



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL**



**HUMEDAL TIPO FRANCÉS PARA LA REMOCIÓN DE LA MATERIA  
ORGÁNICA DE LIXIVIADOS DEL BOTADERO PINAYANI  
DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. MAX ALDERSON APAZA QUISPE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL**

**JULIACA – PERÚ**

**2024**



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL**

**HUMEDAL TIPO FRANCÉS PARA LA REMOCIÓN DE LA MATERIA  
ORGÁNICA DE LIXIVIADOS DEL BOTADERO PINAYANI  
DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. MAX ALDERSON APAZA QUISPE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL**

**APROBADA POR EL JURADO REVISOR:**

**PRESIDENTE**

:   
\_\_\_\_\_  
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

**PRIMER MIEMBRO**

:   
\_\_\_\_\_  
Dr. ARNALDO YANA TORRES

**SEGUNDO MIEMBRO**

:   
\_\_\_\_\_  
M. Sc. JESUS ESTABAN CASTILLO MACHACA

**ASESOR DE TESIS**

:   
\_\_\_\_\_  
Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

: SANEAMIENTO AMBIENTAL – P22



“NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ”

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 433-2024-D-FICP-UANCV**

Juliaca, 09 de setiembre de 2024

**VISTOS:**

El **OFICIO N° 074-2024-D/EPISA/FICP-UANCV** del Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y Resolución Decanal N°368-2024 de fecha 02 de agosto de 2024 sobre la aprobación del Informe Final del trabajo de Investigación (tesis) titulado: **HUMEDAL TIPO FRANCÉS PARA LA REMOCIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA DE LIXIVIADOS DEL BOTADERO PINAYANI DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO**; y el trámite solicitado por el Bachiller en **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** y;

**CONSIDERANDO:**

Que, el Bachiller: **MAX ALDERSON APAZA QUISPE**; ha solicitado fecha y hora para efectuar la sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **HUMEDAL TIPO FRANCÉS PARA LA REMOCIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA DE LIXIVIADOS DEL BOTADERO PINAYANI DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO**, para rendir el examen de sustentación del trabajo de Investigación (tesis) y optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**, y;

Que, los Jurados designados por el Director y el Responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, de la FICP, están integrados por los siguientes Docentes;

- \* **Presidente** : **Dr. MILTHON QUISPE HUANCA**
- \* **1er Miembro** : **Dr. ARNALDO YANA TORRES**
- \* **2do Miembro** : **M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**
- \* **Asesor** : **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**

De conformidad al Reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

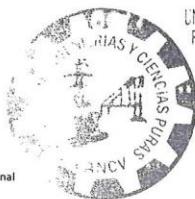
**ARTICULO PRIMERO.** - **APROBAR** Lugar, Día y Hora para que el (la) bachiller: **MAX ALDERSON APAZA QUISPE**; rendirá el Examen de Sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado **HUMEDAL TIPO FRANCÉS PARA LA REMOCIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA DE LIXIVIADOS DEL BOTADERO PINAYANI DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental** de acuerdo al siguiente detalle:

- \* **FECHA** : viernes 13 de setiembre de 2024
- \* **HORA** : 11:00
- \* **LUGAR** : Aula 306 - pabellón de hidráulica

**ARTICULO SEGUNDO.** - La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental**, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

C.c.  
Arch. 2024  
Interesado  
Escuela Profesional



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. EFRAIN PARILLO SOSA  
SECRETARIO ACADÉMICO  
CIP. 95531



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 368-2024-D-FICP-UANCV**

Juliaca, 02 de agosto de 2024

**VISTOS:**

El **INFORME N° 135-2024-D-UI-FICP.UANCV**, del Director Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Ingeniería Sanitaria y Ambiental, **INFORME N° 016-2024-UI-CI-EPISA-FICP-UANCV** del Presidente del Sub Comité de Evaluación de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, **RESOLUCIÓN DECANAL N° 932-2023-D-FICP-UANCV** que aprueba el Proyecto de Investigación el **11 de setiembre de 2023** y el acta de revisión y calificación del Trabajo de Investigación (tesis) de fecha **15 de julio de 2024** para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el tema titulado: **HUMEDAL TIPO FRANCÉS PARA LA REMOCIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA DE LIXIVIADOS DEL BOTADERO PINAYANI DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO.**

**CONSIDERANDO:**

Que, el (la) Bachiller: **MAX ALDERSON APAZA QUISPE**, ha presentado su Trabajo de Investigación (tesis) Titulado: **HUMEDAL TIPO FRANCÉS PARA LA REMOCIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA DE LIXIVIADOS DEL BOTADERO PINAYANI DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO.**

Que, habiendo procedido de acuerdo al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajo de Investigación, con fines de la obtención de Grados Académicos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el Responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, nominó a la sub comisión de evaluación de trabajo de investigación, a los siguientes Docentes:

- \* **Presidente** : **Dr. MILTHON QUISPE HUANCA**
- \* **1er Miembro** : **Mgtr. ARNALDO YANA TORRES**
- \* **2do Miembro** : **M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**

Que, el Sub Comité de evaluación ha aprobado en su integridad el Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **HUMEDAL TIPO FRANCÉS PARA LA REMOCIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA DE LIXIVIADOS DEL BOTADERO PINAYANI DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO.**

Que, la Oficina de Investigación ha aprobado con el Dictamen N° 423-2024, la originalidad del trabajo de investigación (tesis) titulado: **HUMEDAL TIPO FRANCÉS PARA LA REMOCIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA DE LIXIVIADOS DEL BOTADERO PINAYANI DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO.**

Estando, conforme a la **RESOLUCIÓN DECANAL N°064-2019-CF-FICP-UANCV** de fecha 02 de octubre de 2019 donde aprueba el reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales a la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, que consta de XI capítulos y 71 artículos, y;

**Estando**, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTICULO PRIMERO.- APROBAR**, el informe final de **TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (Tesis)**, del Bachiller: **MAX ALDERSON APAZA QUISPE**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **HUMEDAL TIPO FRANCÉS PARA LA REMOCIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA DE LIXIVIADOS DEL BOTADERO PINAYANI DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO.**

La misma que deberá proceder a la impresión de su borrador de Trabajo de Investigación en limpio, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras - Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental.

**ARTICULO SEGUNDO.- RECONOCER**, como asesor del Trabajo de Investigación (tesis) al docente ordinario de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, al **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA.**

**ARTICULO TERCERO.-** La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

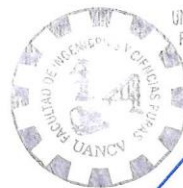
Regístrese, Comuníquese, Archívese,

cc:  
archivo 2024  
interesado (a)



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. EFRAIN PARILLO SOSA  
SECRETARIO ACADÉMICO  
CIP. 95531



**RESOLUCIÓN DECANAL 074-2024-D-FICP-UANCV**

Juliaca, 08 de abril del 2024

**VISTOS:**

El OFICIO N° OFICIO N° 018-2024-D/EPISA/FICP-UANCV, del Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil sobre el pedido de cambio de asesor del perfil de tesis del (la) Bachiller: **MAX ALDERSON APAZA QUISPE**; para optar al Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el tema titulado: **HUMEDAL TIPO FRANCÉS PARA LA REMOCIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA DE LIXIVIADOS DEL BOTADERO PINAYANI DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO**.

**CONSIDERANDO:**

Que, el Bachiller: **MAX ALDERSON APAZA QUISPE**, ha solicitado cambio de asesor del perfil de tesis Titulado: **HUMEDAL TIPO FRANCÉS PARA LA REMOCIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA DE LIXIVIADOS DEL BOTADERO PINAYANI DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO** aprobado con la RESOLUCIÓN DECANAL 932-2023-D-FICP-UANCV de fecha 11 de setiembre de 2023; conformado por los siguientes Docentes:

- \* **Presidente** : Mgtr. **MILTHON QUISPE HUANCA**
- \* **1er Miembro** : Mgtr. **ARNALDO YANA TORRES**
- \* **2do Miembro** : M.Sc. **JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**
- \* **Asesor** : Ing. **JAVIER ARTURO BOJORQUEZ GANDARILLAS**

Que, el director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras ha tomado de conocimiento que el **ASESOR** del Proyecto de Investigación el (la) Ing. **JAVIER ARTURO BOJORQUEZ GANDARILLAS** no tiene vínculo laboral en la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental**, por lo que ha determinado cambiar al **ASESOR** del Proyecto de Investigación, conforme lo establece el reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos e investigación con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, y;

**Estando**, al proveído a la solicitud del ejecutante del proyecto de investigación y el documento de vistos, el director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, mediante el cual informa la designación de nuevo **ASESOR**; el mismo que deberá actuar según el Reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**Estando**, en la opinión favorable del responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, en concordancia al Reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras. de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**SE RESUELVE:**

**ARTICULO PRIMERO.** - **APROBAR**, el cambio del **asesor** del **Proyecto de Investigación** presentado por el Bachiller: **MAX ALDERSON APAZA QUISPE** con el tema titulado: **HUMEDAL TIPO FRANCÉS PARA LA REMOCIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA DE LIXIVIADOS DEL BOTADERO PINAYANI DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO**, para optar al Título Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, se le asigna como:

- \* **ASESOR** : Dr. **EFRAIN PARILLO SOSA**

**ARTICULO SEGUNDO.** - **RECONOCER** como **ASESOR** del proyecto de investigación al docente ordinario de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**.

**ARTICULO TERCERO.** - Disponer a los miembros del Jurado Calificador designados, dar continuidad al trámite de evaluación y calificación del Proyecto de Investigación, trabajo de tesis o sustentación de tesis, según sea el caso que se encuentre cada expediente. Quedando valido en sus demás disposiciones la Resolución decanal de aprobación de proyecto de investigación, que se mencionan en el considerando.

**ARTICULO CUARTO.** - La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el responsable del comité de investigación y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, el secretario Académico de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

cc.  
archivo 2024  
interesado (a)



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. **MILTHON QUISPE HUANCA**  
DECANO  
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. **EFRAIN PARILLO SOSA**  
SECRETARIO ACADÉMICO  
CIP. 95531



**UNIVERSIDAD ANDINA**  
**"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 932-2023-D-FICP-UANCV**

Juliaca, 11 de setiembre 2023

**VISTOS:**

El, **INFORME N° 533-2023-D-UI-FICP.UANCV** del Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **INFORME DE OPINIÓN TÉCNICA N° 082-2023-UI-CI-EPISA-FICP-UANCV** del responsable del Comité de Investigación, la **opinión técnica N° 062-2023-UANCV-FICP-UI-CI-EPISA** del presidente del sub comité de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** y el **ACTA DE REGISTRO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN** según reglamento interno de aseguramiento de la calidad de trabajos de investigación de fecha **15 de agosto de 2023**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitaria y Ambiental, con el tema titulado: **HUMEDAL TIPO FRANCÉS PARA LA REMOCIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA DE LIXIVIADOS DEL BOTADERO PINAYANI DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO.**

**CONSIDERANDO:**

Que, el (la) Bachiller: **MAX ALDERSON APAZA QUISPE**, ha presentado su Proyecto de Investigación Titulado: **HUMEDAL TIPO FRANCÉS PARA LA REMOCIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA DE LIXIVIADOS DEL BOTADERO PINAYANI DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitaria y Ambiental.**

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras; el responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental**, Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, nominó a la sub comisión de evaluación de Proyecto de Investigación, a los siguientes Docentes:

- \* **Presidente** : **Mgtr. MILTHON QUISPE HUANCA**
- \* **1er Miembro** : **Mgtr. ARNALDO YANA TORRES**
- \* **2do Miembro** : **M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**

Que, la sub comisión de evaluación ha concluido aprobar sin observación el Proyecto de Investigación titulado: **HUMEDAL TIPO FRANCÉS PARA LA REMOCIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA DE LIXIVIADOS DEL BOTADERO PINAYANI DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO**, y;

Que, es requisito indispensable contar con un Docente Ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de magister y experiencia en la línea a investigar, que será el asesor de Proyecto de Investigación, y;

**Estando**, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, el **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el (la) Bachiller: **MAX ALDERSON APAZA QUISPE**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitaria y Ambiental**, con el Tema Titulado: **HUMEDAL TIPO FRANCÉS PARA LA REMOCIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA DE LIXIVIADOS DEL BOTADERO PINAYANI DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO.**

La misma que deberá proceder con la ejecución del Proyecto de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la) docente ordinario, de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **Ing. JAVIER ARTURO BOJORQUEZ GANDARILLAS.**

**ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

cc.  
archivo 2023  
interesado (a)



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Mgtr. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. EFRAIN PARILLO SOSA  
SECRETARIO ACADÉMICO  
CIP. 95531



## HUMEDAL TIPO FRANCÉS PARA LA REMOCIÓN DE NITRÓGENO EN LA FÁBRICA ORGÁNICA DE LIXIVIADOS DEL BOTADERO PINAYANI DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO

### INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS


1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	9%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
5	purl.org Fuente de Internet	1%
6	repositorio.imta.mx Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1%



### Metadatos complementarios - UANCV

<b>Título de la tesis</b>	
<b>HUMEDAL TIPO FRANCÉS PARA LA REMOCIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA DE LIXIVIADOS DEL BOTADERO PINAYANI DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO</b>	
<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	MAX ALDERSON APAZA QUISPE
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	77430085
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0006-9767-3974">https://orcid.org/0009-0006-9767-3974</a>
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	EFRAIN PARILLO SOSA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02416058
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0001-7567-039X">https://orcid.org/0000-0001-7567-039X</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres y apellidos	MILTHON QUISPE HUANCA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02424528
<b>Miembro Del Jurado 1</b>	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	41414676
<b>Miembro Del Jurado 2</b>	
Nombres y apellidos	JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	01323821



<b>Datos de investigación</b>	
Línea de investigación	SANEAMIENTO AMBIENTAL – P22
Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	Sin Financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p><b>Ubicación:</b>  País: Perú  Departamento: Puno  Provincia: Azángaro  Distrito: Azángaro  Centro Poblado: Pinayani</p> <p>Coordenadas:  Latitud: 14°56'40.2"S  Longitud: 70°13'36.4"W  <a href="https://maps.app.goo.gl/JgebFLjuawoLxWNV8">https://maps.app.goo.gl/JgebFLjuawoLxWNV8</a></p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Septiembre 2023 – Septiembre 2024
URL de disciplinas OCDE	<p><b>Ingeniería ambiental</b>  <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00</a></p> <p><b>Ingeniería ambiental y geológica</b>  <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.01">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.01</a></p>

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PUNO

  
**Dr. Eirain Pacillo Sosa**  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PUNO  
DIRECTOR



### DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo MAX ALDERSON APAZA QUISPE, identificado con DNI Nro. 77430085 en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional**
- Programa de Segunda Especialidad,**
- Programa de Maestría o Doctorado**

INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

informo que he elaborado el/la  **Tesis** o  **Trabajo de Investigación**,  **Trabajo Académico** denominada:

HUMEDAL TIPO FRANCÉS PARA LA REMOCIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA DE LIXIVIADOS DEL BOTADERO PINAYANI DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO

Asesorado por: Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 25 de 09 del 2024

  
Firma del Asesor  
(obligatoria)

  
Firma del Estudiante  
(obligatoria)



Huella



## DEDICATORIA

A Dios padre, por brindarme esta oportunidad de alcanzar mis objetivos y proteger mi camino. A mi querido Padre German Valentin Apaza Hallasi, que desde el cielo guía mis pasos, A mi querida madre Amelia Quispe Apaza, con amor y sacrificio es la fuerza impulsora detrás de cada logro, A mis hermanos Wendy Alejandra y Bladimir, compañeros en este gran caminar. Los que me brindaron su apoyo y me motivaron a continuar en este gran caminar. A mi familia, Los que cada uno de ustedes han contribuido de manera única a mi crecimiento académico y personal, los que alentaron y motivaron para lograr mis metas y creer en mí.

Con gratitud, Max Alderson Apaza Quispe



### AGRADECIMIENTO

Al jurado evaluador, conformado por el Dr. Milthon Quispe Huanca, Dr. Arnaldo Yana Torres y M.Sc. Jesús Esteban Castillo Machaca, por el tiempo dedicado a esta investigación.

A toda mi familia, a mi padre German Valentin Apaza Hallasi, asimismo, a mi querida madre Amelia Quispe Apaza quienes me brindaron su apoyo absoluto en esta larga travesía, hermanos Wendy, Bladimir los que me brindaron su apoyo y en especial a Nathaly quien me brindó su apoyo y motivación para concluir con esta investigación.



## ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA..... i

AGRADECIMIENTO..... ii

ÍNDICE DE CONTENIDO..... iii

ÍNDICE DE TABLAS ..... viii

ÍNDICE DE FIGURAS ..... ix

RESUMEN ..... x

ABSTRACT ..... xi

INTRODUCCIÓN ..... xiv

### CAPITULO I

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática. .... 1

1.2. Planteamiento del problema. .... 3

    1.2.1. Problema general ..... 3

    1.2.2. Problemas específicos..... 3

1.3. Objetivos de la investigación ..... 3

    1.3.1. Objetivo general..... 3

    1.3.2. Objetivos específicos..... 3

1.4. Justificación de la investigación ..... 4

    1.4.1. Justificación Practica ..... 4

    1.4.2. Justificación social ..... 4



1.4.3. Justificación ambiental.....	5
1.4.4. Justificación Económica .....	5
1.5. Hipótesis de la investigación.....	6
1.5.1. Hipótesis general.....	6
1.5.2. Hipótesis específicas .....	6
1.6. Variables.....	6
1.6.1. Variable independiente (VI) .....	6
1.6.2. Variable dependiente (VD) .....	6
1.7. Operacionalización de variables .....	7

## CAPITULO II

### MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la investigación.....	7
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	7
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	10
2.1.3. Antecedentes regionales .....	13
2.2. Bases teóricas .....	13
2.2.1. Humedales e importancia .....	13
2.2.2. Clasificación de humedales .....	15
2.2.3. Humedal tipo francés.....	16
2.2.4. Tratamiento de aguas residuales.....	17
2.2.5. Eichhornia crassipes.....	18
2.2.6. Relleno Sanitario .....	19



2.2.7. Tipos de relleno sanitarios.....	19
2.2.8. Lixiviados.....	20
2.2.9. Contaminantes orgánicos del lixiviado.....	21
2.2.10. Tratamiento de lixiviados.....	23
2.3. Marco conceptual.....	24
2.3.1. Botaderos (vertederos).....	24
2.3.2. Materia orgánica.....	24
2.3.3. Planta macrófitos.....	24
2.3.4. Remoción.....	24
2.3.5. Lixiviados.....	25
2.3.6. Humedal artificial.....	25
2.3.7. Tiempo.....	25
2.3.8. Biomasa.....	25
2.3.9. Etapas.....	26
2.3.10. Dilución.....	26

## CAPITULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Diseño de investigación.....	27
3.2. Tipo de investigación.....	27
3.3. Enfoque de la investigación.....	28
3.4. Nivel de investigación.....	28
3.5. Procedimiento metodológico.....	29



- 3.5.1. Objetivo 1: La concentración inicial de la materia orgánica de lixiviados del botadero Pinayani de la provincia de Azángaro .....29
- 3.5.2. Objetivo 2: Identificar el tiempo de retención óptimo en el humedal tipo francés para la remoción de la materia orgánica de lixiviados del botadero Pinayani .....34
- 3.5.3. Objetivo 3: Determinar el porcentaje de remoción de la materia orgánica de lixiviados del botadero Pinayani aplicando el humedal tipo francés.....38
- 3.6. Materiales y equipos .....39
- 3.7. Técnicas e instrumentos .....39
  - 3.7.1. Técnicas .....39
  - 3.7.2. Instrumentos .....40
- 3.8. Población y muestra .....40
  - 3.8.1. Población .....40
  - 3.8.2. Muestra.....41

**CAPITULO IV**

**RESULTADOS Y DISCUSION**

- 4.1. Resultados .....42
  - 4.1.1. Concentración inicial de la materia orgánica de lixiviados del botadero Pinayani de la provincia de Azángaro .....42
  - 4.1.2. Identificar el tiempo de retención óptimo en el humedal tipo francés para la remoción de la materia orgánica de lixiviados del botadero Pinayani .....47
  - 4.1.3. Porcentaje de remoción de la materia orgánica de lixiviados del botadero Pinayani aplicando el humedal tipo francés .....50



4.2. Análisis estadístico .....	52
4.2.1. Prueba de hipótesis específico 1 .....	54
4.2.2. Prueba de hipótesis específico 2 .....	55
4.2.3. Prueba de hipótesis específico 3 .....	57
4.3. Discusiones .....	60
CONCLUSIONES.....	64
RECOMENDACIONES .....	65
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	66
ANEXOS .....	71



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Operacionalización de variables de la investigación .....	7
<b>Tabla 2.</b> Taxonomía de la especie Jacinto de agua ( <i>Eichhornia crassipes</i> ) ....	18
<b>Tabla 3.</b> Características de los lixiviados en función al tiempo .....	21
<b>Tabla 4.</b> Parámetros evaluados .....	29
<b>Tabla 5.</b> Ubicación del punto del muestreo .....	31
<b>Tabla 6.</b> Fechas de monitoreo .....	33
<b>Tabla 7.</b> Tiempos de retención en los tratamientos de lixiviados .....	34
<b>Tabla 8.</b> Características de las capas de sustratos del humedal tipo francés..	36
<b>Tabla 9.</b> Características de las capas de sustratos del humedal tipo francés..	39
<b>Tabla 10.</b> Compartimiento de materia orgánica de lixiviados.....	42
<b>Tabla 11.</b> Tiempo de retención óptimo para la remoción de materia orgánica	48
<b>Tabla 12.</b> Porcentaje de remoción de materia orgánica.....	50
<b>Tabla 13.</b> Prueba de normalidad.....	52
<b>Tabla 14.</b> ANOVA para hipótesis general .....	53
<b>Tabla 15.</b> T-student para hipótesis específico 1 .....	54
<b>Tabla 16.</b> ANOVA para hipótesis específico 2 .....	56
<b>Tabla 17.</b> Prueba de Tukey.....	57
<b>Tabla 18.</b> ANOVA para hipótesis específico 3 .....	58
<b>Tabla 19.</b> Prueba de Tukey.....	59



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Muestreo de lixiviados .....	32
<b>Figura 2.</b> Construcción del humedal tipo francés.....	36
<b>Figura 3.</b> Lixiviados tratados.....	38
<b>Figura 4.</b> Ubicación del área en estudio .....	41
<b>Figura 5.</b> Concentración de la demanda bioquímica de oxígeno.....	43
<b>Figura 6.</b> Concentración DBO5 en relación a la radiación solar y precipitación .....	44
<b>Figura 7.</b> Concentración de la demanda química de oxígeno .....	45
<b>Figura 8.</b> Variación DQO en relación a la radiación solar y precipitación .....	46
<b>Figura 9.</b> Comportamiento de DBO5 en relación al tiempo de retención.....	48
<b>Figura 10.</b> Comportamiento de DQO en relación al tiempo de retención .....	49
<b>Figura 11.</b> Comportamiento del porcentaje de remoción de materia orgánica	51



## RESUMEN

El estudio realizado ostenta por objetivo evaluar el humedal tipo francés en la remoción de la materia orgánica de lixiviados del botadero Pinayani de la provincia de Azángaro. Dado que los lixiviados son perjudiciales para el medio ambiente debido a su potencial contaminante y su inadecuada gestión provoca daños ecológicos, debido a ello se plantea aplicar humedales tipo francés como técnica de tratamiento. Se plantea un enfoque cuantitativo de diseño experimental en la metodología, asimismo, un estudio de tipo aplicada; para el recojo de datos se utilizó la técnica de revisión documentaria, observación directa y aplicación de métodos estadísticos; como instrumento se empleó la cadena de custodia y el "protocolo para toma de muestras de lixiviado de "Corporación para el Desarrollo Sostenible de la Amazonia de Colombia". La muestra está representada por 50L de lixiviado a tratar y 500 mililitros para su análisis en laboratorio; Para ello se emplea el tipo de muestreo no probabilístico a condiciones del investigador. En los resultados se encontraron concentraciones iniciales de materia orgánica que oscilaban entre 390.3 mg/L y 470.6 mg/L de  $DBO_5$  y entre 2150 mg/L y 2500 mg/L de DQO. En cuanto a los tiempos de retención óptimos, se observó que el T-4 (12 días) removi6 la mayor concentración, alcanzando en su primera etapa valores de 94.88 mg/L de  $DBO_5$  y 320 mg/L de DQO, y en la segunda etapa, 76.15 mg/L de  $DBO_5$  y 293.2 mg/L de DQO, adquiriendo una remoci6n del 86.7%. Se concluye que el humedal tipo francés posee un efecto positivo en la remoci6n de M.O. de lixiviados del botadero Pinayani de la provincia de Azángaro.

**Palabras claves:** humedal francés, materia orgánica, lixiviados, remoci6n



## ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the French-type wetland in the removal of organic matter from leachate from the Pinayani dump in the province of Azángaro. Since leachates are harmful to the environment due to their polluting potential and their inadequate management causes ecological damage, it is proposed to apply French-type wetlands as a treatment technique. A quantitative approach of experimental design is proposed in the methodology, as well as an applied type study; for data collection the technique of documentary review, direct observation and application of statistical methods was used; the chain of custody and the "protocol for leachate sampling of "Corporación para el Desarrollo Sostenible de la Amazonia de Colombia" were used as instruments. The sample is represented by 50L of leachate to be treated and 500 milliliters for its analysis in the laboratory; for this purpose, the non-probabilistic sampling type is used according to the researcher's conditions. The results showed initial concentrations of organic matter ranging from 390.3 mg/L to 470.6 mg/L of  $DBO_5$  and between 2150 mg/L and 2500 mg/L of COD. Regarding the optimum retention times, it was observed that T-4 (12 days) removed the highest concentration, reaching in its first stage values of 94.88 mg/L of  $DBO_5$  and 320 mg/L of COD, and in the second stage, 76.15 mg/L of  $DBO_5$  and 293.2 mg/L of COD, acquiring a removal of 86.7%. It is concluded that the French-type wetland has a positive effect on the removal of OM of leachate from the Pinayani landfill in the province of Azángaro.

**Keywords:** french wetland, organic matter, leachate, leachate, removal.



## INTRODUCCIÓN

La gestión eficiente de los lixiviados generados en los botaderos es crucial con fin de reducir su repercusión desfavorable en el medioambiente. En este escenario, los humedales tipo francés se destacan como una alternativa sostenible y capaz de eliminar materia orgánica (M.O.) de manera efectiva. Estas inventivas de tratamiento natural, que simulan las sistemáticas de filtración y biodegradación de los humedales naturales, han demostrado ser especialmente efectivos en la depuración de contaminantes. Un estudio clave en esta área es el realizado por (Anderson et al., 2018), el cual evidencia que los humedales tipo francés logran una significativa descomposición de M.O. en lixiviados, a través de la interacción sinérgica entre las plantas acuáticas, los microorganismos y el medio físico.

La puesta en práctica de humedales tipo francés para el tratamiento de lixiviados no solo aborda el problema de la contaminación de manera eficaz, sino que también se alinea con los principios de desarrollo sostenible, al fomentar la aplicación de soluciones inspiradas en la naturaleza. Según investigaciones de (Smith et al., 2018), estos sistemas ofrecen ventajas adicionales, como la promoción de la biodiversidad y el embellecimiento del paisaje, lo cual los identifica como una solución viable para el manejo ambiental de residuos. Además, la flexibilidad y adaptabilidad de los humedales tipo francés permiten su implementación en una variedad de contextos geográficos y climáticos, adaptándose a las necesidades específicas de cada área de tratamiento. El informe de Green et al. (2018) acentúa la importancia de un diseño adecuado y una gestión efectiva para maximizar la eficiencia de estos sistemas, resaltando el papel crucial de la monitorización continua y la evaluación del rendimiento.



Por ello, este estudio se centra en brindar información teórica, práctica y metodológica sobre la aplicación de humedal tipo francés para la remoción de materia orgánica de lixiviados

El estudio en cuestión se estructura en cuatro capítulos principales, descritos a continuación:

El capítulo I, introducción, que sirve como preámbulo, aborda la esencia de la investigación. En él se perfila la cuestión central, se plantean las conjeturas preliminares, se argumenta la relevancia del estudio y se delinear con precisión las metas que se pretenden alcanzar.

El capítulo II, se sumerge en el contexto teórico del tema. Aquí se exploran las contribuciones previas en el campo, se examinan las fuentes bibliográficas pertinentes y se cimientan las bases conceptuales que dan soporte a la investigación.

El capítulo III, se dedica a desglosar el enfoque metodológico adoptado. Se especifica la naturaleza y el diseño de la investigación, se describen los procedimientos e instrumentos empleados, se explica la selección del grupo de estudio y se detallan los mecanismos para la obtención y el análisis de los datos adquiridos.

El capítulo IV, presenta los hallazgos obtenidos, acompañados de un análisis minucioso. El trabajo culmina con una síntesis de las deducciones principales y la propuesta de recomendaciones emanadas de la investigación realizada.



## CAPITULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Análisis de la situación problemática.

Hoy en día, la administración de desechos sólidos urbanos enfrenta numerosas dificultades ambientales, atribuibles en gran parte a la insuficiente conciencia ecológica. Además, la falta de una adecuada segregación de estos desechos provoca un aumento en su acumulación, frecuentemente en vertederos no autorizados. Esta situación genera múltiples efectos negativos, entre ellos, la producción de lixiviados que resulta en serios desafíos ambientales (Carranza et al., 2018). La administración efectiva de estos residuos se transforma en un reto notable en cuanto a su minimización, manejo y tratamiento. Esto se debe principalmente a la heterogeneidad en la composición y la carga contaminante que portan, además de su marcada capacidad para impactar de forma negativa tanto en la salud de las comunidades como en el medio ambiente. Un aspecto particularmente problemático es la polución de masas acuáticas, exacerbada por la permeabilidad de estos contaminantes (Justino et al., 2019). Los humedales artificiales, que imitan las condiciones de los humedales naturales y pueden



utilizarse para tratar los lixiviados mediante procesos físicos, son uno de los muchos métodos de tratamiento de lixiviados disponibles en la actualidad (Aliaga, 2014).

En Perú, de acuerdo con datos del MINAM (2021), se evidencia que 1685 distritos no gestionan sus residuos sólidos mediante rellenos sanitarios, lo que conlleva serias repercusiones tanto ambientales como en la salud pública. Por otro lado, el INEI (2020) señala que el 57.5% de los desechos sólidos municipales producidos son de origen orgánico. Estos residuos son críticos dado que contribuyen a la formación de lixiviados, los cuales son reconocidos por su alta capacidad contaminante (Suero, 2022).

En referencia a la investigación de Lujan et al., (2020), una de las realidades problemáticas en la provincia de Azángaro se evidencia en la insuficiente gestión de los lixiviados producidos en el vertedero sanitario de Pinayani por parte de la municipalidad. Es bien sabido que los lixiviados son productos de procesos naturales de degradación, como la descomposición de sustancias orgánicas e inorgánicas. Estos procesos son la raíz de donde provienen los lixiviados. Estos procesos dan lugar a la filtración de menores a mayores concentraciones de contaminantes, lo que altera el ecosistema terrestre del lugar y plantea serios problemas ambientales; estos residuos peligrosos, que se conocen como lixiviados contribuyen significativamente a cuestiones de salud pública y al deterioro de diversos entornos debido a cuestiones relacionadas con el saneamiento ambiental propios de la zona.

Ante lo expuesto, se plantea un humedal tipo francés para tratar los lixiviados.



## 1.2. Planteamiento del problema.

### 1.2.1. *Problema general*

¿Cómo el humedal tipo francés afecta la variabilidad de remoción de la materia orgánica de lixiviados del botadero Pinayani de la provincia de Azángaro?

### 1.2.2. *Problemas específicos*

- 1) ¿Cuánto es la concentración inicial de la materia orgánica de lixiviados del botadero Pinayani de la provincia de Azángaro?
- 2) ¿Cuál es el tiempo de retención óptimo del humedal tipo francés para la remoción de la materia orgánica de lixiviados del botadero Pinayani?
- 3) ¿Cuál será el porcentaje de remoción de la materia orgánica de lixiviados del botadero Pinayani aplicando el humedal tipo francés?

## 1.3. Objetivos de la investigación

### 1.3.1. *Objetivo general*

Evaluar el humedal tipo francés en la remoción de la materia orgánica de lixiviados del botadero Pinayani de la provincia de Azángaro

### 1.3.2. *Objetivos específicos*

- 1) Determinar la concentración inicial de la materia orgánica de lixiviados del botadero Pinayani de la provincia de Azángaro
- 2) Identificar el tiempo de retención óptimo en el humedal tipo francés para la remoción de la materia orgánica de lixiviados del botadero Pinayani
- 3) Determinar el porcentaje de remoción de la materia orgánica de lixiviados del botadero Pinayani aplicando el humedal tipo francés



## **1.4. Justificación de la investigación**

### **1.4.1. Justificación Práctica**

Se reconoce la importancia de plantear técnicas que no solo sean efectivas en la eliminación de contaminantes de los lixiviados producidos por vertederos de residuos sólidos, sino que además ofrezcan una implementación y operación económicamente viables. Esta necesidad subraya el valor de investigar soluciones accesibles y sostenibles que puedan aplicarse en la gestión de estos desechos contaminantes, la investigación se justifica porque brinda información sobre los pasos y secuencia para remover materia orgánica del lixiviado en el humedal francés (Arévalo et al., 2020).

### **1.4.2. Justificación social**

El estudio reviste una significativa importancia social, particularmente en los ámbitos agrícola y pecuario. Su relevancia radica en la elucidación de los efectos nocivos de los lixiviados provenientes de vertederos que ejercen sobre los terrenos cultivables y los mantos acuíferos subterráneos. Este aspecto cobra especial trascendencia al considerar que numerosos individuos, cuyas viviendas se ubican en las proximidades de estos depósitos de desechos, dependen exclusivamente de estos recursos naturales para su subsistencia. La diseminación de estos fluidos contaminantes, producto de la descomposición de residuos, supone una amenaza latente para la integridad de los suelos y las fuentes hídricas subterráneas. Tal situación pone en riesgo no solo la productividad de las tierras, sino también el estado del agua que ingieren las personas y las actividades agropecuarias. Al arrojar luz sobre esta problemática, el estudio contribuye a la concientización y eventual implementación de medidas preventivas y correctivas. Esto, a su vez, podría convertirse en un ascenso fundamental de las condiciones de vida de las



comunidades afectadas, salvaguardando sus medios de sustento y promoviendo un entorno más saludable (Gómez, 2018).

