específico (44).

- Calidad de agua

Se trata de una combinación de características, tanto favorables como desfavorables, que determinan la calidad del agua y, por ende, su idoneidad para diversos usos, como doméstico, riego, industrial, entre otros.

- Eutrofización

Es el incremento de la fuente de materia orgánica en un ecosistema, el cual está relacionado con el crecimiento excesivo de la carga de nutrientes principalmente el fósforo y el nitrógeno, por lo tanto, está relacionado con el incremento de la producción primaria del sistema (45).

- Evaporación

Es el proceso por medio del cual el agua cambia de estado líquido a gaseoso incorporándose a la atmósfera en forma de vapor (46).

- Eficiencia

Capacidad de lograr los resultados deseados con el mínimo posible de recursos.

- Flotadores de sombra

Son esferas de plástico negro que flotan en la superficie del agua para proporcionar sombra y protección para reducir evaporación y prevenir el crecimiento de algas y otras formas de vida no deseadas en un cuerpo de agua (5).

- Fauna

Se hace referencia a todas las especies animales, generalmente asociadas a una ubicación, clima, tipo de hábitat, entorno o período geológico específicos (44).

- Flora

Se refiere a todas las plantas que se encuentran en una región o período geológico particular. Las plantas que crecen en las orillas de los lagos son predominantemente herbáceas (44).

- Indicadores físicos

Se clasifican como parámetros físicos aquellos que tienen incidencia directa sobre las condiciones estéticas del agua, entre estos: turbidez, color, olor, sabor, temperatura, sólidos (47).

- Laguna

Las lagunas se definen como cuerpos de agua dulce o salobre generalmente poco profundos, que están separados de los cuerpos de agua más grandes, como ríos o mares, por barreras naturales o artificiales.

- Oxígeno disuelto

Es la cantidad de oxígeno gaseoso que está disuelto en el agua. El oxígeno libre es fundamental para la vida de los peces, plantas, algas, y otros organismos; por eso desde siempre se ha considerado como un indicador de la capacidad de un río para mantener la vida acuática (48).

- Nutrientes

Se refieren a sustancias que poseen un alto valor nutricional y que son consumidas como alimento por un organismo en particular (44).

- pH

Es la concentración de iones expresada en moles por litro, la medida indica la acidez o alcalinidad de una muestra de agua (43).

- Polietileno de alta densidad (PEAD o HDPE)

El polietileno es un polímero termoplástico ampliamente utilizado en diversas aplicaciones debido a su resistencia, durabilidad y versatilidad (6).

- Temperatura

La temperatura es uno de los factores físicos más importante en el agua, pues, por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción del oxígeno, la precipitación de compuestos, formación de depósitos y procesos de mezcla, floculación sedimentación y filtración (49).

## **CAPÍTULO III METODOLOGÍA**

### **3.1. Método, tipo y nivel de investigación**

#### **3.1.1. Métodos de la investigación**

##### **a) Método general o teórico de la investigación:**

El método de investigación es científico, ya que se determinó la eficiencia de los flotadores de sombra de material (PEAD) y cómo es el proceso de mitigación de la evaporación y eutrofización en horario determinados para un buen monitoreo y analizar en cuánto puede contribuir en la población de *Huayllaspanca*.

##### **b) Método específico de la investigación**

Se empleó la observación directa como método específico para investigación, esto debido a que el contacto es directo con el estudio, teniendo como finalidad conocer el escenario (50). Esto quiere decir que se realizó la observación directa con el problema del cambio climático en la laguna de *Huayllaspanca*.

#### **3.1.2. Tipo de investigación**

El tipo de investigación fue aplicado y de perspectiva básica, puesto que su finalidad se basa en la realidad de acuerdo con el conocimiento científico (50).

### 3.1.3. Nivel de investigación

El alcance de la investigación metodológica que se desarrolla es correlacional exploratorio, ya que contiene una prueba piloto, que fue monitoreado con y sin los flotadores de sombra de material (PEAD) en determinados periodos de cierto tiempo y también exploratorio, ya que el proyecto se realizó en una perspectiva innovadora, ya que no se cuenta con mucha información del tema y permite controlar el desarrollo de la evaporación y la eutrofización.

### 3.2. Diseño de la investigación

El estudio implementó un diseño experimental, ya que se vio cómo se desarrolló el proyecto, de ese modo se definieron las variables que se están trabajando (flotadores de sombra) y de cómo procedió a analizar los datos obtenidos.

### 3.3. Población y muestra

#### 3.3.1. Población

Tabla 4. Población y muestra

	Población	Muestra
Ubicación	La Laguna <i>Huayllspanca</i>	Los 40 litros recolectado de la laguna 20 L (Prototipo 0) (Prototipo 1)
Región	Junín	
Distrito	La punta	
Coordenadas	12°06'50''S 75°11'37''W	

#### a) Entorno natural

La laguna se encuentra en la región Junín, en el distrito de La Punta, al sur de la ciudad de Huancayo, a los alrededores de esta laguna hay una gran vegetación. Como también aves.

#### b) Entorno humano y socioeconómico

Asimismo, para estos entornos se tomó en cuenta la población que habita, en el entorno socioeconómico muchas de las personas se dedican a la cosecha como también al turismo, ya que la zona es punto turístico de la ciudad.

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.4.1. Técnicas

Para el trabajo de investigación se usó la técnica de observación directa, entrevistas – encuestas y análisis en laboratorio, las cuales se ven reflejadas en las siguientes etapas:

### **1.<sup>a</sup> Etapa: Reconocimiento inicial**

- Reconocimiento del área de la laguna
- Identificar el problema ambiental

### **2.<sup>a</sup> Etapa: Construcción del prototipo**

- Diseño de los flotadores de sombra como también las peceras para poder realizar la evaluación de los flotadores
- Recolección de agua de la laguna

### **3.<sup>a</sup> Etapa: Operacionalización**

- Aplicar los flotadores de sombra en la pecera
- Realizar un medición de las dos peceras

#### **3.4.2. Instrumentos de la recolección de datos**

Los instrumentos que son utilizados para la recolección de datos son las siguientes:

- Monitoreo de agua: Se realizó para adquirir las características del agua y evaluar los parámetros identificados.
- Cadena de custodia: Después del monitoreo del agua se anotó en la cadena de custodia los datos obtenidos especificando las observaciones.
- Cuaderno de campo: Se utiliza el cuaderno de campo para poder plasmar toda la información recaudada cuando se realiza las mediciones de los parámetros del «piloto 0» (P0) y «el piloto 1» (P1).
- Fotografías: Para recaudar información por medio de imágenes y evidencias del proyecto que se viene realizando con la implementación de los flotadores de sombra.
- Excel: Este *software* viene siendo utilizado para comparar y realizar mediante la estadística si al implementar las bolas de sombra aporta positivamente al objetivo del proyecto.

### 3.5. Metodología de la experimentación

#### 3.5.1. Ubicación geográfica

La laguna *Huayllspanca* se encuentra en el distrito de La Punta, provincia de Huancayo, departamento de Junín, en Perú. Geográficamente, está ubicada en la región central de los Andes peruanos, a una altitud considerable debido a su proximidad a las montañas. Su ubicación específica puede variar ligeramente, pero generalmente se encuentra en las coordenadas aproximadas de  $12^{\circ}06'50''\text{S}$   $75^{\circ}11'37''\text{W}$ . La laguna *Huayllspanca* en La Punta, Junín, se encuentra a una altitud aproximada de 4050 metros sobre el nivel del mar.

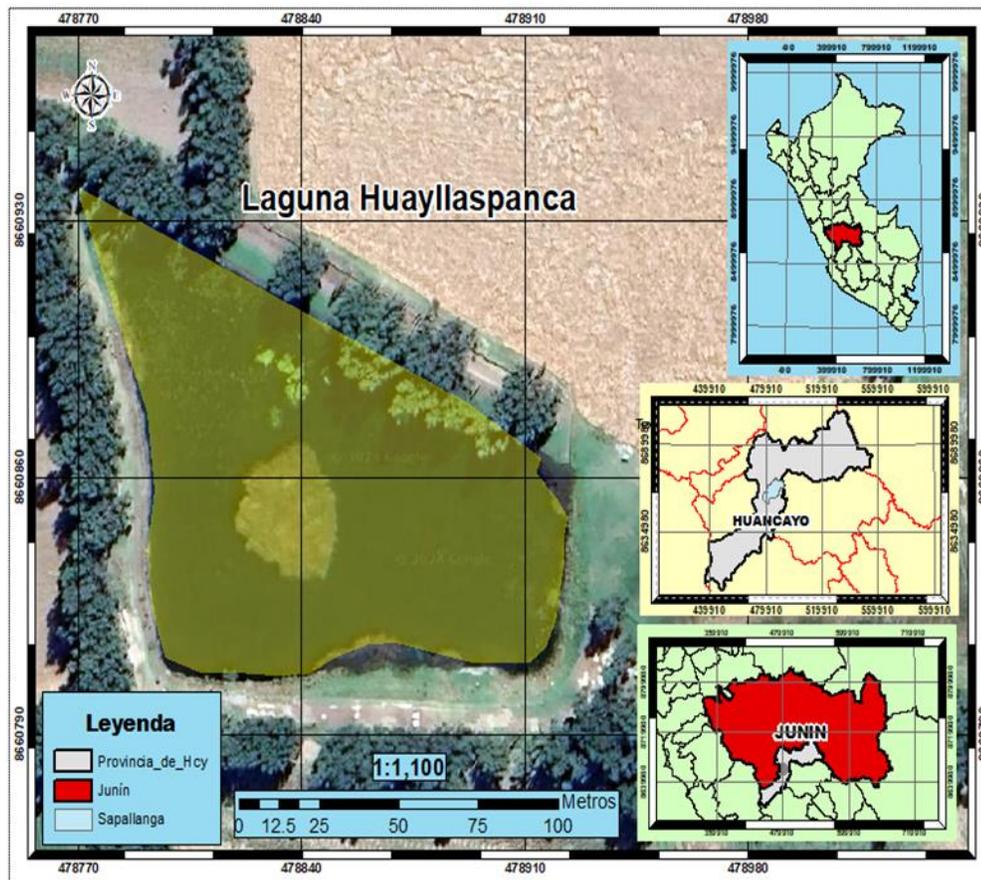


Figura 3. Ubicación geográfica del lugar

##### 3.5.1.1. Características del lugar

- **Topografía:** Altitud elevada, como se mencionó anteriormente, la laguna *Huayllspanca* se encuentra a una altitud aproximada de 4050 metros sobre el nivel del mar, lo que la sitúa en una zona de alta montaña.

- Terreno montañoso: se encuentra rodeada por colinas o montañas escarpadas que definen su cuenca hidrográfica.
- Vegetación de altura: en las zonas cercanas a la laguna, se observa vegetación adaptada a las condiciones de altitud, como ichu, bofedales, y algunos arbustos y plantas resistentes al frío, la laguna *Huayllaspanca* probablemente recibe la mayor parte de su agua a través de la precipitación atmosférica, que puede variar estacionalmente en función de los patrones climáticos locales.
- **Clima:** La región donde se encuentra la laguna *Huayllaspanca*, en La Punta, Junín, está típicamente caracterizada por un clima de alta montaña, influenciado por su altitud y ubicación en los Andes peruanos. Algunas características del clima que podrían esperarse en esta área incluyen:
  - **Temperaturas frías:** Debido a la altitud elevada, las temperaturas tienden a ser frescas o frías durante todo el año. Las noches suelen ser especialmente frías, y las temperaturas pueden descender por debajo del punto de congelación, incluso en los meses más cálidos.
  - **Variación estacional:** La región puede experimentar variaciones estacionales marcadas en las temperaturas, con veranos más cálidos e inviernos más fríos. Sin embargo, las temperaturas frías son comunes durante todo el año debido a la altitud.
  - **Precipitación:** La precipitación puede variar según la estación, con una temporada de lluvias más pronunciada durante los meses de verano (de diciembre a marzo), y una temporada más seca durante los meses de invierno (de junio a septiembre). Además de las lluvias, es posible que en esta región se den nevadas, especialmente durante los meses más fríos.
  - **Radiación solar intensa:** Debido a la altitud y la proximidad al ecuador, la radiación solar puede ser intensa, lo que puede resultar en una exposición significativa a la radiación ultravioleta.
  - **Vientos:** Pueden ser fuertes y frecuentes, especialmente en las zonas altas y expuestas, lo que puede hacer que las temperaturas se sientan aún más frías.

### **3.5.1.2. Relaciones**

- Municipalidad Distrital de La Punta: Como funciones básicas de la municipalidad son promover la preservación de los recursos naturales locales, incluyendo la flora y fauna, mediante la participación activa en la gestión integrada de las cuencas hidrográficas y la administración responsable de las áreas naturales protegidas a nivel municipal.

### **3.5.2. Desarrollo de la metodología**

#### **3.5.2.1. Descripción metodológica (en campo)**

- a) Para el cumplimiento de los objetivos planteados se llevó a cabo una lista de actividades, y son las siguientes:
  - Se realizó la visita a campo para analizar y recolección de muestras para el piloto del proyecto.
  - La construcción de los prototipos 0 y 1 (P0 Y P1)
  - Diseño y desarrollo de los flotadores de sombra PEAD
  - Se realizó el monitoreo de la implementación de los flotadores de sombra.
  - Obtuvo los resultados del monitoreo
  - Se analizaron los resultados y se dio una conclusión
- b) Trabajo de campo

Se visitó la laguna *Huayllaspanca* y se realizó lo siguiente:

  - Medición de las dimensiones de la implementación de la laguna en escala
  - Cálculo de la caracterización del material de los flotadores de sombra
  - Medición del oxígeno disuelto y temperatura

#### **3.5.2.2. Ingeniería conceptual del sistema del cuerpo de agua**

- **Caracterización hidroquímica**

- Caracterización del efluente de la laguna de *Huayllaspanca*

Análisis de la caracterización de las aguas de la laguna *Huayllaspanca* para la comparación entre el P0 y P1.

1. Oxígeno disuelto
2. Temperatura

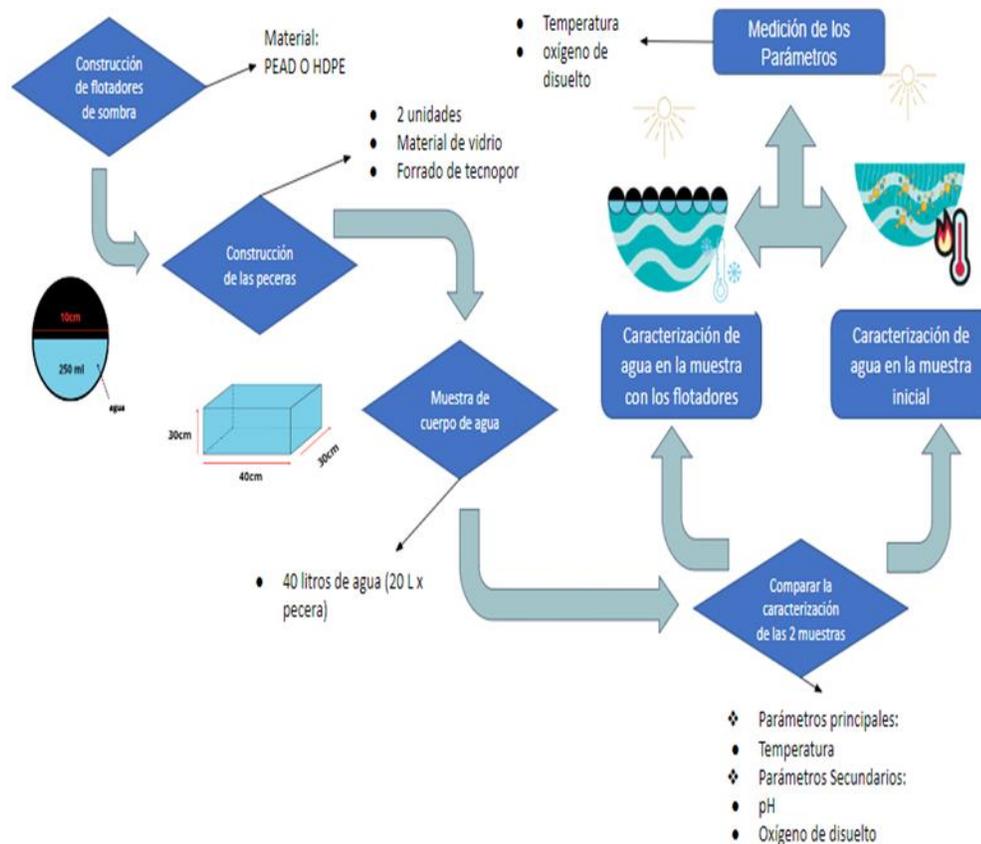
❖ Parámetros secundarios:

1. pH

● **Caracterización del cuerpo receptor**

○ **Comparar los parámetros del efluente de *Huayllspanca* entre las peceras**

La descarga final de los efluentes municipales proviene de la laguna *Huayllspanca*. Esta evaluación consistirá en obtener las aguas de la laguna para posteriormente ser analizadas en 2 peceras y evaluar la eficiencia de las bolas de sombra (PEAD) para la evaporación y eutrofización, y evaluar la caracterización que se obtiene.



**Figura 4. Diagrama de flujo**

### 3.5.2.3. Sistema de la evaluación de los prototipos 0 y 1

- **Criterios de diseño**

El principal motivo del trabajo al momento de optar es implementar un diseño de bolas de sombra que consiste en un material reutilizable y es el polietileno de alta densidad que se utilizará con las aguas recolectadas de la laguna *Huayllaspanca* que se encuentra en La Punta. Con el fin de comparar entre 2 peceras, donde el P1 estará con las bolas de sombra y el P0, no. Analizando y dando como resultado la disminución de la evaporación y la eutrofización.