### **1.4.3. Justificación ambiental**

Se verifican las razones para implementar el proyecto de investigación por los aportes de aspectos: ambiental, ya que el humedal tipo francés minimiza la degradación del suelo y agua debido al tratamiento de los líquidos percolados de los desechos, que causa muchos problemas ambientales como es la alteración de ecosistemas terrestres. Los más afectados de esta problemática son la población rural que viven a cercanías de los botaderos (Arévalo et al., 2020)

### **1.4.4. Justificación Económica**

La justificación económica para el uso de macrófitas en humedales tipo francés como método de tratamiento de lixiviados se fundamenta en su versatilidad y eficacia a lo largo del año. Esta técnica se distingue por la posibilidad de cultivar las plantas bajo condiciones controladas, lo que garantiza su disponibilidad constante y optimiza su rendimiento. Tal característica permite superar las limitaciones estacionales, asegurando una operatividad continua del sistema de purificación. Basándose en los estudios de Ticona (2022), este enfoque se perfila como una solución económicamente viable y sostenible. La capacidad de mantener un funcionamiento estable, independientemente de las variaciones climáticas, posiciona esta metodología como una alternativa costo-efectiva en el campo de la gestión ambiental, ofreciendo beneficios tanto económicos como ecológicos a largo plazo (Ticona, 2022).



## 1.5. Hipótesis de la investigación

### 1.5.1. Hipótesis general

El humedal tipo francés posee un efecto positivo en la remoción de la materia orgánica de lixiviados del botadero Pinayani de la provincia de Azángaro

### 1.5.2. Hipótesis específicas

- 1) La concentración inicial de la materia orgánica de lixiviados sobrepasa los valores 20mg/l DBO5 y 120mg/l DQO en el botadero Pinayani de la provincia de Azángaro
- 2) El tiempo de retención óptimo del humedal tipo francés será mayor a los 8 días, en la remoción de la materia orgánica de lixiviados del botadero Pinayani
- 3) El porcentaje de remoción de la materia orgánica de lixiviados del botadero Pinayani será superior al 70% aplicando el humedal tipo francés

## 1.6. Variables

### 1.6.1. Variable independiente (VI)

- Humedal tipo francés

### 1.6.2. Variable dependiente (VD)

- Remoción de materia orgánica de lixiviados



1.7. Operacionalización de variables

Tabla 1.

Operacionalización de variables de la investigación

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	METODOLOGÍA	
<b>Independiente</b>	Tiempo de retención	Tiempo 6 - 8 -10 -12	Días	<b>Diseño de investigación</b> Experimental	
	Humedal tipo francés	Eichhornia crassipes	Biomasa 18		Und
<b>Dependiente</b>	Contenido de Materia orgánica Inicial	DBO <sub>5</sub>	mg/L	<b>Tipo de investigación</b> Aplicada	
		DQO	mg/L		
	Remoción de materia orgánica de lixiviados	Porcentaje de remoción	DBO <sub>5</sub>	%	<b>Enfoque</b> cuantitativo
			DQO	%	

Nota. Elaboración propia



## CAPITULO II

### MARCO TEORICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1. Antecedentes internacionales

El artículo presentado por Fernández (2014) se centró en "evaluar el tratamiento de lixiviados producidos en el vertedero municipal de Yantzaza, se aplicó la técnica de fitorremediación manipulando dos especies: el *Echinochloa polystachya* y *Eichhornia crassipes*. Esta metodología aprovecha las capacidades naturales de estas plantas para mitigar la contaminación". Al inicio de su estudio, Fernández describió las características de los lixiviados del relleno. Posteriormente, se analizó cuál de las dos especies vegetales, pasto alemán o jacinto de agua, mostraba mayor eficacia fitorremediadora para tratar los lixiviados almacenados temporalmente en el relleno. Se construyeron dos piscinas experimentales, en las que se introdujo un caudal representativo de los lixiviados (0.01 lts/sg) y se plantaron las especies mencionadas. El estudio, con una duración de cuatro meses, incluyó un periodo final de retención de los lixiviados en las piscinas durante el tercer mes, y se tomaron tres muestras para análisis: una antes de entrar a las piscinas, otra tras pasar por el estanque con



pasto alemán, y una final del estanque con jacinto de agua. Los resultados mostraron que los lixiviados sin tratar tenían un DBO de 14 mg/L, mientras que los tratados con pasto alemán y jacinto de agua registraron 32 mg/L y 100 mg/L respectivamente. Para la medida DQO, los valores fueron 150 mg/L en lixiviados sin tratar, 142 mg/L tratados con pasto alemán y 151 mg/L con jacinto de agua.

La investigación presentada por Verma *et al.*, (2015) tuvo por objetivo “determinar el grado de tratamiento de una muestra de lixiviado utilizando un método de fitorremediación”. En este estudio utilizaron un humedal con *Eichhornia crassipes* (jacinto de agua) para investigar su capacidad para remediar metales pesados, cromo, zinc, níquel, parámetros químicos; DBO, DQO, pH, Dureza total, Sulfatos y Parámetros físicos; TSS y TDS en lixiviados de vertederos. Realizado colocando la biomasa vegetal en el humedal de 14 litros de capacidad de la muestra de lixiviado expuesta a condiciones naturales. Los resultados que obtuvieron en los parámetros químicos como DQO, DBO han mostrado una cantidad considerable de reducción después del tratamiento de 54,19 % y 62,57 % respectivamente.

El informe presentado por el autor Pereira *et al.*, (2018) tuvo por objetivo “evaluar la efectividad del sistema piloto durante la fase de tratamiento secundario de los lixiviados en el depósito sanitario de Curitiba en humedales naturales”. Para evaluar el papel de los macrófitos en este postratamiento, se desarrolló un sistema piloto. El sistema se construyó con dos tanques de agua: en el primero se colocó la macrófita *Echinochloa polystachya*; y la *Eichhornia crassipes* colocó en el segundo. El sistema operaba por lotes en un ciclo de siete días. Para el monitoreo del sistema se tomaron muestras y se realizaron análisis de lixiviados, sustrato y macrófitos. La eficiencia del sistema en el



postratamiento del lixiviado fue de 71.3% DBO5, 31.4% DQO, 72.6% para "P" total y "P" inorgánico, 37.3% para nitrato, 35.1% para nitrito, 56.3% para nitrógeno amoniacal, 44% para nitrógeno orgánico y 13% para zinc.

El estudio presentado por Abbas *et al.*, (2019) tuvo por objetivo "evaluar la eficacia del humedal artificial con *E. crassipes* y *P. estratiotas* para el tratamiento de lixiviados de vertederos". En la aplicación de su metodología probaron la efectividad del jacinto de agua y la lechuga de agua por un período de 15 días. Se utilizaron quince recipientes de plástico en un montaje experimental en el que las plantas acuáticas se instalaron como un lecho flotante con la ayuda de una lámina termo-polar. Se observó que ambas plantas significativamente ( $p < 0.05$ / $p < 0.01$ / $p < 0,001$ ) reducen los parámetros fisicoquímicos pH, TDS, DBO, DQO de los lixiviados de vertedero. El máximo descenso de la carga orgánica en procesos de DBO y DQO en ambas plantas acuáticas se observó a una concentración del 75 % de lixiviado de vertedero. Sin embargo, al 25%, 50% y 100%, la reducción de DBO fue de 10.23, 38.12 y 44.64% con *E. crassipes*, mientras que fue 7.10, 30.32 y 42.70% con *P. estratiotas*. Mientras tanto, la reducción de DQO con *E. crassipes* fue 22.59, 35.10 y 50.21% y con *P. estratiotas* fue 19.41, 33.45 y 48.84% al 25, 50 y 100% de concentración de agua residual lixiviada, respectivamente y su tasa de eliminación aumentó gradualmente desde el día 3 hasta el día 15 del experimento. Así pues, los resultados derivados del estudio recomiendan que estas variedades de plantas acuáticas son aptas para la minimización de la carga contaminante de los lixiviados.



### 2.1.2. Antecedentes nacionales

El informe presentado por Arévalo & Reátegui (2020) se propuso como objetivo principal "contrastar la eficacia de la fitorremediación en *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*". Esta investigación, de carácter aplicado, implementó métodos de fitorremediación en humedales artificiales con macrófitas bajo condiciones de campo. Se empleó un enfoque cuasi-experimental. La población estudiada incluyó los lixiviados originados dentro del vertedero perteneciente a Cuñumbuqui, seleccionando una muestra representativa de 130L, distribuida en 20L para cada uno de los seis tanques utilizados en el tratamiento a lo largo de 15 días. Las cuantificaciones como pH, T°, CE y OD se monitorizaron cada tres días. Además, se emplearon varias metodologías, materiales para el acopio de reseñas, incluyendo fichas de registro de campo, registros diarios y cadenas de custodia. El proceso se desarrolló en etapas desde la oficina para la coordinación de la información y en la ubicación del proyecto para su ejecución. Finalmente, se demostró que la aplicación de macrófitas en lixiviados es una alternativa viable de tratamiento, destacando la superior eficacia de *Eichhornia crassipes* sobre *Pistia stratiotes* en la eliminación de contaminantes y en la mejora de la calidad del efluente, facilitando así una disposición final alternativa.

El informe presentado por el autor Suero (2022) se enfocó en "valorar el desempeño de un sistema piloto de humedales artificiales destinados al tratamiento de lixiviados resultantes del compostaje de residuos orgánicos en el vertedero de Chacán, Cusco". Estos lixiviados, procedentes de 14 áreas de compostaje del mencionado vertedero, se distinguieron por su fuerte acumulación orgánica, con una concentración media de 3359.62 mg/l de (DBO5) y mostraron un aumento considerable de volumen durante venidas de lluvias. Se



identificó la exigencia de diluir los lixiviados en una proporción de 1:5 para prevenir daños a las macrófitas de los humedales. El estudio abarcó la concepción, elaboración y análisis de un prototipo integrado por dos componentes: un Humedal de Flujo Subsuperficial y otro de Flujo Horizontal. Este modelo experimental exhibió una notable capacidad depurativa. La eficacia del sistema se manifestó en diversos parámetros. Se logró una reducción media del 86.46% DBO5. La DQO disminuyó en un 88.90%. Los STS se redujeron en un 94.10%. Particularmente destacable fue la eliminación de coliformes fecales, alcanzando un 98.25%. Basándose en estos hallazgos prometedores, se elaboró un plan para ampliar el sistema. La propuesta contempla el tratamiento integral de los lixiviados generados por el compostaje en el vertedero. El diseño a escala real requeriría un área de 1495.5 m<sup>2</sup>, lo que equivale al 3.5% de la extensión total del vertedero de Anta.

El informe presentado por Carranza et al., (2018) evaluó la efectividad de humedales artificiales, utilizando dos tipos de macrófitas, para tratar lixiviados generados en la planta de procesamiento de residuos sólidos de Cajamarca. Inicialmente, el lixiviado exhibía 13000 NMP/100mL de coliformes termotolerantes, una DQO de 1647 mg/L, DBO de 594 mg/L y conductividad eléctrica de 7150  $\mu$ S/cm. Además, presentaba un pH de 8.59, STS de 25.49 mg/L, turbiedad de 526 NTU, STD de 5.04 ppm y salinidad de 3.46 ppmil. El primer humedal produjo cambios notables. Los coliformes termotolerantes disminuyeron a 25.33 NMP/100mL, la DQO bajó a menos de 20.1 mg/L, mientras que la DBO se mantuvo en 600 mg/L. La conductividad se redujo a 2021.02  $\mu$ S/cm, el pH descendió a 8.11 y los STS bajaron a 18.64 mg/L. La turbiedad cayó a 6.17 NTU, los STD a 4.37 ppm y la salinidad a 1.01 ppmil. En el segundo



humedal, se registraron 28 NMP/100mL de coliformes, una DQO de 411 mg/L y una DBO de 104.44 mg/L. La conductividad fue de 5477.78  $\mu$ S/cm, con un pH medio de 8.67 y STS de 18.69 mg/L. La turbiedad alcanzó 50.03 NTU, los STD 3.77 ppmil y la salinidad 2.73 ppmil. Al concluir el experimento, se determinó que el segundo humedal logró una remoción del 89% de los contaminantes. Ambos sistemas demostraron ser eficaces en el tratamiento de lixiviados.

El estudio de Delgado et al., (2019) examinó la eficacia de un sistema integrado por un biodigestor y humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal para la depuración de lixiviados mezclados con aguas residuales. El proceso investigativo se desarrolló en fases sucesivas. Se inició con la recolección y análisis físico-químico y microbiológico del lixiviado. Posteriormente, se diseñó e implementó un humedal artificial adaptado al volumen de entrada y la carga orgánica requerida. El sistema piloto incluía un tanque de almacenamiento para diluir el lixiviado al 1% y 3% en 100 litros de agua residual, seguido de un biodigestor y humedales artificiales para los tratamientos de la etapa 1 y 2, respectivamente. Las medidas se monitorearon con tiempos de retención de cinco, diez y quince días para ambas diluciones. El humedal, dimensionado según el caudal de entrada ( $0.013 \text{ m}^3/\text{día}$ ) y la DBO ( $1485 \text{ g/m}^3$ ), midió 1.96, 0.98 y 0.60 metros de largo, ancho y alto, con una inclinación del 1%. Los resultados evidenciaron mejoras significativas en los indicadores físico-químicos y microbiológicos tras el tratamiento. En la dilución al 3%, se observaron eficiencias de remoción del 86%, 81% y 39% para DBO<sub>5</sub>, y del 99%, 99% y 85% para coliformes termotolerantes. Para la dilución al 1%, las eficiencias fueron del 79%, 59% y 57% en DBO<sub>5</sub>, y del 85%, 99% y 99.9% en coliformes termotolerantes, en los períodos de 5, 10 y 15 días.



### **2.1.3. Antecedentes regionales**

El informe presentado por el autor Ticona (2022) consiente por objetivo principal "investigar la eficacia en la eliminación de materia orgánica de los lixiviados procedentes del vertedero municipal de Cancharani usando humedales a nivel de laboratorio". Este estudio adoptó una metodología cuantitativa, caracterizada por el uso de análisis estadísticos, y fue de tipo aplicativo, encauzado a solventar el inconveniente de contaminación por lixiviados en el mencionado vertedero. Se clasificó como no experimental, ya que, aunque las macrófitas fueron expuestas al lixiviado, no se manipularon variables intervinientes durante el proceso. Las muestras de lixiviado fueron analizadas en el laboratorio de EPISA UANCV para medir la (DBO) y la (DQO). Los resultados de DBO indican que en el primer humedal se obtuvo un promedio de 7.006; y en el segundo humedal se obtuvo un promedio de del de 898.11; con *Nasturtium officinale* se obtuvo un promedio de 856.78.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Humedales e importancia**

Se distinguen por ser áreas en las que el agua está presente en la superficie del suelo o cerca de ella de manera suficiente en frecuencia y duración como para mantener el suelo saturado durante la mayor parte del año, lo que promueve el crecimiento de vegetación adaptada a estas condiciones de humedad. Recientemente, se han desarrollado humedales artificiales, también conocidos como construidos. Estos son sistemas deliberadamente diseñados y edificados para replicar tanto los movimientos hidrodinámicos como los procesos



biogeoquímicos de degradación típicos de los humedales naturales. (Cevallos, 2018).

Los humedales son entornos dinámicos que funcionan como intrincados mosaicos de plantas, microorganismos y animales, todos acondicionados específicamente a los escenarios ambientales únicas de estos ecosistemas. Estos especímenes, en conjunto con procesos químicos, biológicos y físicos, juegan un papel crucial en la purificación del ambiente al remover eficazmente grandes cantidades de M.O. y contaminantes. Por ello, los humedales a menudo son referidos como "los riñones del mundo", una metáfora que destaca su función vital en la filtración y limpieza de nuestro planeta (Rivera & Arévalo, 2015).

De acuerdo con Cevallos (2018) ,los humedales desempeñan roles cruciales por múltiples motivos:

- Garantizan un suministro continuo de agua.
- Mitigan los impactos de inundaciones y sequías al almacenar excedentes de agua.
- Contribuyen a intervenciones para prevenir y controlar deterioro del suelo.
- Actúan como depósitos de nutrientes y tóxicos, funcionando como importantes sumideros de carbono atmosférico.
- Constituyen algunos los sistemas ecológicos de máxima eficiencia en el mundo.
- Generan forrajes esenciales para la nutrición animal.