Las bolas de sombra de PEAD ayudará a que las aguas reducen la evaporación y eutrofización. Para cumplir los parámetros fisicoquímicos del agua que se obtendrá de la laguna *Huayllaspanca*.

### 3.6. Construcción del prototipo

**Tabla 5. Materiales**

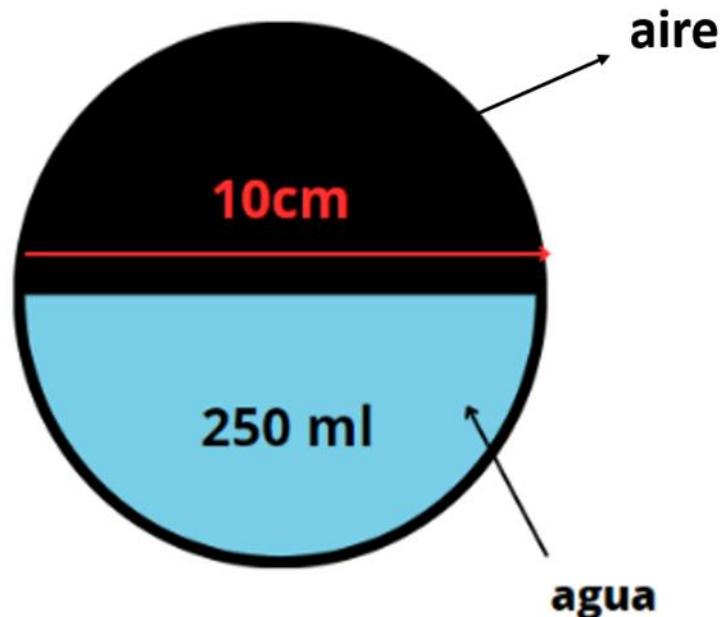
Construcción del prototipo	Cantidades
<b>Peceras</b>	-
Vidrio de espesor de 2 pulgadas	10 unid.
Silicona acética para vidrios y aluminio Sikasil AC transparente x 280 ml	2 unid.
Poliestireno expandido (Tecnopor) ½ pulgada	1 plancha
<b>Flotadores de sombra de polietileno de alta densidad</b>	-
Polietileno de alta densidad (reciclado)	12 unid.
Envase compuesto por PEAD (pegamento)	2 unid.
Agua incluida en los flotadores	3 L

#### 3.6.1. Construcción de los flotadores

Se recolectaron las bombas antiguas que se utilizaban en los inodoros en el tanque de agua, las cuales tienen aproximadamente 10 cm de diámetro, dicho que estas bombas estaban hechas de PEAD, que se recolecta, lava y desinfecta para luego realizar el proceso de construcción, primero fue separado de todo el sistema de drenaje del tanque, se rellena de agua hasta la mitad (aproximado de 250 ml), luego fue sellado con el mismo material de PEAD el cual también fue de material reutilizado (recipientes de aceite de carros, recipientes de lejía o ácido muriático o entre otros

materiales de limpieza), que antes fue puesto a calor directo, de ahí se puso en contacto con las esferas y se selló y dejó que se enfríe.

- **Alta durabilidad:** El HDPE es conocido por su alta resistencia y durabilidad. Es capaz de soportar las condiciones ambientales adversas y el estrés mecánico sin deteriorarse, lo que lo convierte en una opción confiable para aplicaciones con agua (38).

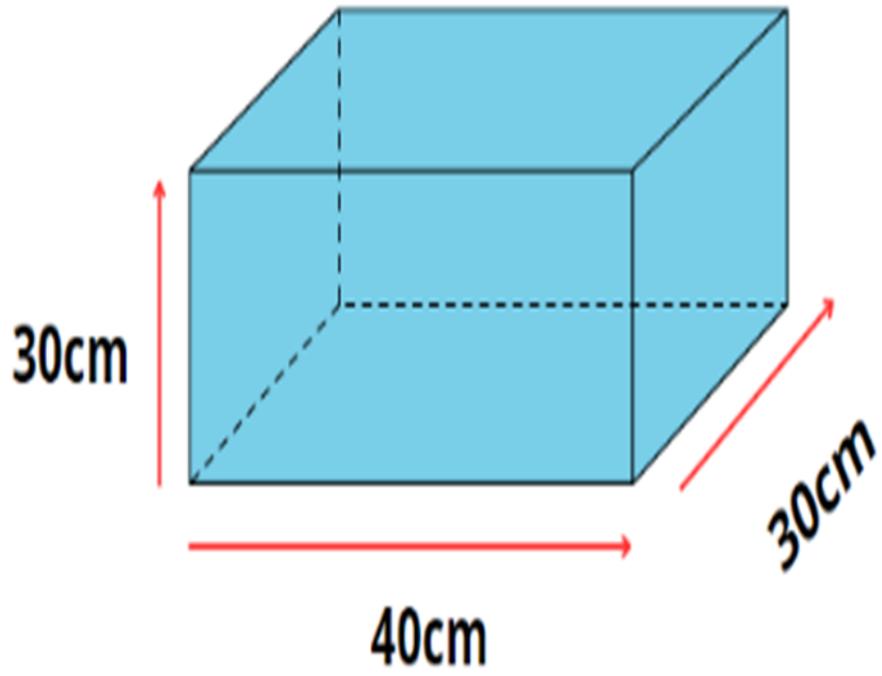


*Figura 5. Prototipo flotador de sombra*

### 3.6.2. Construcción de la pecera

La pecera es la representación de la laguna para realizar la experimentación. Para la realización de las peceras se suma el diámetro de los flotadores que se tenía hasta ese momento, la cantidad de flotadores de PEAD era de 12, que el perímetro total de los flotadores juntos daba la siguiente área (figura 5).

El material de las peceras es de vidrio y alrededor de éstas se utilizó Tecnopor; para así, ser tapadas por los extremos y que sirva de aislante por los rayos UV, ya que solo se necesita que el calor emane en la parte superior de los prototipos.



*Figura 6. Prototipo de pecera*

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Análisis de la investigación**

La toma de monitoreo se realizó en 3 días tomados en las siguientes horas, de 9:40 a 15:40, se tomaron 9 medidas con 45 minutos de diferencia, el instrumento que se utilizó para realizar estas medidas fue un multiparámetro para saber también el rango del oxígeno disuelto que se debe tener; para las mediciones de los 3 días se recolectó agua de la laguna *Huayllaspanca*.

Al momento de implementar estos flotadores de sombra a las peceras que representan la laguna, estas cubren en casi su totalidad de la superficie, esto para que no ingresen microorganismos ni nutrientes inorgánicos como el fósforo, para que no se junte con el oxígeno disuelto y no se genere la eutrofización como también ningún ave o animal se pose en este cuerpo de agua.

#### **4.1.1. Análisis del monitoreo**

##### **4.1.1.1. Medición 1**

Se realizaron las dos mediciones en el P0 sin aplicar la tecnología (sin flotadores) y en el P1 aplicando los flotadores, se realizaron las 9 mediciones sin ningún problema, la temperatura más alta fue de 12:00 h a 14:00 h con un promedio de 17°. La medición de la temperatura de los dos prototipos empezó igual a 12.13° el primero prototipo (P0) después de las 6 horas la última medición finalizó en 20.55° mientras que el otro (P1) finalizó a 17.05°.

El oxígeno disuelto del P0 empezó a 12.98 mg/L y finalizó en 8.85 mg/L mientras que el P1 empezó 11.98 mg/L mientras después de las 6 h finalizó en 9.33 mg/L.

**Tabla 6. Medición sin flotadores – día 1**

Parámetros	Monitoreo 1 - Prototipo 0 Sin flotadores								
	9:40 h	10:25 h	11:10 h	11:55 h	12:40 h	13:25 h	14:10 h	14:55 h	15:40 h
Oxígeno Disuelto	12.98	12.94	12.84	11.77	11.1	10.93	10.75	9.54	8.85
Temperatura	12.13	13.28	14.75	16.65	17.5	18.35	19.21	19.89	20.55
pH	8.2	7.63	8.05	8.15	8.17	8.28	8.38	8.24	8.61

**Tabla 7. Medición con flotador – día 1**

Parámetros	Monitoreo 1 - Prototipo 1 con flotadores								
	9:40 h	10:25 h	11:10 h	11:55 h	12:40 h	13:25 h	14:10 h	14:55 h	15:40 h
Oxígeno disuelto	11.92	11.72	11.41	11.51	11.45	10.58	10.35	10.3	9.33
Temperatura	12.13	12.71	13.4	15.01	15.79	16.9	17.01	17.07	17.05
pH	8.21	7.62	7.92	8.02	8.02	8.23	8.27	7.91	8.1

#### **4.1.1.2. Medición 2**

En el prototipo 0 (sin flotadores) y en el prototipo 1 aplicando los flotadores, se realizaron las 9 mediciones sin ningún problema, la medición empezó a las 9:40 h, la temperatura más alta fue de 13:00 h a 15:00 h con un promedio de 19°. La medición de la temperatura del prototipo 0 empezó a 12.5°, mientras el prototipo 1 empezó en 12.6° es 0.24 ° que no influye en las mediciones; después de las 6 horas la última medición de la temperatura de P0 finalizó en 24.5°, mientras que el P1 finalizó en 19.95°; el día como se observa en comparación a la medición 1 en la temperatura ambiente esta 2° encima y con prolongado mayor tiempo.