- Sirven como epicentros de diversidad biológica y son esenciales para la supervivencia de numerosas formas de vida animal y vegetal que están ligadas a ellos."
- Apoyan altas concentraciones de diversas especies, incluyendo peces, aves, reptiles, mamíferos y anfibios, peces como también invertebrados.
- Almacenan valioso material genético vegetal.
- Cumplen con roles esenciales en diversos aspectos ambientales. Entre sus principales funciones se incluye la conservación de agua, la protección ante eventos meteorológicos extremos, la moderación de inundaciones y la estabilización de líneas costeras. Además, contribuyen al control de la erosión, así como a la recarga y filtración de acuíferos. Estos ecosistemas son cruciales en el tratamiento de lixiviados, la captura de nutrientes, sedimentos y sustancias nocivas. Igualmente, son fundamentales en el mantenimiento del equilibrio climático local, influenciando significativamente los patrones de precipitaciones y las variaciones térmicas.

### **2.2.2. Clasificación de humedales**

Teniendo en cuenta a Moschella (2012) los humedales se pueden clasificar en:

- a) Marinos. - Estos humedales se localizan en áreas costeras, abarcando desde lagunas litorales, hasta riscos costeros y barreras coralinas, esencialmente en zonas adyacentes al mar.
- b) Estuarinos. - Se encuentran en los puntos donde los ríos confluyen con el mar, abarcando ecosistemas como manglares, deltas y marismas de marea, caracterizados por una salinidad moderada.



- c) Lacustres. - Directamente asociados con lagos, estos humedales se sitúan en las orillas lacustres, relacionándose íntimamente con los cuerpos de agua lacustre.
- d) Ribereños. - Ubicados a lo largo de los márgenes de ríos y arroyos, estos humedales son adyacentes a corrientes de agua dulce.
- e) Palustres. - Corresponden a zonas pantanosas típicas, como marismas y ciénagas, donde predomina el agua estancada.
- f) Artificiales. - Humanos han creado estos humedales, que incluyen desde estanques para la cría de peces y camarones hasta embalses y canales, pasando por tierras agrícolas irrigadas y estanques utilizados en la minería de grava.

### **2.2.3. Humedal tipo francés**

En Francia, se desarrolló un innovador método de tratamiento de aguas residuales conocido como el "sistema francés" de flujo vertical. Este sistema se destaca por incorporar un pretratamiento que no produce lodos, no emite biogás y no requiere inversiones significativas en mantenimiento, lo cual lo convierte en una opción altamente eficiente. Debido a estas características, resulta particularmente adecuado para comunidades con disponibilidad de espacio suficiente para su instalación (Hoffmann *et al.*, 2011).

El humedal de sistema francés se organiza en dos fases secuenciales de tratamiento. La primera fase se compone de tres subunidades, mientras que la segunda integra dos subunidades adicionales (Suero, 2022).

La etapa inicial del sistema francés comienza su estructura alrededor de un humedal subsuperficial vertical modificado. Este se organiza con dos o más



unidades operativas en paralelo, donde los afluentes son aplicados directamente sobre la superficie de los canteros. Este diseño permite que mientras algunas unidades están activas, otras reposan, facilitando la desecación y mineralización de los sólidos en la superficie. Simultáneamente, el líquido se infiltra hacia la base del humedal, avanzando hacia el tratamiento secundario. Posteriormente, este es recolectado mediante un sistema de drenaje que lo canaliza hacia la segunda fase del tratamiento, que involucra a sistemas convencionales de humedales verticales subsuperficiales trabajando en paralelo y alternadamente para completar el proceso de depuración (Salazar, 2023).

#### **2.2.4. Tratamiento de aguas residuales**

Citando a Hoffmann *et al.*, (2011) las ventajas y desventajas son:

##### a) Ventajas

- Los costos tanto de inversión como de mantenimiento de estos humedales son relativamente bajos.
- Se adaptan fácilmente a diversos paisajes y no requieren de personal altamente capacitado para su construcción.
- Su implementación sencilla los hace ideales para su uso en países en desarrollo o en comunidades pequeñas.
- Permiten la depuración de lixiviados sin necesidad de utilizar productos químicos o equipos mecánicos de alto coste.

##### b) Desventajas

- La estructura del tratamiento requiere carga intermitente para cada etapa, lo que implica la necesidad de instalar dos estaciones de bombeo.

- El sistema francés no muestra toda su eficiencia en pequeñas instalaciones de nivel domésticos

### 2.2.5. *Eichhornia crassipes*

La *Eichhornia crassipes* que opta por nombre común jacinto de agua, es una planta macrófita acuática que se distingue por sus bulbos llenos de aire, los cuales le facilitan la flotación. Esta especie, que florece con vistosas flores moradas, es notablemente tolerante a variaciones significativas en la concentración de nutrientes, temperatura y niveles de pH, desarrollándose óptimamente en un pH de entre 6 y 8. Prospera en temperaturas que oscilan desde 1 hasta 40 °C, mostrando un crecimiento acelerado en presencia de altas concentraciones de nitrógeno. Su capacidad como biorremediador es objeto de estudio en diversos grupos de investigación a nivel global, y experimentos recientes indican que el *E. crassipes* es efectivo en la eliminación de contaminantes de diversas fuentes (Rodríguez *et al.*, 2022).

#### Tabla 2

*Taxonomía de la especie Eichhornia crassipes*

<i>Eichhornia crassipes</i>	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Commelinales
Género	Eichhornia
Especie	E. Crassipes

*Nota:* Tabla referenciada de (Coronel, 2016)



### **2.2.6. Relleno Sanitario**

Es una zona del terreno cuidadosamente seleccionada y diseñada para la confinación segura y controlada de residuos sólidos. Este proceso incorpora técnicas de ingeniería avanzadas con el propósito de establecer una barrera efectiva entre los desechos y el entorno natural. El diseño de estos lugares busca evitar que se conviertan en fuentes nocivos para la salud de la población y trabaja activamente para mitigar y controlar cualquier impacto negativo que los residuos puedan tener sobre los recursos naturales (Gómez, 2018).

El relleno sanitario es una técnica ampliamente adoptada para la gestión de residuos sólidos en países en desarrollo. Este método implica la colocación estratégica de residuos en capas compactadas sobre una base de suelo que ha sido impermeabilizada previamente. Este diseño tiene como objetivo primordial prevenir la contaminación de los acuíferos subterráneos. Cada capa de desechos se cubre sucesivamente con capas de tierra para asegurar la protección ambiental (Rodríguez, 2003).

### **2.2.7. Tipos de relleno sanitarios**

Como señala Gómez (2018) los tipos de rellenos sanitarios son:

- a) Tipo área: Este método se utiliza en terrenos que naturalmente presentan depresiones o que han sido modificados por la extracción de materiales del subsuelo, permitiendo el aprovechamiento de estas concavidades para la disposición de residuos.
- b) Tipo rampa: Adecuado para áreas con un nivel freático profundo y pendientes moderadas, este tipo implica hacer pequeñas excavaciones durante la preparación del sitio. El material excavado se utiliza



posteriormente para cubrir los residuos, que se organizan de forma escalonada.

- c) Tipo zanja o trinchera: Este es uno de los procedimientos más habituales y funcionales ideal para terrenos planos. Involucra excavaciones de dos a tres metros de profundidad, facilitando un manejo sencillo y eficiente del relleno.
- d) Tipo combinado área y rampa: Se emplea en terrenos que pueden ser tanto quebradizos como planos. Este enfoque requiere de excavaciones iniciales en las que se van creando rampas, sobre las cuales se distribuyen los residuos sólidos que luego se compactan y cubren adecuadamente.

### **2.2.8. Lixiviados**

Lixiviado es el término usado para describir el fluido contaminado que resulta cuando el líquido percola a través de depósitos de residuos, llevando consigo componentes solubles de estos desechos. Este líquido recoge materiales que el suelo no retiene y que tampoco son descompuestos mediante procesos químicos o bioquímicos. Entre los elementos del lixiviado que pueden ser particularmente nocivos se encuentran aquellos derivados de transformaciones químicas o bioquímicas que ocurren dentro del montón de residuos. (Sánchez, 2019).

El lixiviado, frecuentemente caracterizado por su aspecto poco atractivo y olor desagradable, representa un riesgo significativo de contaminación para las aguas subterráneas y superficiales. Compuesto por materia tanto orgánica como inorgánica, este líquido puede incluir elementos o compuestos tóxicos para la vida, afectando tanto a humanos como a animales. Por ello, es crucial mantener el



lixiviado distante de lagos, ríos y fuentes de agua subterránea que puedan ser utilizadas para consumo humano (Morales, 2006).

Según Coronel (2016) describe que los lixiviados forjados en los rellenos sanitarios transportan una variedad de materiales, ya sean disueltos, en suspensión, fijos o volátiles. Esta mezcla resulta en altas cargas orgánicas y una coloración que oscila entre un tono café pardo-grisáceo en su estado fresco, hasta alcanzar un negro viscoso a medida que envejece. Además, los lixiviados contienen elevadas concentraciones de sales inorgánicas, como carbonatos y NaCl, así como metales pesados.

**Tabla 3.**

*Características de los lixiviados en función al tiempo*

Tipo	Edad	Características	pH	AGV, %	DBO/DQO
Joven	3-12 meses	Son biodegradables. Carga orgánica derivada de ácidos carboxílicos y ácidos grasos volátiles (AGV)	< 6,6	70 - 90	> 0,3
Maduro	1-5 años	Características intermedias entre las otras dos categorías	6,5–7,5	10 - 30	0,3 – 0,1
Viejo	>5 años	Poco biodegradables. La carga orgánica está constituida por moléculas complejas de alto peso molecular (ácidos húmicos y fúlvicos)	> 8	≈ 0	< 0,1

*Nota:* tabla referenciada de (Vilar, 2015)

**2.2.9. Contaminantes orgánicos del lixiviado**

Los lixiviados generalmente se desplazan por gravedad hacia la parte inferior de los Rellenos Sanitarios, continuando su trayectoria hasta que encuentran una



barrera impermeable que detiene su avance y este contiene los siguientes contaminantes orgánicos (Arévalo & Reátegui, 2020).

### **a) Demanda bioquímica de oxígeno**

Este parámetro cuantifica el oxígeno ineludible para que los microorganismos degraden la materia orgánica en situaciones aeróbicas. Su determinación se efectúa generalmente durante un lapso de 5 días, manteniendo una temperatura inmutable de 20 Celsius (Manayay & Alvarado, 2020). Refleja la cantidad de oxígeno que consumen diversos microorganismos. Entre estos se incluyen bacterias, tanto aeróbicas como anaeróbicas, así como hongos y plancton. Todos ellos participan activamente en el proceso de descomposición de la M.O. presente en una muestra específica (Ticona, 2022). Este indicador no solo proporciona información sobre la carga orgánica de los lixiviados, sino que también permite inferir su potencial impacto en los ecosistemas acuáticos. Una elevada DBO puede conducir a la depleción de oxígeno en cuerpos loticos naturales que funcionan como receptores, afectando negativamente la vida acuática. La medición precisa de este parámetro requiere técnicas de laboratorio estandarizadas. Estas aseguran la reproducibilidad de los resultados y facilitan la comparación entre diferentes muestras o estudios.

### **b) Demanda química de oxígeno**

Mide la cantidad de oxígeno requerida para oxidar la materia orgánica en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O mediante reacciones químicas. Esta medida se expresa comúnmente en miligramos de O<sub>2</sub> por litro (mg O<sub>2</sub>/l). Un valor alto de DQO indica una alta contaminación del lixiviado, reflejando una concentración elevada de M.O. A diferencia de la (DBO), la DQO se puede determinar en



aproximadamente tres horas, ofreciendo resultados mucho más rápidos. En aguas industriales, la DQO puede variar entre 50 y 2000 mg O<sub>2</sub>/l, aunque en ciertos tipos de industria puede alcanzar hasta 5000 mg O<sub>2</sub>/l. Durante la prueba, se utiliza un agente oxidante potente en un medio ácido para calcular el oxígeno equivalente consumido por la materia orgánica susceptible de oxidación química. Además, la DQO es utilizada para evaluar la carga orgánica en aguas residuales y lixiviados, destacando los compuestos que se oxidan químicamente en comparación con aquellos que lo hacen biológicamente (Carranza & Plasencia, 2018).

#### **2.2.10. Tratamiento de lixiviados**

Los lixiviados contienen una amplia gama de contaminantes, incluidos patógenos, materia orgánica, nutrientes y sustancias peligrosas como metales pesados. Dada esta complejidad, los procesos de depuración pueden verse afectados, lo que a menudo requiere la eliminación selectiva de uno o más tipos de contaminantes mediante diversas técnicas de tratamiento. (Cuichán, 2022).

- a) Tratamiento en el relleno sanitario: Consiste en la recirculación de los lixiviados.
- b) Tratamientos térmicos: Utilizan la evaporación para reducir el volumen de lixiviados.
- c) Tratamientos biológicos: Involucran procesos aerobios o anaerobios para descomponer la materia orgánica.
- d) Tratamientos físico – químicos: Incluyen la oxidación química, adsorción, coagulación-floculación e intercambio iónico.
- e) Tratamientos de membrana: Como la ósmosis inversa, que purifica el lixiviado al filtrar componentes a nivel molecular.



## **2.3. Marco conceptual**

### **2.3.1. Botaderos (vertederos)**

Los vertederos son el destino final de los residuos sólidos generados. En ellos, los residuos orgánicos sufren procesos de fermentación. Cuando el agua excede la capacidad de filtración del terreno, surgen lixiviados. Por cada tonelada de residuos sólidos urbanos, se estiman 125 m<sup>3</sup> de gases de efecto invernadero, compuestos por 65% de metano y 35% de dióxido de carbono. (Vilar, 2015).

### **2.3.2. Materia orgánica**

La M.O. presente en lixiviados se mide mediante la (DQO) y la (DBO). La DQO determina la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar químicamente las sustancias orgánicas, mientras que la DBO<sub>5</sub> mide el oxígeno requerido por microorganismos para degradar biológicamente la materia orgánica. Ambos parámetros son importantes para evaluar la carga contaminante y diseñar tratamientos adecuados (Abbas et al., 2019).

### **2.3.3. Planta macrófitos**

También conocidas como plantas palustres, son un tipo de vegetación acuática que se adapta a vivir en ambientes acuáticos o en terrenos que están inundados o encharcados durante períodos prolongados. Estas plantas son fundamentales en los ecosistemas acuáticos por varias razones: como filtración de agua y/o lixiviados, estabilidad del ecosistema, producción de oxígeno (Carranza & Plasencia, 2018).

### **2.3.4. Remoción**

La remoción se refiere al proceso de tratamiento al que se somete el lixiviado para descartar contaminantes de diversa índole. Este procedimiento implica



múltiples etapas, cada una diseñada para purificar el recurso hídrico hasta que esté apto para su reutilización (Vilar, 2015).

### **2.3.5. Lixiviados**

Son los líquidos altamente contaminantes que se originan a través de disgregación de los residuos sólidos en rellenos sanitarios. Estos contienen una alta carga de materia orgánica, representando un grave riesgo ambiental si no son tratados adecuadamente (Coronel, 2016).

### **2.3.6. Humedal artificial**

Es un sistema diseñado y construido para imitar los procesos naturales de los humedales, con el objetivo de tratar diversos tipos de lixiviados. Estos sistemas aprovechan la capacidad depuradora de los microorganismos, plantas y sustratos para remover contaminantes de manera eficiente y económica (Coronel, 2016).

### **2.3.7. Tiempo**

Es el lapso que permanece el lixiviado dentro del humedal artificial. Un tiempo adecuado es crucial para permitir que los procesos de degradación y remoción de contaminantes ocurran de manera eficiente. En general, tiempos de retención más largos favorecen una mayor remoción de materia orgánica (Cevallos, 2018).

### **2.3.8. Biomasa**

Se refiere a la masa total de organismos vivos (plantas macrófitos) presentes en el humedal artificial. En los procesos de tratamiento, la biomasa es crucial debido a que los microorganismos constituyen el agente primordial en la disgregación de la M.O., mientras que las plantas proporcionan oxígeno y superficie para la fijación de la biopelícula (Cuichán, 2022).



### **2.3.9. Etapas**

Las etapas en relación a los humedales tipo francés, operan de forma sucesivas para tratar lixiviados. Inicialmente, el lixiviado es pre-tratada para eliminar sólidos. Luego, se dirige a la 1ra etapa del humedal, donde la filtración vertical a través de un lecho de gravas y arena promueve la degradación microbiológica de contaminantes. Este proceso se facilita por plantas que estimulan la actividad microbiana y la absorción de contaminantes (Arévalo et al., 2020)

### **2.3.10. Dilución**

La dilución es un proceso físico-químico que implica la reducción de la concentración de una sustancia en una solución mediante la adición de un solvente. Este fenómeno ocurre naturalmente en sistemas acuáticos y se aplica en diversos campos, desde la química hasta la ingeniería ambiental. Al aumentar el volumen total de la solución, se disminuye la cantidad de soluto por unidad de volumen. Aunque la cantidad total de soluto permanece constante (Carranza & Plasencia, 2018).



## CAPITULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Diseño de investigación

Esta investigación se enmarca claramente en el diseño experimental. Porque se consume la manipulación deliberada del sistema de humedal tipo francés, considerado como la variable independiente. Este enfoque permite observar y cuantificar su impacto en la eliminación de M.O. presente en los lixiviados, que constituye la variable dependiente del estudio. La metodología empleada involucra un control minucioso de factores críticos. Entre estos, destacan el período de retención hidráulica y la densidad de *Eichhornia crassipes* en el sistema. Mediante la medición meticulosa de parámetros como DBO5 y DQO, tanto al inicio como al final del proceso, se logra establecer una relación causal robusta entre las variables analizadas (Hernández & Fernández, 2018).