El oxígeno disuelto de los dos prototipos empezó igual en 11.55 mg/L y después de las 6 h de la evaluación del monitor, el P0 finalizó en 8.89 mg/L mientras que el P1 finalizó en 9.45 mg/L.

**Tabla 8. Medición sin flotadores - día 2**

<b>Monitoreo 2- Prototipo 0 Sin flotadores</b>									
<b>Parámetros</b>	<b>Horas</b>								
	<b>9:40 h</b>	<b>10:25 h</b>	<b>11:10 h</b>	<b>11:55 h</b>	<b>12:40 h</b>	<b>13:25 h</b>	<b>14:10 h</b>	<b>14:55 h</b>	<b>15:40 h</b>
<b>Oxígeno disuelto</b>	11.55	11.5	10.85	11.82	10.07	9.98	9.8	9.81	8.89
<b>Temperatura</b>	12.5	15.12	17.03	19.74	20.74	21.84	22.23	23.2	24.5
<b>pH</b>	8.29	8.31	8.14	8.01	8.01	8.02	7.95	7.9	7.5

**Tabla 9. Medición con flotadores – día 2**

<b>Monitoreo 2- Prototipo 1 Con flotadores</b>									
<b>Parámetros</b>	<b>Horas</b>								
	<b>9:40 h</b>	<b>10:25 h</b>	<b>11:10 h</b>	<b>11:55 h</b>	<b>12:40 h</b>	<b>13:25 h</b>	<b>14:10 h</b>	<b>14:55 h</b>	<b>15:40 h</b>
<b>Oxígeno disuelto</b>	11.54	11.52	11.8	10.84	10.45	10.15	10.83	9.21	9.45
<b>Temperatura</b>	12.26	13.8	15.73	17.2	17.28	18.01	18.9	19.12	19.95
<b>pH</b>	8.5	7.75	7.9	7.89	8.03	8	8.22	8.45	8.15

#### **4.1.1.3. Medición 3**

En el prototipo 0 (sin flotadores) y en el prototipo 1 aplicando los flotadores, se realizaron las 9 mediciones sin ningún problema, la medición empezó a las 9:40 h, la temperatura ambiente más alta fue de 11:30 h a 14:00 h con un promedio de 16°. La medición de las temperaturas tanto del P0 y el P1 empezó 11.45°, como se observa comparando con las otras mediciones realizada la temperatura de inicio es menor, ya al momento de la medición se encontraba nublado; después de las 6 horas la última medición de la temperatura de P0 finalizó en 20.42° mientras que el P1 finalizó en 18.25°.

El oxígeno disuelto de los dos prototipos empezó igual en 11.54 mg/L y después de las 6 h de la evaluación del monitor el P0 finalizó en 8.22 mg/L mientras que el P1 finalizó en 9.1mg/L.

**Tabla 10. Medición sin flotadores – día 3**

Parámetros	Monitoreo 3- Prototipo 0 Sin flotadores								
	9:40 h	10:25 h	11:10 h	11:55 h	12:40 h	13:25 h	14:10 h	14:55 h	15:40 h
Oxígeno disuelto	11.54	11.5	12.32	11.3	10.73	9.07	9.19	8.38	8.22
Temperatura	11.45	12.02	13.84	15.42	17.03	18.27	19.29	19.46	20.42
pH	8.21	8.86	8.3	8.37	8.05	7.81	7.51	7.69	7.8

**Tabla 11. Medición con flotadores – día 3**

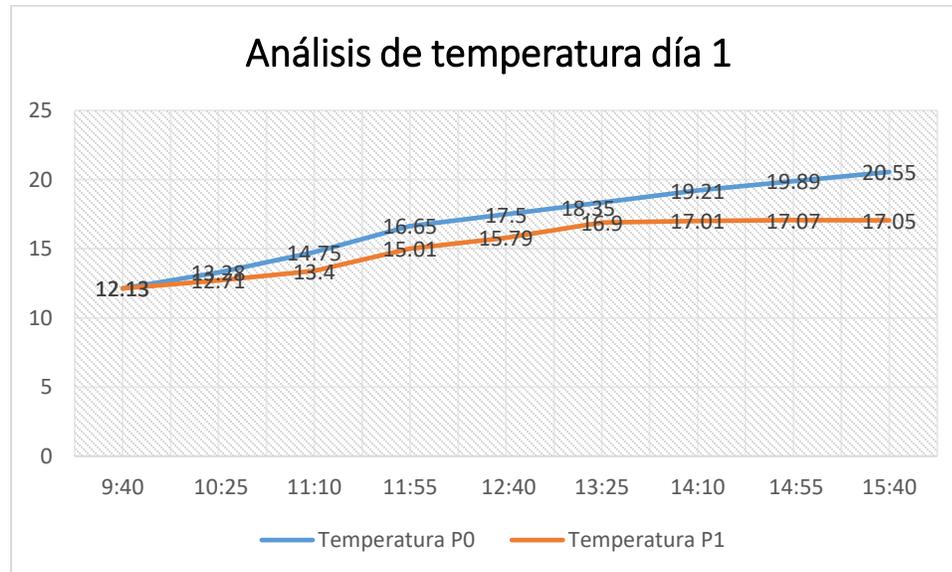
Parámetros	Monitoreo 3- Prototipo 1 Con flotadores								
	9:40 h	10:25 h	11:10 h	11:55 h	12:40 h	13:25 h	14:10 h	14:55 h	15:40 h
Oxígeno disuelto	11.54	11.5	10.42	10.4	10.37	10.18	9.85	9.24	9.1
Temperatura	11.45	12.33	13.27	14.02	15.73	17.21	17.50	17.95	18.25
pH	8.21	8.86	8.3	8.37	8.05	7.81	7.51	7.69	7.8

#### 4.2. Resultado de la investigación

Se realizó el análisis comparativo de los dos prototipos P0 sin la implementación de los flotadores de sombra y el P1 con la implementación de los flotadores de sombra para observar la eficiencia de los flotadores de sombra para minimizar el proceso de evaporación como también controlar el proceso de eutrofización. Se compararon los dos parámetros principales (oxígeno disuelto y temperatura) como también el parámetro secundario, el potencial de hidrogeno (pH).

**Tabla 12. Comparación de la temperatura y oxígeno disuelto del día 1**

Hora	Temperatura día 1		OD día 1	
	Temperatura P0	Temperatura P1	OD P0	OD P1
9:40	12.13	12.13	12.98	11.92
10:25	13.28	12.71	12.94	11.72
11:10	14.75	13.4	12.84	11.41
11:55	16.65	15.01	11.77	11.51
12:40	17.5	15.79	11.1	11.45
13:25	18.35	16.9	10.93	10.58
14:10	19.21	17.01	10.75	10.35
14:55	19.89	17.07	9.54	10.3
15:40	20.55	17.05	8.85	9.33



**Figura 7. Análisis de temperatura - día 1**

Los resultados de las mediciones de la temperatura del día 1 poniendo a prueba los prototipos de flotadores de sombra en escala fue la siguiente: de los dos prototipos como se observa en la figura, los dos prototipos empezaron iguales en 12.13° y la temperatura más alta donde aumentó un aproximado de dos grados fue a las 11:10 h con 2° y finalizó el P0 sin flotadores en

20.5 °, aumentó 8.42° en 6 h y el P1 con la implementación de los flotadores finalizó en 17.05 aumentó 5.37°, comparando entre los dos prototipos la diferencia de temperatura es 3.05.