#### 3.2. Tipo de investigación

Este estudio se clasifica como tipo "aplicada", ya que, se orienta hacia la resolución de una problemática tangible: la contaminación por lixiviados en el botadero Pinayani. El trabajo se sumerge en la evaluación de un sistema de



humedal tipo francés como solución potencial. No se queda en la mera teoría; por el contrario, busca generar conocimientos con aplicabilidad inmediata. La metodología abarca desde la determinación de concentraciones iniciales hasta la identificación del período de retención idóneo, culminando en el cálculo de la eficiencia en la eliminación de materia orgánica (Hernández & Fernández, 2018).

### 3.3. Enfoque de la investigación

Este estudio se clasifica como enfoque “cuantitativo”, ya que, se tienen datos medibles y cuantificables (numéricos) para ambas variables. La investigación pivota sobre mediciones precisas. Se analizan parámetros como la  $DBO_5$  y la DQO, indicadores numéricos de la carga orgánica en lixiviados. El diseño experimental incorpora variables discretas: períodos de retención hidráulica de 6, 8, 10 y 12 días, así como una densidad específica de *Eichhornia crassipes* (18 unidades) (Hernández & Fernández, 2018).

### 3.4. Nivel de investigación

Este estudio se clasifica de nivel “explicativo”, ya que, busca dilucidar los mecanismos subyacentes a la depuración de lixiviados mediante humedales tipo francés. No se conforma con cuantificar la reducción de materia orgánica; aspira a desentrañar las razones de su efectividad. Al manipular variables como el tiempo de retención hidráulica y analizar su aporte en la eficiencia del proceso, se establece un vínculo causal (Hernández & Fernández, 2018).



**3.5. Procedimiento metodológico**

**3.5.1. Objetivo 1: La concentración inicial de la materia orgánica de lixiviados del botadero Pinayani de la provincia de Azángaro**

En la siguiente tabla se muestra los parámetros pertenecientes a la materia orgánica presentes en los lixiviados, los cuales fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Métodos normalizados APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005.

**Tabla 4**

*Parámetros evaluados*

N°	Parámetro	Unidad	Método
1	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	Standard methods for the examination of water and wastewater APHA-AWWA-WEF Part5000-B Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test. 23 <sup>rd</sup> Ed. 2017
2	Demanda química de oxígeno	mg/L	Standard methods for the examination of water and wastewater APHA-AWWA-WEF Part5000Method5220D Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method 23 <sup>rd</sup> Ed. 2017

*Nota.* Métodos normalizados APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005.

Para alcanzar el objetivo planteado, se llevaron a cabo los procedimientos que se describen a continuación:

**a) Exploración de la zona en estudio**

Con el fin de identificar un sitio más accesible y de mínimo riesgo para obtener las muestras de lixiviado, inicialmente se dio un recorrido por el botadero Pinayani el que se ubica al suroeste de la ciudad de Azángaro en el sector de Pinayani, a 20 minutos saliendo de la ciudad por el Este por la carretera a Ayaviri, a una altitud de 4257 m.s.n.m.



## b) Toma de muestra de lixiviados

La recolección de muestras de lixiviados se realizó siguiendo las directrices del protocolo de la "CORPORACIÓN PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA AMAZONIA DE COLOMBIA 2010". Este protocolo proporciona pautas detalladas para el muestreo y la conservación de las muestras, incluyendo la realización de un muestreo simple puntual. Los pasos específicos incluyen:

- Traslado al lugar de muestreo.
- Inspección del área de muestreo para evaluar las condiciones del sitio.
- Preparar los materiales, equipos, reactivos y formatos necesarios para la toma de muestras.
- Etiquetado previo de las botellas con información relevante antes de su llenado.
- Inspección del área de muestreo para evaluar las condiciones del sitio.
- Medición de parámetros de campo
- Recolección de la muestra siguiendo las instrucciones del protocolo, determinando previamente si la muestra será simple o compuesta y añadiendo los conservantes necesarios.
- Adición de preservativos a las botellas antes de su llenado con la muestra de lixiviado.
- Conservación de la muestra para minimizar los cambios químicos y biológicos que ocurren tras la extracción de la muestra de su origen.

**Primero:** Se procede con el llenado de información en los rótulos de los frascos de DBO Y DQO, para la DBO se aplicó un frasco de vidrio de 500ml en el que se llenó completamente y sin presencia de aire o burbujas en el frasco, para la



DQO se usó un frasco de HDPE color ámbar o caramelo de 500ml en el que solo se llenó hasta las ¾ partes del frasco.

**Segundo:** Se mide el caudal del lixiviado que escurre del botadero a las pozas, como dato adicional. Para el cálculo se aplica el método volumétrico.

Para lo cual se utilizó una Jarra de 250ml de capacidad y un cronometro, seguidamente se procede a monitorear 4 repeticiones del llenado de la jarra de 250mL los que fueron: 1ro (tardo 1´ 23" en llenar); 2do (tardo 1´ 22" en llenar); 3ro (tardo 1´ 23" en llenar); 4to (tardo 1´ 19" en llenar); 5to (tardo 1´ 14" en llenar); 6to (tardo 1´ 22" en llenar); 7mo (tardo 1´ 19" en llenar); 8vo (tardo 1´ 19" en llenar); 9no (tardo 1´ 21" en llenar); 10mo (tardo 1´ 18" en llenar)

$$\Sigma tiempo promedio = \frac{1'23''+1'22''+1'23''+1'19''+\dots}{10} = 1'20'' \text{ min} = 80 \text{ segundos}$$

$$Q = \frac{V}{T} \rightarrow Q = \frac{0.250L}{80 \text{ seg}} = 0.00313 L/seg.$$

Donde:

Q: Caudal (l/s)

V: volumen (l)

T: tiempo (s)

Siendo el caudal que escurre de todo el botadero Pinayani de la ciudad de Azángaro, 0.00313 Litros/segundo.

**Tabla 5**

*Ubicación del punto del muestreo*

Sistema de coordenadas	Coordenadas Este	Coordenadas Norte	Zona
UTM WGS84	377180 m E	8292667 m S	18 S

*Nota.* "UTM" universal transversal de Mercator

**Tercero:** Después de realizar la recolección de muestras de lixiviados, se mantuvo en un sistema de refrigeración mientras se transportaba hacia el Laboratorio de la EPISA UANCV – Juliaca, en el cual los parámetros se analizaron tomando en consideración los métodos descritos en APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005.

## Figura 1

### *Muestreo de lixiviados*



*Nota.* Acciones in situ

### c) Planificación de actividades

Para obtener datos representativos y confiables, se realizó una recolección periódica de muestras de lixiviados. Los monitoreos se efectuaron cada 10 días con un período de cuatro meses. Este intervalo de tiempo permite capturar variaciones estacionales y meteorológicas significativas que afectan los parámetros medidos.

**Tabla 6***Fechas de monitoreo*

DIA	MES	AÑO	Sistema de coordenadas	Coordenadas Este	Coordenadas Norte
28	Septiembre	2023	UTM WGS84	377180 m E	8292667 m S
7	Octubre	2023	UTM WGS84	377180 m E	8292667 m S
17	Octubre	2023	UTM WGS84	377180 m E	8292667 m S
27	Octubre	2023	UTM WGS84	377180 m E	8292667 m S
6	Noviembre	2023	UTM WGS84	377180 m E	8292667 m S
16	Noviembre	2023	UTM WGS84	377180 m E	8292667 m S
27	Noviembre	2023	UTM WGS84	377180 m E	8292667 m S
7	Diciembre	2023	UTM WGS84	377180 m E	8292667 m S
18	Diciembre	2023	UTM WGS84	377180 m E	8292667 m S
28	Diciembre	2023	UTM WGS84	377180 m E	8292667 m S

*Nota.* "UTM" universal transversal de Mercator

La frecuencia de 10 días fue seleccionada para equilibrar la necesidad de datos detallados con la practicidad de la recolección de muestras, asegurando que se capturen tanto eventos meteorológicos importantes como tendencias a largo plazo.

#### **d) Obtención de Datos Meteorológicos**

Se identificaron las principales fuentes de datos meteorológicos en la región, siendo el SENAMHI la entidad más adecuada para proporcionar datos precisos y actualizados sobre radiación solar y precipitación. Se seleccionaron estaciones meteorológicas cercanas al botadero Pinayani para asegurar la relevancia de los datos.

Se preparó una solicitud formal detallando los requerimientos específicos de los datos necesarios para el estudio.

La solicitud incluyó:

- El período de tiempo para el cual se necesitaban los datos (información del año 2023).

- Los parámetros específicos requeridos: radiación solar (MJ/m<sup>2</sup>/d) y precipitación (mm).
- La frecuencia de los datos: diarios y promedios de cada 10 días.

**3.5.2. Objetivo 2: Identificar el tiempo de retención óptimo en el humedal tipo francés para la remoción de la materia orgánica de lixiviados del botadero Pinayani**

Para la ejecución del objetivo se consideraron los tiempos de retención para el tratamiento de lixiviados descritos en la tabla 7. Donde las muestras recogidas en cada tratamiento se analizaron en el laboratorio de la EPISA UANCV

**Tabla 7**

*Tiempos de retención en los tratamientos de lixiviados*

Tratamiento	Primera etapa	Segunda etapa	Tiempo de retención	Biomasa (E. <i>crassipes</i> )	Código de muestra
T-1	SU – 1.1	SU – 2.1	06 días	06 Und	MLTH1 - 01
	3 días	3 días			MLTH1 - 02
T-2	SU – 1.2	SU – 2.2	08 días	06 Und	MLTH2 - 01
	4 días	4 días			MLTH2 - 02
T-3	SU – 1.3	SU – 2.3	10 días	06 Und	MLTH3 - 01
	5 días	5 días			MLTH3 - 02
T-4	SU – 1.1	SU – 2.1	12 días	06 Und	MLTH4 - 01
	6 días	6 días			MLTH4 - 02

*Nota.* "MLTH" muestra de lixiviado tratado en el humedal



Para alcanzar el objetivo planteado, se llevaron a cabo los procedimientos mencionados a continuación:

## **a) Construcción del humedal tipo francés**

Se construyó el humedal tipo francés a escala laboratorio, que está compuesto por dos etapas para ello se utilizó recipientes de polietileno.

- Se comenzó con la ubicación de tacho de 40L el que servirá como alimentación para el sistema
- Para la construcción cada una de las sub unidades de la primera etapa del humedal tipo sistema francés se colocó tres recipientes de 24L a los que se les hizo un agujero en la parte inferior en el que se colocó dos secciones de tuberías de ½" de 0.14 metros de largo con perforaciones de 0.25mm cada 2cm teniendo un total de 28 colectores, una vez conectadas las tuberías en cada una de las sub unidades se procedió a colocar las llaves de paso a cada recipiente para controlar el tiempo de retención
- Para la segunda etapa se abasteció con los efluentes de la primera etapa, para cada una de las sub unidades de la segunda etapa del Sistema Francés se colocó tres recipientes de 24L a los que se les hizo un agujero en la parte inferior en el que se colocó dos secciones de tuberías de ½" de 0.14 metros de largo con perforaciones de 0.25mm cada 2cm teniendo un total de 28 colectores para la recogida de los efluentes del lixiviado tratado.

**Tabla 8**

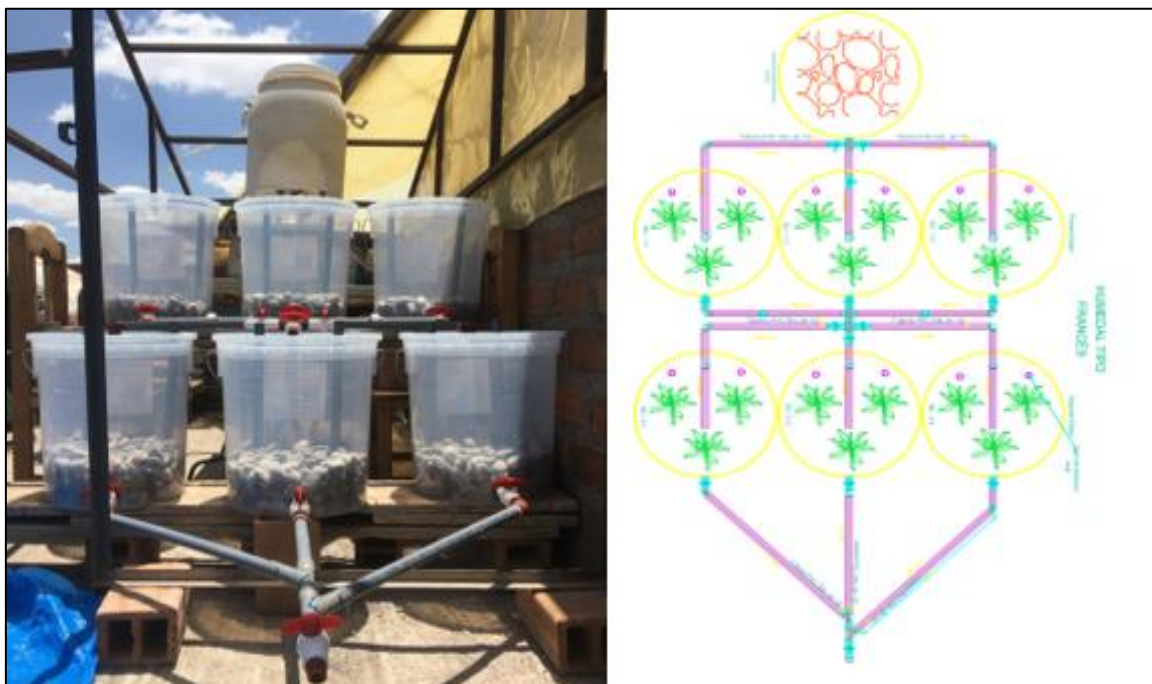
*Características de las capas de sustratos del humedal tipo francés*

Capa	Tipo de sustrato	Primera Etapa		Segunda Etapa	
		Altura	característica	Altura	característica
Capa superior	Sustrato confitillo	0.18	Material zarandeado de 2 a 6 mm	0.20	Material zarandeado de 2 mm
Capa media	Sustrato de transición	0.06	Graba de entre 3/8" a 1/2 "	0.07	Graba de entre 3/8" a 1/2 "
Capa inferior	Sustrato de drenaje	0.10	Grava de 1"	0.10	Grava de 1"

*Nota.* dato referenciado de (Delgado & Rocha, 2019)

**Figura 2.**

*Construcción del humedal tipo francés*



*Nota.* diseño de humedal francés referenciado de (Suero, 2022)



## b) Tratamiento de lixiviados

**Pre – tratamiento (Dilución):** Se aplica la dilución como pretratamiento con un enfoque de 1:4 “que comprende agregar un solvente de 4 litros de agua purificada al lixiviado de 1 litro, que juntos forman una solución de 5 litros a tratar”

**Tratamiento en la etapa I:** Se carga el lixiviado a las tres primeras sub unidades (8 litros de lixiviado en 32 litros de agua siendo un total de 40 litros) esto para abastecer al 1°, 2° y 3° tratamiento. Se hizo una segunda recarga de lixiviado a tratar el que fue de (2 litros de lixiviado en 8 litros de agua siendo un total de 10 litros) esto para abastecer el 4° tratamiento. Los tiempos de retención en el tratamiento de la etapa I es: (T-1, SU-1.1, 3días), (T-2, SU-1.2, 4días), (T-3, SU-1.3, 5días), (T-4, SU-1.1, 6días).

**Tratamiento en la etapa II:** alcanzado los tiempos de retención en la etapa I, se abre las válvulas para que el lixiviado pase a la Etapa II. Los tiempos de retención en el tratamiento de la etapa II es: (T-1, SU-2.1, 3días), (T-2, SU-2.2, 4días), (T-3, SU-2.3, 5días), (T-4, SU-2.1, 6días).