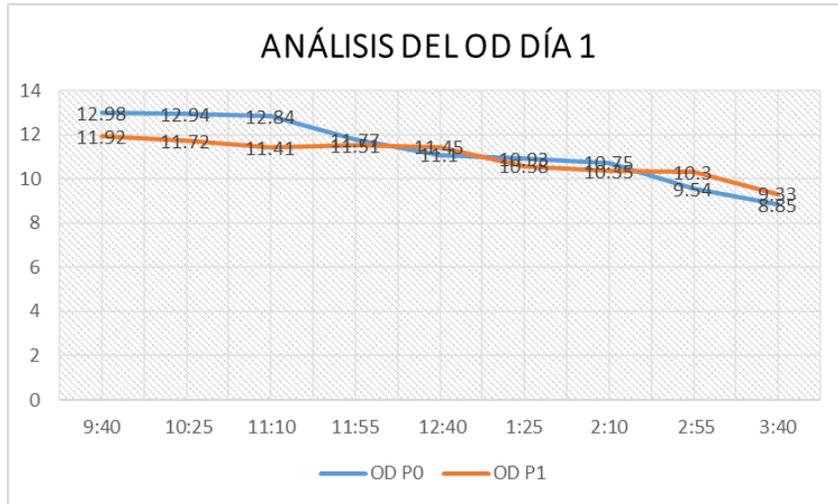
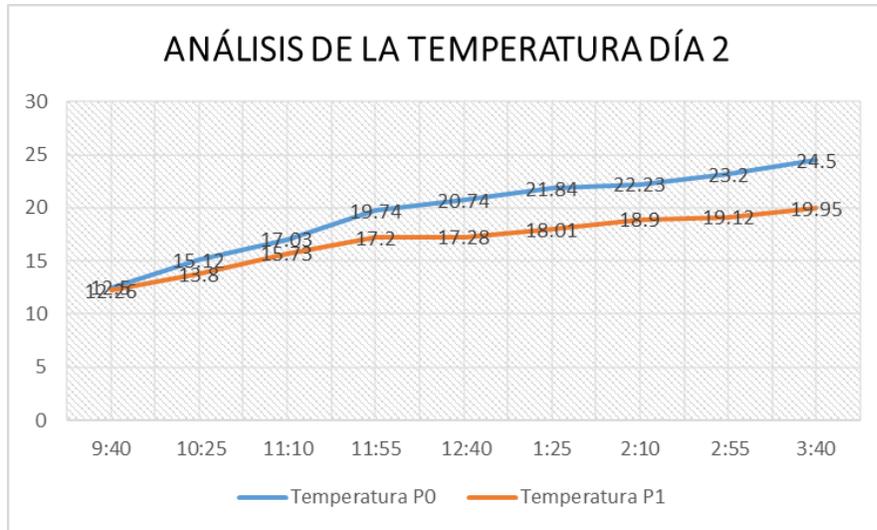


Figura 8. Análisis de oxígeno disuelto – día 1

Los resultados de la medición del oxígeno disuelto del día 1 poniendo a prueba los prototipos de flotadores de sombra en escala fue la siguiente, como se observa en la figura, el P0 empezó en 12.98 mg/L y el P1 en 11.92 mg/L. Como se observa en el tabla 13, indica que > 12 se encuentra saturada, eso quiere decir que el agua se encontraba al límite de la saturación de OD, después de la implementación del flotador en el P1 disminuyó en 9.33 mg/L considerando como un agua con oxígeno disuelto «bueno». Como también el P0 disminuyó a un 8.85 mg/L que se encuentra en el límite de «aceptable», eso quiere decir que no es bueno que aumente a altas temperaturas la laguna, ya que disminuirá el oxígeno disuelto.

Tabla 13. Comparación de la temperatura y oxígeno disuelto del día 2

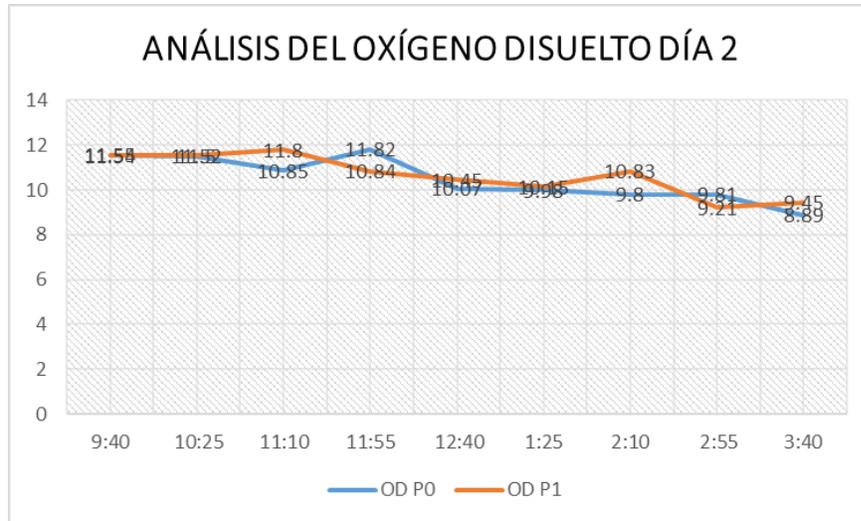
Hora	Temperatura día 2		OD día 2	
	Temperatura P0	Temperatura P1	OD P0	OD P1
9:40	12.5	12.26	11.55	11.54
10:25	15.12	13.8	11.5	11.52
11:10	17.03	15.73	10.85	11.8
11:55	19.74	17.2	11.82	10.84
12:40	20.74	17.28	10.07	10.45
1:25	21.84	18.01	9.98	10.15
2:10	22.23	18.9	9.8	10.83
2:55	23.2	19.12	9.81	9.21
3:40	24.5	19.95	8.89	9.45



**Figura 9. Análisis de temperatura – día 2**

Los resultados de las mediciones de la temperatura del día 2 poniendo a prueba los prototipos de flotadores de sombra en escala fue la siguiente: de los dos prototipos como se observa en la figura, el P0 la medición inicial fue de 12.5° y el P1 fue de 12.26°, cabe recalcar que la diferencia fue de 0.24° no influye en la comparación ni la medición, ya que es menor a un grado que ahí sí sería una gran diferencia. La temperatura más alta donde aumentó un aproximado 2° grados fue a las 11:10 h y finalizó el P0 sin flotadores en 24.5 °, aumentó 12° en 6 h y el P1 con la implementación de los flotadores finalizó en 19.95, aumentó 7.37°, comparando entre los dos prototipos la diferencia de temperatura es 4.55°.

Cabe recalcar con la comparación del primer día, porque la temperatura terminó, más esto se da que el día donde se realizó la medición la temperatura ambiente se encontraba en 19° aproximadamente.

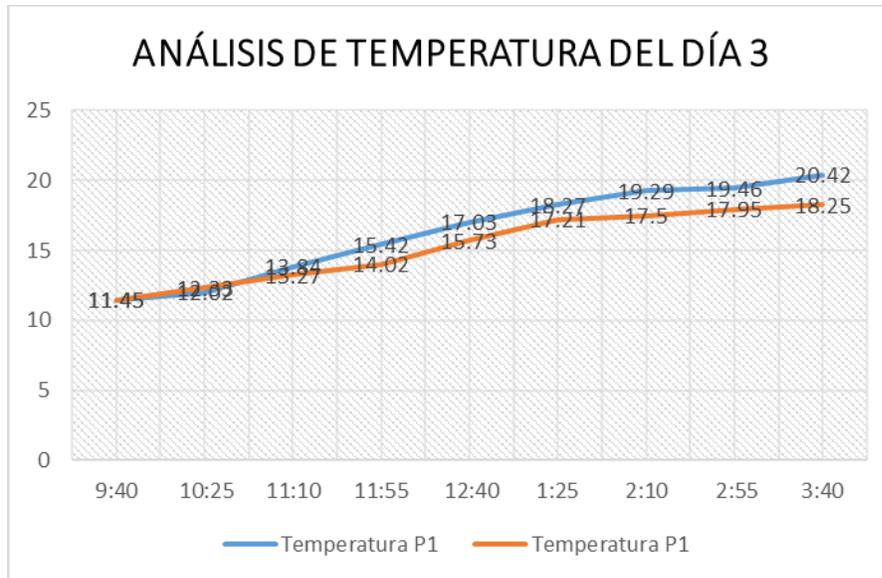


**Figura 10. Análisis de oxígeno disuelto – día 2**

Para los resultados de la medición del oxígeno disuelto del día 2 se puso a prueba los prototipos de flotadores de sombra en escala y fue la siguiente: como se observa en la figura, el P0 empezó en 12.55 y P1 en 12.24 mg/L y como se observa la diferencia es de 0.01° que no influye en la medición de la eficiencia de los flotadores. Como se observa en el tabla 14, indica que > 12 se encuentra saturada, eso quiere decir que el agua se encontraba en estado de saturación de OD, después de la implementación del flotador en el P1 disminuyó en 9.45 mg/L considerando como un agua con oxígeno disuelto «bueno». Como también el P0 disminuyó a un 8.89 mg/L que también se consideraba «bueno» eso quiere decir que al implementar los flotadores de sombra el oxígeno disuelto se mantiene en el promedio «bueno», ya que se aumentaba la temperatura y disminuía el oxígeno disuelto y podría llegar a ser menor a 5 mg/L eso quiere decir que el cuerpo de agua se encontraría en descomposición y tendría malos olores y no se podría utilizar para el consumo o riego de sus chacras.