**Figura 3.***Lixiviados tratados*

Nota. "SU" sub-unidades de tratamiento

### 3.5.3. Objetivo 3: Determinar el porcentaje de remoción de la materia orgánica de lixiviados del botadero Pinayani aplicando el humedal tipo francés

Para saber el nivel de eficiencia de la remoción de M.O. del lixiviado del botadero Pinayani mediante el humedal tipo francés, se utilizan los valores registrados en el informe de los resultados de laboratorio de la EPISA UANCV reemplazándolos en la siguiente ecuación:

$$\% = \left(1 - \frac{C.i.}{C.f.}\right) * 100$$

Donde:

% : Porcentaje de remoción de lixiviados

C. i. : Concentración inicial de lixiviados

C. f. : Concentración final de lixiviados

### 3.6. Materiales y equipos

Para la realización de este proyecto de tesis, se emplearon los siguientes materiales:

**Tabla 9.**

*Características de las capas de sustratos del humedal tipo francés*

<b>Cant.</b>	<b>Materiales</b>	<b>Materiales de laboratorio</b>	<b>EPPs</b>
06	Recipientes de polietileno de capacidad de 24L	Matras Erlenmeyer 1000mL	Mascarilla facial
01	Barril de de polietileno de capacidad de 40L	Tubos de ensayo 120mL	Guantes quirúrgicos
07	Acoples de ½" PVC	Papel filtro 47mm	Casco
20	Niples de ½" PVC	Tijeras	Chaleco
03	Cruces de ½" PVC	Cúter de laboratorio	Botas
13	Llaves de paso ½" PVC	Papel toalla	Lentes
06	Tees ½" PVC	Cinta masking	
36	Codos de 90° ½" PVC	Hielo	
02	Unión Universal ½" PVC	Cooler de Tecnopor	
02	Codos de 45° ½" PVC	Cronometro digital Marathon	
01	Unión Simple ½" PVC	GPS Marathon	
02	Yee ½" PVC		
02	Tubos de ½" PVC		
01	Cinta Teflón grande		
01	Corta tubo para PVC		
01	Pegamento para pvc		
01	Tarraja de ½"		
18	Jacintos de agua		
03	Agregados		

*Nota.* elaboración propia

### 3.7. Técnicas e instrumentos

#### 3.7.1. Técnicas

En el estudio actual, se optó por utilizar las siguientes técnicas:



- Observación directa
- Revisión de investigaciones, artículos y libros
- Métodos estadísticos

“Representan los métodos que el investigador emplea para recolectar y registrar datos. Estos incluyen herramientas como formularios, pruebas, y escalas de opinión y actitudes” (Hernández & Fernández, 2018).

### **3.7.2. Instrumentos**

En la siguiente investigación se utilizó los instrumentos:

- Cadena de custodia, fichas de registros de campo
- Revistas online Scopus, Scielo y Alicia Concytec
- Protocolo para toma de muestras de lixiviado de Corporación para el Desarrollo Sostenible de la Amazonia de Colombia
- Software estadísticos Excel y IBM SPSS 22

“Los instrumentos para la recolección de datos abarcan una variedad de recursos, dispositivos o formatos, ya sean en papel o digitales, diseñados específicamente para adquirir, documentar o conservar información. Estos instrumentos son esenciales en el proceso de investigación, facilitando la sistematización y análisis de los datos recogidos” (Hernández & Fernández, 2018)

## **3.8. Población y muestra**

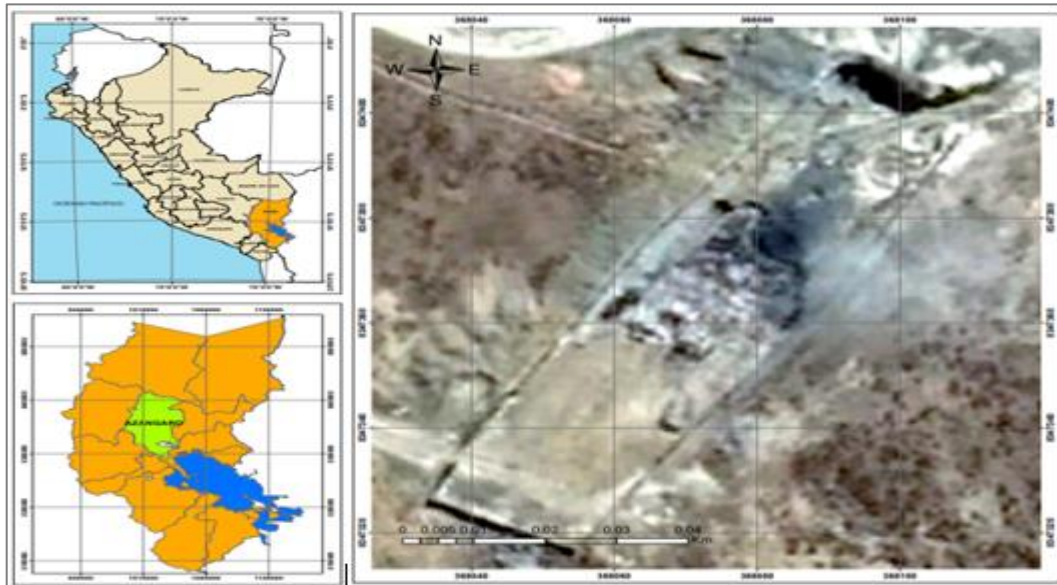
### **3.8.1. Población**

La población en la siguiente investigación es la cantidad de “lixiviados” generadas por la degradación de residuos sólidos del botadero Pinayani. “El

universo o población de estudio comprende el grupo de individuos u objetos que se investigan para obtener determinada información en un estudio". (Hernández & Fernández, 2018)

### Figura 4.

*Ubicación del área en estudio*



*Nota.* mapa diseñado en ArcGIS con sistema UTM WGS84

### 3.8.2. Muestra

La muestra en la siguiente investigación será obtenida del punto de acumulación de lixiviado del botadero Pinayani. Una cantidad de 10L de lixiviado con una dilución que llega a 50L en total, dado que se realiza cuatro tratamientos con capacidad de 10 litros cada uno. “la muestra en cualquier estudio debe ser representativa de la población objetivo. Destacan que el propósito esencial de seleccionar una muestra adecuada es permitir la realización de inferencias estadísticas sobre la población de origen. Este enfoque asegura que los resultados obtenidos puedan generalizarse y aplicarse de manera confiable más allá de la muestra específica” (Hernández & Fernández, 2018)

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSION

#### 4.1. Resultados

##### 4.1.1. Concentración inicial de la materia orgánica de lixiviados del botadero

##### *Pinayani de la provincia de Azángaro*

Los resultados de la concentración inicial de materia orgánica de los lixiviados revelan hallazgos significativos que respaldan la hipótesis planteada. En la siguiente tabla se muestra los valores de materia orgánica encontrados en el lixiviado.

**Tabla 10.**

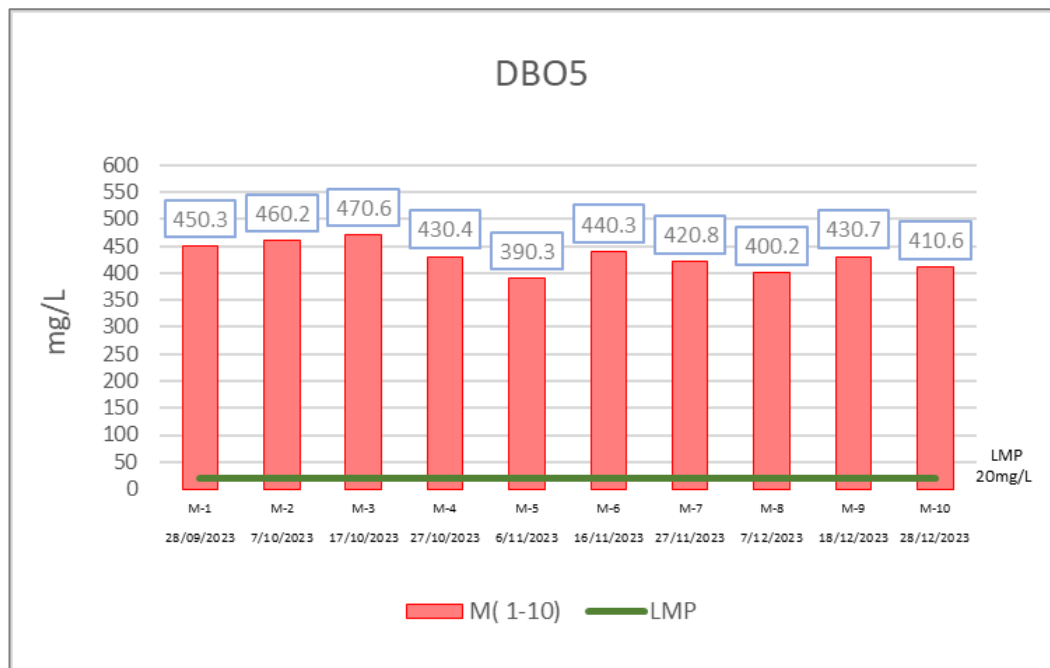
*Compartimiento de materia orgánica de lixiviados*

N°	Parámetro	DBO5 mg/l	DQO mg/l
1	M-1 28/09/2023	450.3	2304
2	M-2 7/10/2023	460.2	2400
3	M-3 17/10/2023	470.6	2500
4	M-4 27/10/2023	430.4	2201
5	M-5 6/11/2023	390.3	2015
6	M-6 16/11/2023	440.3	2250
7	M-7 27/11/2023	420.8	2150
8	M-8 7/12/2024	400.2	2080
9	M-9 18/12/2024	430.7	2205
10	M-10 28/12/2024	410.6	2103

*Nota.* Analizadas con métodos normalizados APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005

Figura 5.

Concentración de la demanda bioquímica de oxígeno

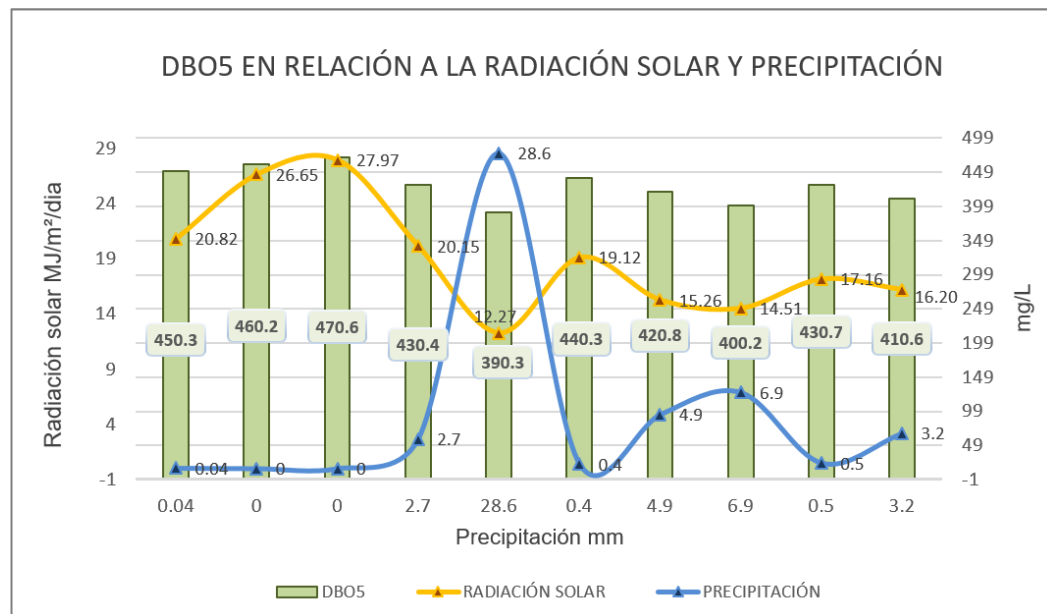


Nota. "M (1-10)" muestra del lixiviado inicial

En la figura 5 se ostenta la concentración inicial de DBO5 del lixiviado generado por la degradación de residuos sólidos en el botadero Pinayani, se realizaron 10 monitores cada 10 días se tiene valores que oscilan entre 470.6 mg/L y 390.3 mg/L. La elevada concentración de DBO5 en el lixiviado se debe a la descomposición de M.O. bajo la acción de microorganismos; Durante la descomposición aerobia la reacción química involucrada en la formación de lixiviados con alto DBO5 es " $M.O. + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O + E.$ " el oxígeno se consume para convertir la materia orgánica en  $CO_2$ , agua y energía: Durante la descomposición anaerobia la reacción química involucrada en la formación de lixiviados con alto DBO5 es " $M.O. \rightarrow CO_2 + CH_4.$ " a través de procesos de fermentación y reducción. Los efectos del alto contenido de DBO5 del lixiviado provocan la eutrofización y la reducción de oxígeno disuelto en el agua y suelo de los alrededores del botadero Pinayani.

Figura 6.

Concentración DBO5 en relación a la radiación solar y precipitación



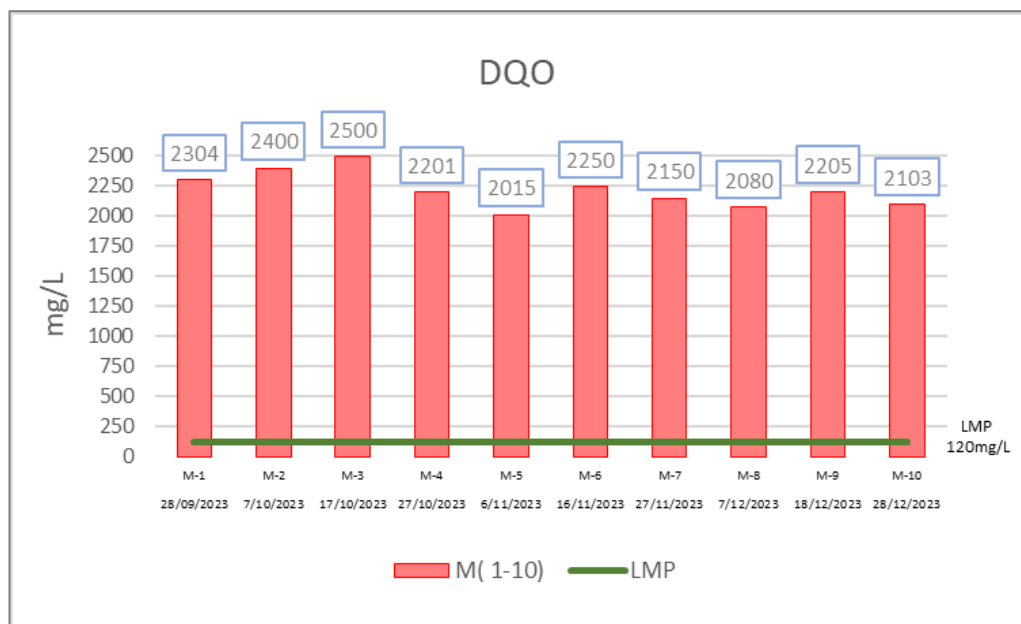
Nota. figura obtenida del Excel

En la figura 6 se muestra la relación entre la DBO5, la radiación solar y la precipitación durante el período de estudio. A continuación, se detallan los principales hallazgos y tendencias observadas en los datos. Se puede observar una tendencia general en la que la DBO5 parece tener una relación inversa con la precipitación y una relación directa con la radiación solar. Los puntos clave son: al inicio del período de estudio, cuando la radiación solar es relativamente baja (20.82 MJ/m<sup>2</sup>/día), la DBO5 es alta (450.3 mg/L). A medida que la radiación solar aumenta a valores máximos (27.97 MJ/m<sup>2</sup>/día), la DBO5 muestra un aumento (de 470.6 mg/L). La radiación solar alcanza su pico máximo (27.97 MJ/m<sup>2</sup>/día) y, simultáneamente, la DBO5 muestra un valor superior de (470.6 mg/L). Estos resultados sugieren que la radiación solar podría estar influyendo en la actividad biológica que consume oxígeno, aumentando los niveles de DBO5 en condiciones de alta radiación solar. La precipitación parece tener un efecto variable sobre la DBO5. Algunos puntos

destacados incluyen: durante períodos de baja precipitación (0.04 mm), la DBO5 se mantiene alta (450.3 mg/L). Con un aumento en la precipitación (2.7 mm), se observa una ligera disminución en la DBO5 (de 430.4 mg/L). Los valores más altos de precipitación (28.6 mm) coinciden con una reducción significativa en la DBO5 (390.3 mg/L), sugiriendo que la alta precipitación podría diluir los contaminantes o afectar la actividad microbiana. Este análisis proporciona una comprensión detallada de cómo la DBO5 se relaciona con la radiación solar y la precipitación, apoyándose en los datos presentados en el gráfico.