**Tabla 14. Comparación de la temperatura y oxígeno disuelto del día 3**

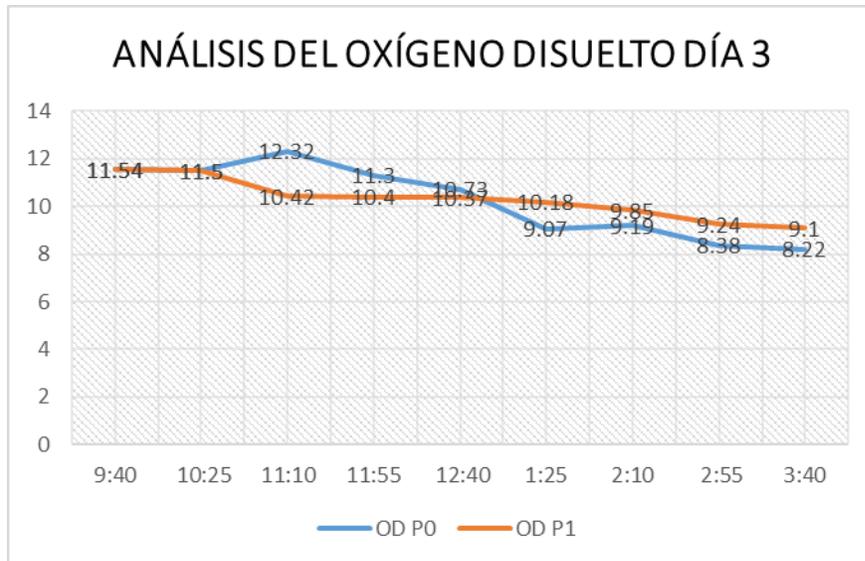
Hora	Temperatura día 3		OD día 3	
	Temperatura P1	Temperatura P1	OD P0	OD P1
9:40	11.45	11.45	11.54	11.54
10:25	12.02	12.33	11.5	11.5
11:10	13.84	13.27	12.32	10.42
11:55	15.42	14.02	11.3	10.4
12:40	17.03	15.73	10.73	10.37
1:25	18.27	17.21	9.07	10.18
2:10	19.29	17.5	9.19	9.85
2:55	19.46	17.95	8.38	9.24
3:40	20.42	18.25	8.22	9.1



**Figura 11. Análisis de temperatura – día 3**

Los resultados de las mediciones de la temperatura del día 3 poniendo a prueba los prototipos de flotadores de sombra en escala fue la siguiente: de los dos prototipos como se observa en la figura, la temperatura inicial de los dos prototipos en escala fue igual a  $11.45^{\circ}$ . La temperatura más alta donde aumentó un aproximado  $2^{\circ}$  fue a las 11:10 hasta las 12:40 h, así finalizando la temperatura en  $20.42^{\circ}$  aumentó  $8.97^{\circ}$  en 6 h y el P1 con la implementación de los flotadores finalizó en  $18.25$  aumentó  $6.28^{\circ}$ , comparando entre los dos prototipos la diferencia de temperatura es  $2.69^{\circ}$ .

Cabe recalcar que el día 3 donde se realizaron las mediciones fue un día nublado con la temperatura en  $16^{\circ}$ . Es por lo que, comparando con las otras mediciones, fue menor el aumento de temperatura.



**Figura 12. Análisis de oxígeno disuelto – día 3**

Para los resultados de la medición del oxígeno disuelto del día 3 se puso a prueba los prototipos de flotadores de sombra en escala y fue la siguiente: como se observa en la figura, los dos prototipos iniciaron la medición con la misma cantidad de oxígeno disuelto de 11.54° mg/ L, comparando con lo observado en el tabla 14, indica que > 12 se encuentra saturada y menores de < 5 el agua se encuentra sin nutrientes, eso quiere decir que el agua se encontraba al límite de la saturación de OD, después de la implementación del flotador en el P1 disminuyó en 9.1 mg/L, considerada como agua con oxígeno disuelto «bueno». Como también el P0 disminuyó a un 8.22 mg/L.

#### **4.3. Discusión de la investigación**

Las bolas de sombra ayudan a reducir los efectos de la evaporación al reducir el área de superficie expuesta al sol y disminuye el efecto del viento sobre la superficie del agua (5). Se calcula que hasta el 90 % del agua que se perdería por la evaporación, podría ser conservada cuando se cubra el reservorio por completo con bolas de sombra (4). De acuerdo con los dos monitoreos al implementar los flotadores de sombra cubren de los rayos solares, como se observa en las mediciones y resultados de la implementación de los flotadores de sombra, en los resultados, que aumenta dos grados por hora en P0 (sin la implementación de los flotadores) a diferencia del P1 (con la implementación de los flotadores) solo aumenta apropiadamente 1° por hora. Monasmith dice que para generar un proceso de evaporación con el PEAD esta debe estar elaborada con una propiedad porosa y también contener carbón activado y en forma de ladrillo (42). Mientras, la

construcción de los flotadores está compuesta con una propiedad lisa y de forma esférica y contiene agua adentro y esto genera que no se realice un proceso de evaporación por la temperatura.

Se observa en la tabla 2 que el agua, para que sea adecuada para el consumo o realizar sus actividades, debe encontrarse no mayor a 20°, como se observa en el análisis del prototipo 1, la temperatura del agua no excede los 20° que el oxígeno disuelto se mantiene en el rango adecuado.

Al implementar los flotadores no ingresa luz ni nutrientes, y como se observa en los resultados el oxígeno disuelto se mantiene y no produce el proceso de eutrofización y, por ende, es un agua limpia para el consumo humano.

## CONCLUSIONES

1. Se realizó la evaluación de la eficiencia de los flotadores de sombra (PEAD) que, sí muestra una mejora manteniendo la temperatura del cuerpo de agua para que no se genere el proceso de evaporación, mientras que el oxígeno disuelto se mantuvo en el rango y los flotadores mantuvieron un tipo de barrera para que los nutrientes no ingresen a la laguna y no se genere el proceso de eutrofización.
2. Se realizó el análisis de los flotadores en las propiedades químicas (oxígeno disuelto) y se concluye que hay una mejora en las características, ya que se mantuvo y no aumentó ni disminuyó, ya que se encuentra dentro del rango de 8 mg/L como mínimo y 12 mg/L como se observa en la tabla 1, y así no se genera el proceso de eutrofización, ya que el oxígeno disuelto menor a 8 mg/L es esencial para el proceso de eutrofización.
3. Se realizó el análisis de los flotadores en las propiedades físicas (temperatura). Se concluye que mejora las características de la temperatura manteniéndolas bajas en la pecera, en este sentido, se mantuvo la temperatura en un rango menor a 20 °C de acuerdo con la tabla 2, y no se genera el proceso de evaporación.
4. La eficiencia de los flotadores, para la construcción y la implementación, el costo es bajo como se observa en el anexo 11.
5. La propiedad química secundaria, pH, al implementar los flotadores de sombra se mantiene estable dentro de los rangos de 7.8 a 8.61.
6. Se realizó el análisis de los flotadores en las propiedades físicas (temperatura). Se concluye que mejoran las características de la temperatura, manteniéndolas menor en la pecera; en este sentido, se mantuvo la temperatura en un rango menor a 20 °C de acuerdo con la tabla 2, y no se genera el proceso de evaporación.
7. Al aplicar los flotadores de sombra cubren la superficie casi en su totalidad para que no se posen animales o que caiga materia inorgánica como es el fósforo (P) o nitrógeno (N) que es esencial para que se genere el proceso de eutrofización en el agua.

## RECOMENDACIONES

1. En investigaciones futuras se recomienda realizar más mediciones para tener una perspectiva más amplia en la utilización en los cuerpos de agua.
2. Determinar el tamaño y la cantidad de bolas necesarias para cubrir la superficie del cuerpo de agua en función de su área y volumen.
3. Evaluar el ingreso a la zona, ya que no se puede entrar con movilidad, se tiene que realizar a pie.
4. Se encontraron muchas aves en la laguna *Huayllspanca*, utilizándola como su hogar, por lo que se debe tener mucho cuidado.
5. La laguna se encuentra rodeada de propiedades privadas (con chacras y condominios).

## LISTA DE REFERENCIAS

1. **Andina.** *El cambio climático provoca variaciones en las lagunas de cordilleras del Perú.* Lima, diciembre, 2014.
2. **MONERO, Enid.** *Medición de la evaporación desde superficies de agua como ríos, arroyos, lagos, lagunas y embalses.* Puerto Rico. Instituto Universitario Politécnico Santiago Mariño. 2015.
3. **BRAGADO ALCARAZ, Raúl.** *Eutrofización de Lagos.* 2017. Tiloom. Available at: <https://www.tiloom.com/eutrofizacion-de-lagos/>.
4. **PÉREZ LEAL, José.** *Delimitación del tema y limitaciones de investigación.* Maracay: 2010.
5. **LADWP.** *Bolas de sombra.* 2018. Disponible en: <https://www.ladwp.com/residential-services/water-quality/videos-and-fact-sheets#230548828-170654705>.
6. **PÉREZ, J.; GARCÍA, M. FERNÁNDEZ, P.** Evaluación de la eficacia del polietileno de alta densidad en la eliminación de 53 contaminantes orgánicos en aguas residuales. *Investigación del agua*, 2018. 135, 290-297 Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135418301907>.
7. **LÓPEZ, M.; RODRÍGUEZ, C.; MARTÍNEZ, A.** Caracterización de la evaporación de agua en sistemas acuáticos natural utilizando modelos de balance de energía. *Revista de Hidrología*, 2019. 456, 30-42. Disponible <https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-hydrology>.
8. **ZAMBRANO, A.** *Evaluación del grado de eutrofización de la laguna natural El Carmen y su situación con las épocas del año.* Tesis (Título de Ingeniero en Medio Ambiente). Calceta: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López Carrera. 2018. p. 10.
9. **MARTÍNEZ, A.** Bolas de sombra: una estrategia para el control de la erosión y la desertificación en áreas áridas. *Revista de entornos áridos*, 2020. p. 185.
10. **FERNÁNDEZ, V.; DE SOUZA, L.** Bolas de sombra como alternativa para reducir la evaporación en embalses del norte de minas Gerais. *Anais do evinci-unibrasil*, 2021. 7(1), pp. 356-356.
11. **TOLENTINO CERNA, J. J.** *Aplicación de geomembrana HDPE para minimizar la pérdida de agua en la rehabilitación de canal de riego Callo, Ancash, 2022.* [en línea] Universidad César Vallejo. 2022. Disponible en: <https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01>
12. **TORRES, J.; SILVA M.; GÓMEZ, P.** Caracterización de la evaporación en lagunas altoandinas y su relación con factores climáticos y características geomorfológicas. *Revista de Hidrología.* 2019.