**Figura 7.**

*Concentración de la demanda química de oxígeno*



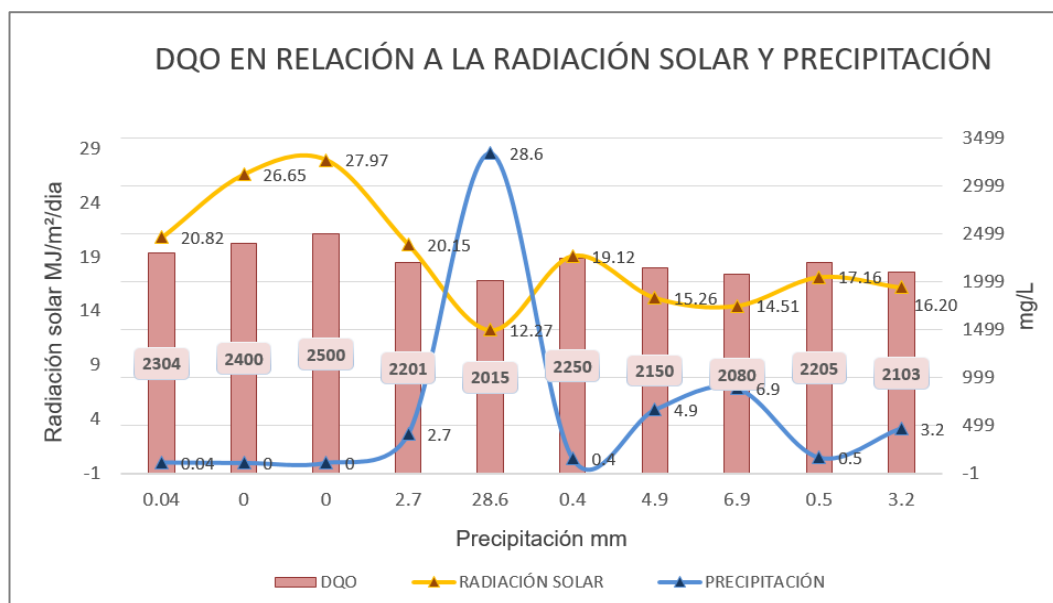
*Nota.* "MLI-01" muestra del lixiviado inicial

En la figura 7 se muestra la concentración inicial de DQO del lixiviado generado por la degradación de residuos sólidos en el botadero Pinayani donde se realizaron 10 monitores cada 10 días se encontraron valores que oscilan entre 2500 mg/L y 2015 mg/L son elevados en comparación con el

límite permisible. La radiación solar y las precipitaciones pueden influir en la producción y concentración de lixiviados, aumentando el arrastre de compuestos orgánicos hacia los sistemas de recolección. La elevada concentración de DQO en el lixiviado se debe a la elevada presencia de material orgánico y compuestos inorgánicos reducidos como sulfuros y ferrosos; Durante la descomposición aerobia la reacción química involucrada en la formación de lixiviados con DQO es  $C.inorganicos + O_2 \rightarrow 2NO_3$  ó  $4Fe(OH)_3$  ó  $SO_4^{-2} + 2H_2O$  mediados por microorganismos y catalizadores naturales, que generalmente incluyen la oxidación de compuestos inorgánicos reducidos, como el hierro (II) y el azufre reducido. Los efectos del alto contenido de DQO del lixiviado alterara la composición química del suelo próximos al botadero Pinayani, afectando su estructura y porosidad inhibiendo el crecimiento de las plantas y la actividad microbiana.

**Figura 8.**

*Variación DQO en relación a la radiación solar y precipitación*



Nota. figura obtenida del Excel



En la figura 8 se muestra la relación entre la DQO, la radiación solar y la precipitación durante el período de estudio. A continuación, se detallan los principales hallazgos y tendencias observadas en los datos. Al inicio del período de estudio, con una radiación solar relativamente baja (20.82 MJ/m<sup>2</sup>/día), la DQO es moderada (2304 mg/L). Cuando la radiación solar aumenta a su primer pico (26.65 MJ/m<sup>2</sup>/día), la DQO muestra un ligero aumento (2400 mg/L). Al máximo de radiación solar (27.97 MJ/m<sup>2</sup>/día) coincide con un aumento notable en la DQO (2500 mg/L). La precipitación parece tener un efecto más complejo sobre la DQO. Algunos puntos destacados incluyen: Durante periodos de baja precipitación (0.04 mm), la DQO es alta (2304 mg/L). Con aumentos moderados de precipitación (2.7 mm), se observa una disminución en la DQO (2201 mg/L). Altos niveles de precipitación (28.6 mm) coinciden con la DQO más baja registrada (2015 mg/L), sugiriendo un efecto diluyente significativo. Los resultados sugieren una correlación inversa entre la radiación solar y la DQO, donde una mayor radiación solar tiende a incrementar la DQO, posiblemente debido a un aumento en la actividad fotosintética y biológica de la materia orgánica. La precipitación parece tener un efecto diluyente, especialmente en eventos de alta precipitación, que reduce la concentración de M.O. y, por ende, la DQO. Estos hallazgos son fundamentales para comprender cómo los factores ambientales influyen en la calidad los lixiviados en el botadero Pinayani.

#### **4.1.2. Identificar el tiempo de retención óptimo en el humedal tipo francés para la remoción de la materia orgánica de lixiviados del botadero Pinayani**

A continuación, se muestra los resultados detallados de los tratamientos con diferentes tiempos de retención y con la misma cantidad de *Eichhornia crassipes*.

**Tabla 11.**

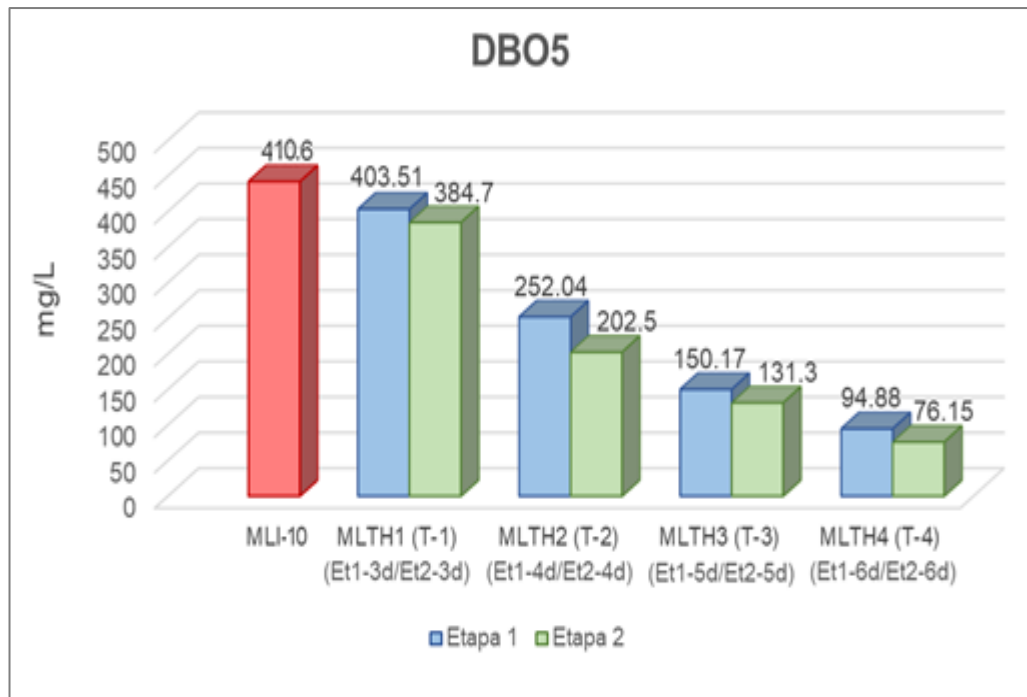
*Tiempo de retención óptimo para la remoción de materia orgánica*

Tratamiento	Tiempo	Etapa 1		Etapa 2	
		DBO5 (mg/L)	DQO (mg/L)	DBO5 (mg/L)	DQO (mg/L)
MLTH1 (T-1)	6	403.51	1392	384.7	1210
MLTH2 (T-2)	8	252.04	464	202.5	441.6
MLTH3 (T-3)	10	150.17	416	131.3	377
MLTH4 (T-4)	12	94.88	320	76.15	293.2

*Nota.* MLTH, es muestra de lixiviado tratada en el humedal

**Figura 9**

*Comportamiento de DBO5 en relación al tiempo de retención*



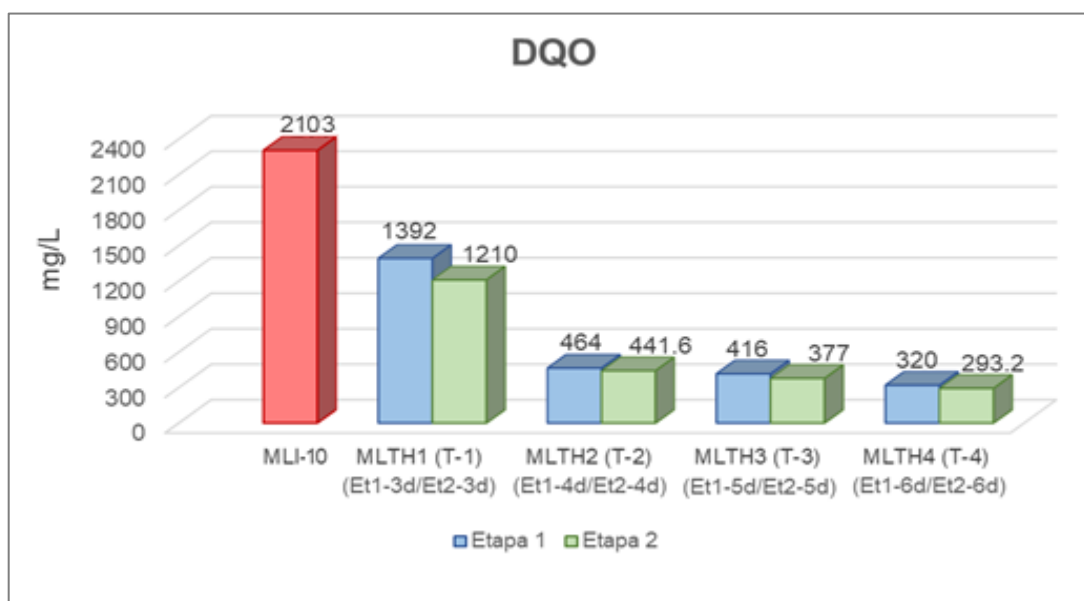
*Nota.* MLTH, es muestra de lixiviado tratada en el humedal

En la figura 9 se muestra los resultados de la variación del DBO5 en relación al tiempo de retención de la etapa 1 y 2 en el humedal francés, se observa que el T-4 (12 días) removi6 en mayor concentración el DBO5 alcanzando

valores en la etapa 1 (94.88 mg/L) y cuando paso a la etapa 2 (76.15 mg/L) siendo este tratamiento el más eficiente. Mientras que el T-1 (6 días) no presentó un cambio notable en la remoción de DBO5. La remoción de DBO5 del lixiviado se debe a la absorción mediante las raíces de las plantas y el sustrato del humedal actúan como un filtro físico, atrapando partículas y materia orgánica suspendida. Este proceso es más efectivo a medida que aumenta el tiempo de retención, permitiendo una mayor interacción entre los contaminantes y el sustrato.

**Figura 10**

*Comportamiento de DQO en relación al tiempo de retención*



*Nota.* MLTH, es muestra de lixiviado tratada en el humedal

En la figura 10 se muestran los resultados de la variación del DQO en relación al tiempo de retención de la etapa 1 y 2 en el humedal francés, se observa que el T-4 (12 días) removió en mayor concentración el DQO alcanzando valores en la etapa 1 (320 mg/L) y cuando pasó a la etapa 2 (293.2 mg/L) siendo este tratamiento el más eficiente. Mientras que el T-1 (6 días) no presentó un cambio



notable en la remoción de DQO. Sin embargo, el humedal tipo francés demostró ser eficaz en la reducción de estos niveles a lo largo de las etapas de tratamiento. La remoción de contaminantes en un humedal tipo francés se debe a la interacción compleja y sinérgica de diversos procesos químicos, biológicos y físicos. La sedimentación y filtración retienen partículas sólidas, mientras que la actividad microbiana y la fitodepuración degradan y absorben la materia orgánica. Además, las transformaciones químicas y los procesos anaerobios contribuyen a la descomposición de compuestos orgánicos. Estos mecanismos combinados permiten que el humedal reduzca eficazmente los niveles de DQO, mejorando la calidad del efluente y cumpliendo con los estándares ambientales.

**4.1.3. Porcentaje de remoción de la materia orgánica de lixiviados del botadero Pinayani aplicando el humedal tipo francés**

**Tabla 12**

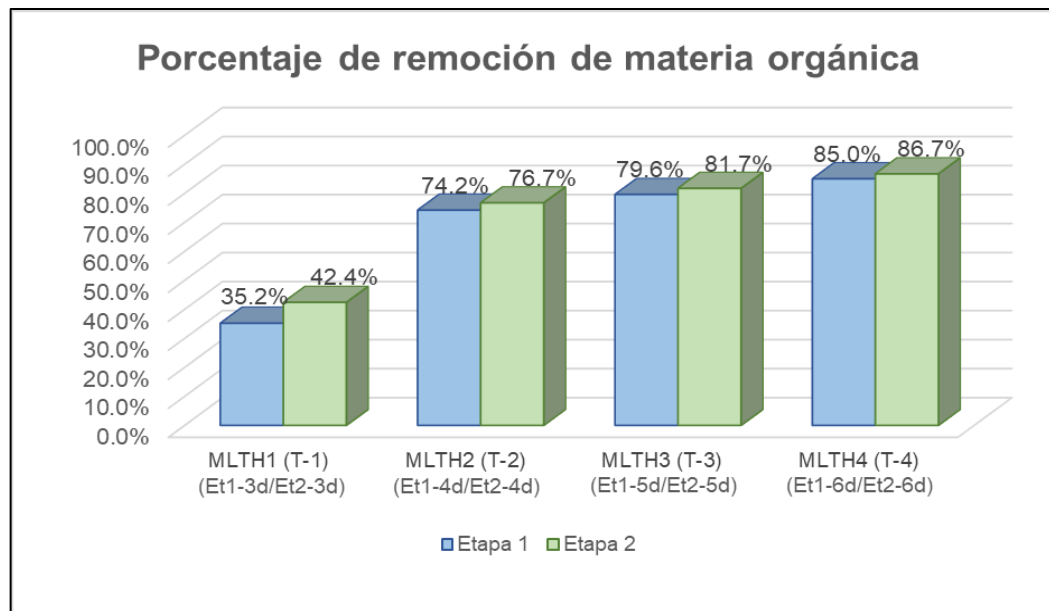
*Porcentaje de remoción de materia orgánica*

Tratamientos		% de remoción de materia orgánica	
Código	Tiempo de retención	Etapas 1	Etapas 2
MLTH1 (T-1)	Et1-3días/Et2-3días	35.2%	42.4%
MLTH2 (T-2)	Et1-4días/Et2-4días	74.2%	76.7%
MLTH3 (T-3)	Et1-5días/Et2-5días	79.6%	81.7%
MLTH4 (T-4)	Et1-6días/Et2-6días	85.0%	86.7%

*Nota.* Elaboración propia

### Figura 11

Comportamiento del porcentaje de remoción de materia orgánica



*Nota.* MLTH, es muestra de lixiviado tratada en el humedal

La figura 11 presenta el % de remoción de materia orgánica de los lixiviados en cada tratamiento a diferentes tiempos de retención. De acuerdo a los resultados se puede afirmar que el T-4 (12 días) alcanzó una mayor remoción mostrando valores de 85.0% en la etapa 1 y 86.7% cuando pasó a la etapa 2. Mientras que en el T-1 (6 días) no presentó un porcentaje de remoción notable mostrando valores de 35.2% en la etapa 1 y 42.4% cuando pasó a la etapa 2.



#### 4.2. Análisis estadístico

##### Prueba de normalidad (N)

Para evaluar la distribución de los datos recolectados, se implementó una prueba de N. Este análisis determina si los datos se ajustan a una distribución normal o no, esencial para la aplicación correcta de ciertas técnicas estadísticas.

##### hipótesis

H1: los datos analizados siguen una distribución normal

Ho: los datos analizados no siguen una distribución normal

##### Criterio de decisión

En caso de que P supere 0.05, se acepta la conjetura nula

En caso de que P sea inferior a 0.05, se rechaza la conjetura nula y se adopta la alternativa.

**Tabla 13.**

*Prueba de normalidad*

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Contenido M.O.	,323	20	,000	,722	20	,000
Tratamientos	,366	18	,000	,699	18	,000

*Nota.* procesado y adquirido del SPSS

Para la presente investigación se tomó como muestra dos parámetros con cuatro tratamientos diferentes, incluyendo una muestra control que consta de 10 repeticiones, lo que resulta en un total de 38 conjuntos de datos. De acuerdo con Moraguez & Espinosa (2017), para series de datos menores de 50 observaciones, es recomendable utilizar el test de Shapiro-Wilk. Los resultados de este análisis

se presentan en la tabla 13, donde se observa un valor P de 0.00, que es inferior al umbral establecido de 0.05 ( $P < 0.05$ ). En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa de que los datos se ajustan a una distribución normal. Por ende, se procede a aplicar el análisis paramétrico ANOVA para una evaluación más profunda.

#### 4.2.1. Prueba de hipótesis general

##### Hipótesis

*H<sub>0</sub>*: El humedal tipo francés no posee un efecto positivo en la remoción de la materia orgánica de lixiviados del botadero Pinayani de la provincia de Azángaro

*H<sub>a</sub>*: El humedal tipo francés posee un efecto positivo en la remoción de la materia orgánica de lixiviados del botadero Pinayani de la provincia de Azángaro

##### Regla de decisión

- En el caso de que el valor "p" sea inferior a 0.05, se descarta la *H<sub>0</sub>* y se adopta la *H<sub>a</sub>*.
- En el caso de que el valor "p" sea igual o superior a 0.05, se mantiene la *H<sub>0</sub>* y se descarta la *H<sub>a</sub>*.