13. **ESCOBAR, R.; ESPINOZA, C.** *Nivel de eutrofización en la laguna de Choclococha, Huancavelica*. Título profesional, Universidad Nacional de Huancavelica. 2019. p. 28.
14. **ROCCA MENDOZA, L. A.** *Variación del oxígeno disuelto y su influencia como indicador de calidad del agua en Bahía Independencia – Pisco, 2000-2018*. 2021. [en línea] Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/78661>
15. **HUAMÁN MATOS, L. D.** *Diversidad de macroinvertebrados indicadores de calidad de agua en las lagunas de Pucush Uclo y Ñahuimpuquio – provincia de Chupaca*. [en línea] Universidad Nacional del Centro del Perú. 2019. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12894/5326>
16. **LÓPEZ, A.** *El cambio climático pone en peligro las prehistóricas lagunas glaciares de Sierra Nevada*. Eldiario.es, 23 enero 2023. Disponible en: [https://www.eldiario.es/andalucia/granada/cambio-climatico-pone-peligro-prehistoricas-lagunas-glaciares-sierra-nevada\\_1\\_9687800.html](https://www.eldiario.es/andalucia/granada/cambio-climatico-pone-peligro-prehistoricas-lagunas-glaciares-sierra-nevada_1_9687800.html)
17. **Midagri.** *Uso de agua en el Perú*. [en línea]. 19 de mayo de 2020. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/midagri/normas-legales/1305299-0010-2020-minagri>
18. **PRADA, Luz E.; GARCÍA, Hugo; CHAVES, A.** Efecto de las variables de evaporación: presión y flujo calórico en la calidad de la panela. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 2015. 16(1), p. 7.
19. **PAIRO, Mary Cruz; PALENQUE, E.** Medición, muestreo y control adecuado para condiciones ambiental 49 (temperatura, humedad relativa, luz y flujo de aire) en una unidad de información. *Revista de la Biblioteca y Archivo Histórico de la Asamblea Legislativa Plurinacional*, 2018. Vol. 12, p. 27.
20. **CHÁVEZ, Juan Carlos.** *Comportamiento de los parámetros meteorológicos: temperatura, velocidad del viento y humedad relativa y su relación con la evaporación del agua, en la ciudad de Ilo*. 2022.
21. **NAUMANN, E.** *Estado Trófico*. México. 2018. [en línea]. Disponible en: <https://xdoc.mx/documents/2- evaluacion-de-la-calidad-del-agua-en-lagos-y-5ed41fa7b389d>
22. **GARCÍA, F.; MIRANDA, V.** *Eutrofización, una amenaza para el recurso hídrico. Agenda pública para el desarrollo regional, la metropolización y la sostenibilidad*, 2018. Vol. 2, p. 5.
23. **BERNARD; NEVEL; WRIGTH.** *Esquema del proceso de eutrofización. Eutrofización*. [en línea]. 2019. Disponible en: [https://www.sierradebaza.org/reportajes/reportaje\\_eutrofizacion/reportaje\\_esque ma.htm](https://www.sierradebaza.org/reportajes/reportaje_eutrofizacion/reportaje_esque ma.htm).
24. **UCM.** *Oxígeno disuelto (ppm)*. Universidad Complutense de Madrid [en línea]. Disponible en: <https://www.ucm.es/data/cont/docs/952-2015-02-14-Oxigeno%20disuelto%20f.pdf>

25. **Ministerio de Vivienda y Construcción.** Norma OS.090 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales. *El Peruano*. 2006.  
<https://www.gob.pe/institucion/munisantamariadelmar/informes-publicaciones/2619690-os-090-plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales-ds-n-022-2009>
26. **DE LA OSSA, J.** *Evaluación del vertido de aguas residuales urbanas sobre hábitats de fondos blandos*. Tesis Doctoral. Universitat d'Alacant-Universidad de Alicante. 2011.
27. **Peña, E.** *Calidad de agua*. Trabajo de investigación de oxígeno disuelto. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ingeniería en Auditoría y Control de Gestión, Guayaquil, junio de 2007.
28. **GAMARRA, T.; POSTILLO, M.; REYES, J.; et al.** Oxígeno disuelto en agua con relación a temperatura. *Ecología General*. Práctica 3, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María – Perú. 2013.
29. **PALAO, L.** Informe Final de Investigación: Descontaminación de la Bahía Interior de Puno con Biotecnología Microorganismos Eficaces (EM). *Responsabilidad Social y Acción Comunitaria*, 2010. pág. 149, Puno – Perú.
30. **American Public Health Association (APHA).** *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (20<sup>th</sup> ed.; p. 1134). 1999.
31. **CHÁVEZ, A.** Aspectos fisicoquímicos, bioquímicos y microbiológicos de la contaminación de aguas, índices e indicadores ambientales (pp. 2-50).
32. **Metcalf, E.** *Ingeniería de Aguas Residuales*. (3.<sup>a</sup> ed.). 1998. McGraw-Hill.
33. **Global Water Watch (GWW).** *Práctica del monitoreo fisicoquímico y bacteriológico de la calidad del agua*. 2001.
34. **Agencia de Protección Ambiental (EPA).** *Condiciones de Calidad de Agua en Estados Unidos*. 2000. Recuperado de <http://www.epa.gov/305b/>
35. **HURTATE, D.** *Comparación de algunos parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de las micro-cuencas Pansalic y Pancocha en época seca y lluviosa*. (Tesis de graduación, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala). 1995. pág. 67.
36. **Uruguay, Rapal.** Contaminación y eutrofización del agua. Impactos del Modelo de Agricultura Industrial. *Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina (RAPAL)*: Montevideo, 2010. Vol. 36.
37. **RUIBAL CASSELLA, Mariana.** *Importancia de la vegetación herbácea en la provisión del servicio ecosistémico «prevención de la eutrofización» en un predio agrícola-ganadero, en la cuenca de la Laguna de Rocha*. 2018.
38. **Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental.** *Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales*. 2014. pp. 1-42.

39. **VEAS-AYALA, Néstor, et al.** Humedales del Parque Nacional Chirripó, Costa Rica: características, relaciones geomorfológicas y escenarios de cambio climático. *Revista de Biología Tropical*, 2018, 66(4), p. 1436-1448.
40. **CENTENO, L.; CUTHBERT, K.; SUAZO, E.** Impacto humano en el manglar del área costera de la comunidad de Pearl Lagon, municipio de Laguna de Perlas. *Revista Universitaria del Goribe*, 2019. 22(1), 36-41.
41. **VEAS-AYALA, Néstor, et al.** Humedales del Parque Nacional Chirripó, Costa Rica: características, relaciones geomorfológicas y escenarios de cambio climático. *Revista de Biología Tropical*, 2018. 66(4), 1436-1448.
42. **PADILLA PERALTA, Kiarah P.; CASTILLO SÁNCHEZ, John A.** *Propuesta de parque solar fotovoltaico flotante en embalse de agua dulce en la República Dominicana*. Tesis Doctoral. Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña. 2021.
43. **BLANCO, M.; AGUIAR, E.; ZARAGOZA, G.** Patología de geomembranas sintéticas instaladas como pantallas impermeabilizantes en embalses. *En Dam Maintenance and Rehabilitation*. 2021. pp. 957-964. Routledge.
44. **Water on the Web.** *Resources Glossary*. 2011. [en línea]. Disponible en: <http://www.waterontheweb.org/resources/glossary.html>
45. **PEÑA, E.; PALACIOS, M.; OSPINA, N.** *Algas como indicadores de contaminación*. Cali, Colombia: Universidad del Valle. 2005.
46. **VELAZQUEZ, José.** Cuantificación y análisis temporal de la evaporación natural en arenas húmedas. En: *Gobierno de México*. 2010. Disponible en: Maestro en Ciencias, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada.
47. **MEJÍA.** Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras. *Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación*. Costa Rica. 2005.
48. **CHAVES, Ángela, et al.** Efecto de dos coberturas plásticas y tres láminas de agua en cultivo de fresa. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 2013. 30(1), 26-37.
49. **JIMÉNEZ L; JAHUIR F; IBAÑEZ QUISPE, V.** Tratamiento de aguas eutrofizadas de la bahía interior de Puno, Perú, con el uso de dos Macrófitas. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 2016. 18(4), pp. 403-410.
50. **SÁNCHEZ CEGARRA, José.** *Metodología de la investigación científica y tecnológica*. España : Diaz de Santos, 2013. 9788479786243.

## **ANEXOS**

## Anexo 1. Cadena de custodia

CADENA DE CUSTODIA PARA MONITOREO DE AGUA												
CÓDIGO DE CADENA		Número 02			Lugar de inspección			Universidad Continental instalaciones (losa deportiva)				
Grupo de trabajo		Miguel lazo										
TIPO DE MEDICIÓN		<input type="checkbox"/> Agua de Consumo Humano <input type="checkbox"/> Agua Superficial <input type="checkbox"/> Agua Subterránea <input checked="" type="checkbox"/> Agua Residual			EQUIPO		Multiparametro		Marca		PH/EC/TDS, Temperatura, Rango 0.0 A 6000US/CM	
									Parametros		Oxigeno disuelto	
											Temperatura	
											ph	
Codigo de Estacion de Monitoreo:		MA - P - 02 y MA - P - 03					Fecha:		12/06/2023			
Descripcion de la Estacion:		Instalaciones de la Universidad Continental losa deportiva de fútbol, el lugar de					Hora:		12:20			
Coordenadas (UTM WGS 84)		N:	8668127.477									
		E:	478320.042									
		Euzo	18L									
		m.s.n.m.	3.259									
□												
Estacion de monitoreo		Cantidad de almacenamiento	Parametro	Medicion 1	Medicion 2	Medicion 3	Medicion 4	Medicion 5	Medicion 6	Medicion 7	Medicion 8	Medicion 9
MA - P - 00		20 litros	Oxigeno disuelto	9:40 hrs 11.54	10:25 hrs 11.5	11:10 hrs 12.32	11:55 hrs 11.3	12:40 hrs 10.73	13:25 hrs 9.07	14:10 hrs 9.19	14:55 hrs 8.38	15:40 hrs 8.22
			Temperatura	11.45	12.02	13.84	15.42	17.03	18.27	19.29	19.46	20.42
			ph	8.21	8.86	8.3	8.37	8.05	7.81	7.51	7.69	7.8
Estacion de monitoreo		Cantidad de almacenamiento	Parametro	Medicion 1	Medicion 2	Medicion 3	Medicion 4	Medicion 5	Medicion 6	Medicion 7	Medicion 8	Medicion 9
MA - P - 01		20 litros	Oxigeno disuelto	9:40 hrs 11.54	10:25 hrs 11.5	11:10 hrs 10.42	11:55 hrs 10.4	12:40 hrs 10.37	13:25 hrs 10.18	14:10 hrs 9.85	14:55 hrs 9.24	15:40 hrs 9.1
			Temperatura	11.45	12.33	13.27	14.02	15.73	17.21	17.5	17.95	18.25
			ph	8.21	8.86	8.3	8.37	8.05	7.81	7.51	7.69	7.8
RESPONSABLES			DATOS DE INSPECCIÓN									
Nombres:		Firma:	Inicio:			Fecha:			Hora:			
Miguel Lazo Cardenas			12/06/2023			12/06/2023			9:40 hrs.			
			Termino:						15:40 hrs			
			Revisado por:									
			Ingeniera: Olga Primavera Huari Human									

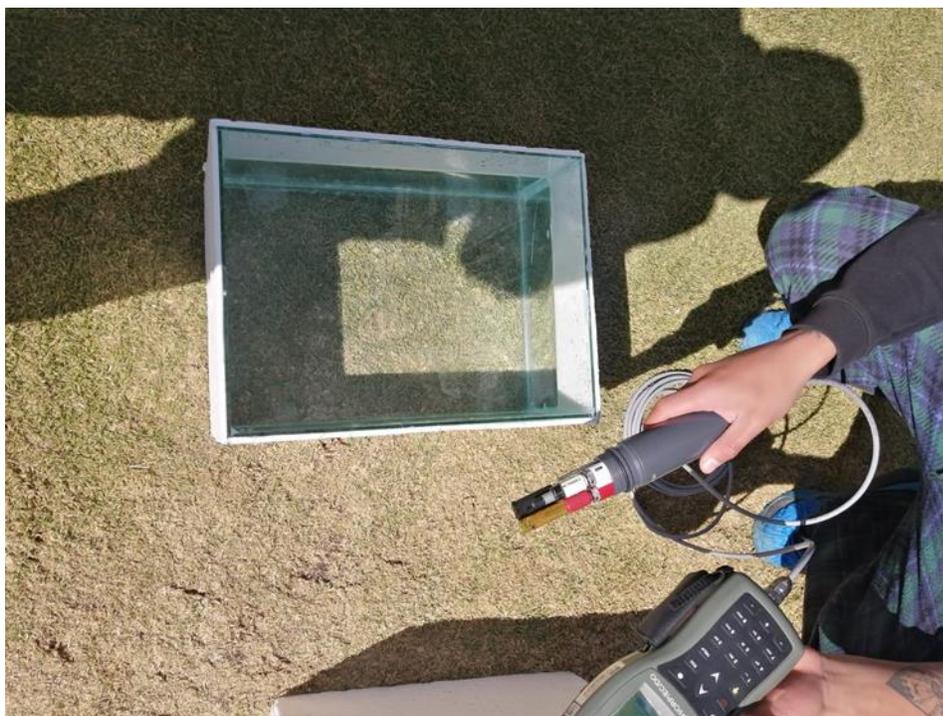
**Anexo 2. Estado del clima en el día 1 de las mediciones**



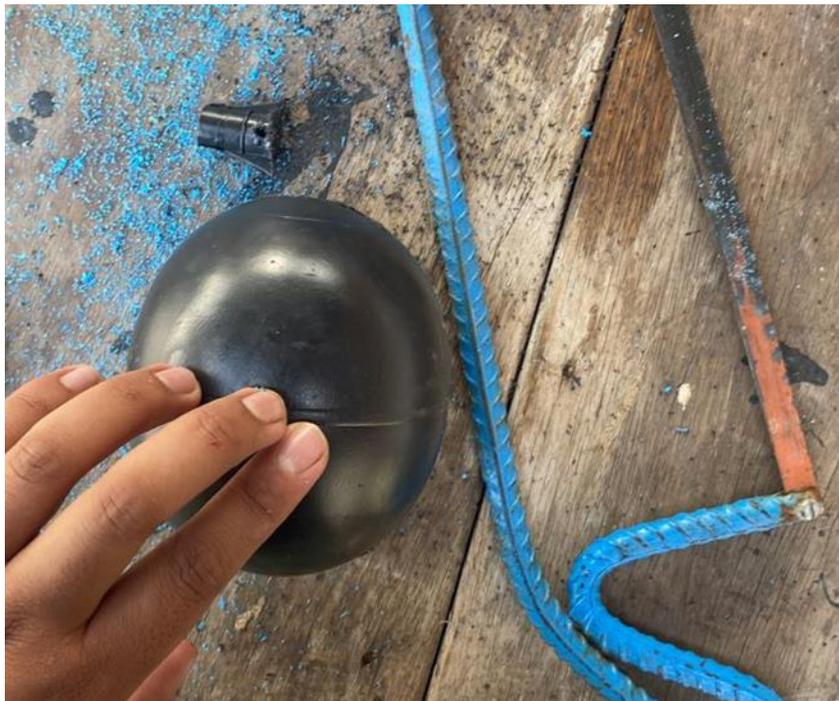
**Anexo 3. Estado del clima en el día 3 de las mediciones**



#### Anexo 4. Medición de los prototipos



**Anexo 5. Flotador de sombra**



Anexo 6. Medición aplicando los flotadores de sombra



## Anexo 7. Medidor combinado



## Anexo 8. ECA Categoría 1

### Categoría 1: Poblacional y Recreacional

#### Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>				
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	**	**
Cianuro Libre	mg/L	**	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	( $\mu$ S/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) (d)	mg/L	3	3	**
Amoniaco- N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 - 9,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**

Fuente: Minam

### Anexo 9. Costo de la elaboración del prototipo

<b>Costo del proyecto</b>		
Equipos y materiales		
Construcción del prototipo	Cantidad	Costo
Vidrio de espesor de 2 pulgadas	10 unid.	S/ 48.00
Silicona Acética para Vidrio y Aluminio Sikasil AC transparente x 280 ml	2 unid.	S/ 30.00
Poliestireno expandido (Tecnopor) 1/2 pulgada	1 plancha	S/ 25.00
FLOTADORES DE SOMBRA DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD		
Polietileno de Alta Densidad (Reciclado)	12 unid.	S/ 16.00
Envase compuesto por PEAD (Pegamento)	2 unid.	S/ 3.00
Agua incluida en los flotadores	40 L	de la laguna
OBS: cada flotador de sombra elaborado		costo S/ 1.30

## Anexo 10. Recolección del agua de la laguna