**Tabla 14.**

*ANOVA para hipótesis general*

ANOVA					
Resultados	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1339960,894	1	1339960,894	6,281	,023
Dentro de grupos	3413449,352	16	213340,584		
Total	4753410,246	17			

*Nota.* procesado y adquirido en el Software IBM SPSS Statistics



En la tabla 14, se detallan los resultados obtenidos del análisis de varianza (ANOVA) empleado para evaluar la hipótesis central del estudio. Este análisis incluyó la comparación de las medias de cuatro tratamientos y una muestra control. Se registró un p-valor de 0.023, que es inferior al umbral alfa de 0.05. Este resultado sugiere diferencias significativas entre las medias de los grupos examinados. Con un nivel de significancia del 5% y un nivel de confianza del 95%, se procede a aceptar la hipótesis planteada por el investigador ( $\alpha > \text{Sig.}$  implica la aceptación de  $H_a$ ) concluyéndose que **“El humedal tipo francés posee un efecto positivo en la remoción de la materia orgánica de lixiviados del botadero Pinayani de la provincia de Azángaro”**

#### **4.2.1. Prueba de hipótesis específico 1**

##### **Hipótesis**

$H_o$ : La concentración inicial de la materia orgánica de lixiviados no sobrepasa los valores 20mg/l DBO5 y 120mg/l DQO en el botadero Pinayani de la provincia de Azángaro

$H_a$ : La concentración inicial de la materia orgánica de lixiviados sobrepasa los valores 20mg/l DBO5 y 120mg/l DQO en el botadero Pinayani de la provincia de Azángaro

##### **Regla de decisión**

- En el caso de que el valor "p" sea inferior a 0.05, se descarta la  $H_o$  y se adopta la  $H_a$ .
- En el caso de que el valor "p" sea igual o superior a 0.05, se mantiene la  $H_o$  y se descarta la  $H_a$ .



**Tabla 15.**

*T-student para hipótesis específico 1*

Prueba para una muestra						
Valor de prueba = 120; 20						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Contenido de M.O.	5,736	20	,000	1185,6200	753,031	1618,209

*Nota.* obtenido del SPSS

En la tabla 15, se exhiben los resultados del test T-student aplicado a la primera hipótesis específica del estudio. Este análisis reveló un p-valor de 0.000, que es inferior al umbral alfa de 0.05, derivado de la evaluación de la media de los valores de materia orgánica en la muestra inicial. Dado este resultado, se infiere que, manteniendo un nivel de significancia del 5% y un nivel de confianza del 95%, la hipótesis planteada por el investigador se sostiene ( $\alpha > \text{Sig.}$  Se acepta  $H_a$ ) es aceptada; concluyendo que **“La concentración inicial de la materia orgánica de lixiviados sobrepasa los valores 20mg/l DBO5 y 120mg/l DQO en el botadero Pinayani de la provincia de Azángaro”**

**4.2.2. Prueba de hipótesis específico 2**

**Hipótesis**

$H_0$ : El tiempo de retención óptimo del humedal tipo francés es menor a 8 días, en la remoción de la materia orgánica de lixiviados del botadero Pinayani

$H_a$ : El tiempo de retención óptimo del humedal tipo francés es mayor a 8 días, en la remoción de la materia orgánica de lixiviados del botadero Pinayani



**Regla de decisión**

Cuando "p" < 0.05 rechazamos la *H<sub>0</sub>* y aceptamos *H<sub>a</sub>*

Cuando "p" > = 0.05 Aceptamos la *H<sub>0</sub>* y rechazamos *H<sub>a</sub>*

*H<sub>0</sub>*: La media de todos los grupos son iguales

*H<sub>a</sub>*: No todas las medias de los grupos son iguales

**Tabla 16.**

*ANOVA para hipótesis específico 2*

ANOVA DE DOS FACTORES					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Variables Resultados	
				F	Sig.
Tratamientos	1620063,849	4	405015,962	3,775	,000
Parámetros	1468641,485	10	1468641,485	13,687	,006
Error	838459,189	4	209614,797	1,954	
Total	9376703,383	18			
Total corregido	4753410,246	17			

*Nota.* procesado y adquirido en el Software IBM SPSS Statistics

En la tabla 16, se detalla el análisis de varianza ANOVA para muestras repetidas, utilizado para evaluar los parámetros de cuatro tratamientos y un grupo control. El p-valor registrado es de 0.006, situándose por debajo del umbral de 0.05 (valor alfa). Esto indica que no todas las medias de los parámetros son iguales. Consecuentemente, la hipótesis planteada por el investigador es aceptada, con un nivel de significancia del 5% ( $\alpha$ ) y un nivel de confianza del 95% **“El tiempo de retención óptimo del humedal tipo francés es mayor a 8 días, en la remoción**



de la materia orgánica de lixiviados del botadero Pinayani". Dado que las medias de los parámetros difieren, se procedió a aplicar la prueba de Tukey para análisis adicionales.

**Tabla 17.**

*Prueba de Tukey*

Resultados		
HSD Tukey <sup>a,b</sup>		
Parámetros	N	Subconjunto
DBO5	T-3; T-4	184,675
DQO	T-3; T-4	254,150
Sig.		,0093
Alfa = 0.05.		

*Nota.* procesado y adquirido en el Software IBM SPSS Statistics

En la tabla 17, se expone el análisis realizado mediante la prueba de Tukey, aplicada para contrastar los parámetros entre los tratamientos debido a la presencia de una varianza significativa. Esta prueba permite establecer diferencias específicas entre los tratamientos para cada uno de los parámetros evaluados. DQO, DBO5, el tratamiento T-3 (10días) y el T-4 (12días) son los más eficaces, porque, su p-valor es 0,0093. Por otro lado, el pH no presenta variabilidad significativa en los tratamientos.

#### **4.2.3. Prueba de hipótesis específico 3**

##### **Hipótesis**

*H<sub>0</sub>*: El porcentaje de remoción de la materia orgánica de lixiviados del botadero Pinayani es inferior al 70% aplicando el humedal tipo francés



*H<sub>a</sub>*: El porcentaje de remoción de la materia orgánica de lixiviados del botadero Pinayani es superior al 70% aplicando el humedal tipo francés

**Regla de decisión**

- En el caso de que el valor "p" sea inferior a 0.05, se descarta la *H<sub>0</sub>* y se adopta la *H<sub>a</sub>*.
- En el caso de que el valor "p" sea igual o superior a 0.05, se mantiene la *H<sub>0</sub>* y se descarta la *H<sub>a</sub>*.

*H<sub>0</sub>*: La media de todos los grupos son iguales

*H<sub>a</sub>*: No todas las medias de los grupos son iguales

**Tabla 18.**

*ANOVA para hipótesis específico 3*

<b>ANOVA DE DOS FACTORES</b>						
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Variables Resultados		
				F	Sig.	
Tratamientos	1620063,849	4	405015,962	3,775	,000	
Parámetros	1468641,485	10	1468641,485	13,687	,006	
Error	838459,189	4	209614,797	1,954		
Total	9376703,383	18				
Total corregido	4753410,246	17				

*Nota.* procesado y adquirido en el Software IBM SPSS Statistics

En la tabla 18, se muestra el resultado del análisis de varianza ANOVA realizado sobre los tratamientos T-1, T-2, T-3, y T-4. El p-valor obtenido fue de 0.000, que es menor que el valor alfa de 0.05, indicando significancia estadística en las



diferencias entre las medias de los grupos en cuanto a la concentración inicial. Esto sugiere variaciones significativas entre los grupos. Con un nivel de significancia del 5% y un nivel de confianza del 95%, se confirma la hipótesis del investigador. **Se concluye que el porcentaje de remoción de materia orgánica en los lixiviados del botadero Pinayani, utilizando el humedal tipo francés, supera el 70%.** Dado que se observan diferencias entre las medias de los tratamientos, se aplicará la prueba de Tukey para identificar el tratamiento más efectivo.

**Tabla 19.**

*Prueba de Tukey*

Resultados		
HSD Tukey <sup>a,b</sup>	N	Subconjunto
Tratamientos		
MLTH4 (T-4)	DBO5, DQO	97,6125
MLTH3 (T-3)	DBO5, DQO	132,5375
MLTH2 (T-2)	N/S	166,4225
MLTH1 (T-1)	N/S	404,0025
Sig.		,0045
Alfa = 0.05.		

*Nota.* procesado y adquirido en el Software IBM SPSS Statistics

En la tabla 19, se exponen los contrastes resultantes de la prueba de Tukey para los tratamientos evaluados, revelando una varianza significativa entre ellos. Esta prueba específica ha demostrado que los tratamientos T-3 (10días) y T-4 (12 días) son los más adecuado para remover materia orgánica. Mientras que los tratamientos T-1 y T-2 no presentan reducción significativa de materia orgánica del lixiviado.



### 4.3. Discusiones

Discusión con respecto al resultado del objetivo general, en donde se obtuvo un valor  $p$  de 0.023 en la prueba de ANOVA, el humedal tipo francés posee un efecto positivo en la remoción de la M.O. de lixiviados del botadero Pinayani de la provincia de Azángaro. Este resultado tiene afinidad con la investigación presentada por Abbas et al. (2019), quienes concluyen que la eficacia del humedal artificial con *E. crassipes* y *P. stratiotes* para el tratamiento de lixiviados de vertederos se observó que ambas plantas reducen significativamente los parámetros fisicoquímicos de los lixiviados. Asimismo, Arévalo & Reátegui (2020). Los hallazgos indican que, en la fitorremediación con las especies seleccionadas —*Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*—, el uso de macrófitas en los lixiviados generados en vertederos representa una opción viable para su tratamiento. En nuestro estudio, el humedal tipo francés se implementó en el contexto específico del botadero Pinayani, lo que puede haber influido en la eficiencia del proceso de remoción de la M.O., y puede diferir significativamente de las condiciones presentes en los estudios de Abbas et al. (2019) y Arévalo & Reátegui (2020). Aunque los resultados de nuestra investigación muestran afinidad con estudios anteriores, las diferencias de zona de estudio, características operacionales, carga de contaminantes y cantidad de muestra en tratamiento resaltan la necesidad de considerar el contexto específico al evaluar la eficacia de los humedales artificiales en la remoción de M.O. de lixiviados. Estas variaciones subrayan la importancia de adaptar las estrategias de fitorremediación a las condiciones locales para maximizar su efectividad.



Mientras que para la discusión del objetivo específico 1, donde se obtuvo un valor  $p$  de 0.000 mediante la prueba de t-student para una muestra, la concentración inicial de la M.O. de lixiviados sobrepasa los valores de 20 mg/l de DBO5 y 120 mg/l de DQO en el botadero Pinayani de la provincia de Azángaro. Este resultado pone en evidencia la elevada carga de M.O. presente en los lixiviados del botadero. Estos datos obtenidos poseen semejanza al informe presentado por Fernández (2014), donde se confirmó que los contaminantes orgánicos de lixiviados generados por la degradación de residuos en los botaderos son elevados, revelando datos de DBO5 603.2 mg/L y DQO 861.54 mg/L. Asimismo, Carranza y Plasencia (2018) indican que el alto contenido de M.O. en los lixiviados se debe a la diversidad de residuos sólidos presentes en los botaderos. En su investigación, reportaron valores elevados de DQO de 1647 mg/L y de DBO5 de 594 mg/L, corroborando que la composición variada de los residuos contribuye significativamente a la alta carga orgánica en los lixiviados. Esta diversidad de residuos incluye material orgánico biodegradable, productos químicos y otros desechos que, al descomponerse, generan lixiviados altamente contaminados. En comparación con nuestros resultados, los reportados por Fernández (2014) y Carranza & Plasencia (2018) también son elevados. Es probable que las diferencias observadas en las concentraciones se deban a variaciones en la gestión de residuos, las condiciones climáticas y las características específicas de los residuos depositados en cada botadero.

Mientras que para el resultado del objetivo específico 2, donde se obtuvo un valor  $p$  de 0.006 mediante la prueba ANOVA de dos factores, el tiempo de retención óptimo del humedal tipo francés para la remoción de la M.O. de lixiviados del botadero Pinayani es de 10 y 12 días. Estos hallazgos son consistentes, con los



resultados obtenidos por Delgado y Roch (2019), quienes evaluaron humedales artificiales con tiempos de retención de 5, 10 y 15 días para reducir DBO5 y DQO. Ellos encontraron diferencias significativas en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos antes y después del tratamiento, demostrando que el tiempo de retención es un factor crucial en la eficiencia del tratamiento. Sin embargo, nuestros resultados sugieren que un tiempo de retención de 10 a 12 días es óptimo, lo cual se alinea parcialmente con sus hallazgos, aunque ellos reportaron una variabilidad más amplia. Por otro lado, Arévalo y Reátegui (2020) reportaron reducciones en DBO5 y DQO utilizando *Eichhornia crassipes* en un periodo de 15 días, con monitoreos cada tres días. Concluyendo que la aplicación de especies macrófitas en lixiviados es una alternativa viable de tratamiento. Aunque sus resultados validan la efectividad de la fitorremediación, no utilizaron un humedal tipo francés ni exploraron variaciones en el tiempo de retención, limitando la comparación directa con nuestro estudio. Es relevante señalar que ninguno de los autores mencionados empleó un humedal tipo francés de dos etapas ni consideró las variaciones del tiempo de retención en relación a la cantidad de lixiviado tratado. En nuestro estudio, el humedal tipo francés, con su diseño de dos etapas, proporciona una estructura que puede mejorar la eficiencia del tratamiento, permitiendo un mayor contacto del lixiviado con las plantas y el sustrato, lo cual es crucial para la remoción de M.O.

Mientras que para el resultado del objetivo específico 3, donde se obtuvo un valor p de 0.000 mediante la prueba ANOVA de dos factores, el porcentaje de remoción de la M.O. de lixiviados del botadero Pinayani es superior al 70% aplicando el humedal tipo francés. Los resultados obtenidos son comparables con el estudio de Verma et al. (2015), quienes utilizaron el método de fitorremediación



con *Eichhornia crassipes* y lograron una reducción considerable en los parámetros de DQO (54.19%) y DBO (62.57%). La similitud en la eficiencia de remoción entre nuestro estudio y el de Verma et al. subraya la efectividad de la *Eichhornia crassipes* en la remoción de M.O., aunque el diseño de humedal tipo francés en nuestro estudio parece ofrecer una eficiencia ligeramente superior. Asimismo, el estudio de Pereira et al. (2018) también reporta alta eficiencia en la remoción de M.O. utilizando macrófitas como *Echinochloa polystachya* y *Eichhornia crassipes*, logrando un 72% de remoción de DBO y un 76% de DQO. Estos valores son comparables con los resultados obtenidos en nuestro estudio, lo que refuerza la evidencia de que las plantas acuáticas son efectivas en el tratamiento de lixiviados. Nuestro estudio no solo reafirma la eficacia de la fitorremediación con *Eichhornia crassipes*, sino que también destaca la superioridad del humedal tipo francés en comparación con otros métodos de tratamiento. La estructura de dos etapas del humedal tipo francés proporciona un entorno más controlado y eficiente para la remoción de contaminantes, permitiendo un mayor contacto del lixiviado con las plantas y el sustrato.



## CONCLUSIONES

- Primero:** Se concluye que el humedal tipo francés tiene un efecto positivo en la remoción de la materia orgánica de los lixiviados del botadero Pinayani, ya que su estructura de dos etapas proporciona un entorno más controlado y eficiente para la remoción de contaminantes. Esto se sustenta con un valor p de 0,023 obtenido mediante el análisis de varianza (ANOVA).
- Segundo:** Se concluye que la concentración inicial de la materia orgánica de los lixiviados sobrepasa los valores de 20 mg/l para DBO5 y 120 mg/l para DQO en el botadero Pinayani. Este hecho se respalda mediante un valor p de 0,000 obtenido a través de la prueba T-student, lo que indica que estos valores se encuentran por encima de los Límites Máximos Permisibles (LMP). Los valores registrados oscilaban entre 390.3 mg/L y 470.6 mg/L de DBO5 y entre 2015 mg/L y 2500 mg/L de DQO.
- Tercero:** Se concluye que el tiempo de retención óptimo del humedal francés es mayor a 8 días en la remoción de la materia orgánica de lixiviados, respaldado mediante el ANOVA con un valor p de 0,006. Los tratamientos de 10 y 12 días presentaron los mejores resultados en la remoción de DBO5 y DQO.
- Cuarto:** Se concluye que el porcentaje de remoción de materia orgánica de los lixiviados del botadero Pinayani es superior al 70% al aplicar el humedal tipo francés. Esto se respalda con un valor p de 0,000 obtenido mediante el análisis de varianza (ANOVA), alcanzándose un valor de remoción del 86,7% después de 12 días de tratamiento.



## RECOMENDACIONES

- Primero:** Se recomienda que, para futuras investigaciones, se tome en consideración aplicar diferentes especies de plantas macrófitas en cada etapa del humedal tipo francés. Asimismo, se sugiere implementar un sistema de humedal a escala real para tratar los lixiviados generados en los botaderos.
- Segundo:** Se recomienda que, para futuras investigaciones, se evalúe el impacto ambiental generado por el derramamiento y esparcimiento de lixiviados en los suelos próximos a los botaderos, ya que los valores iniciales de los parámetros de DQO y DBO5 presentes en los lixiviados son muy elevados.
- Tercero:** Se recomienda que, para futuras investigaciones, se expanda el enfoque de investigación para incluir la remoción de otros contaminantes presentes en los lixiviados, como metales pesados, nutrientes (nitrógeno y fósforo), y compuestos orgánicos emergentes. Esto proporcionará una visión más completa de la capacidad de tratamiento del humedal tipo francés.
- Cuarto:** Se recomienda que, para futuras investigaciones, se instalen sistemas de pretratamiento en el botadero que puedan reducir la carga orgánica de los lixiviados antes de su ingreso al humedal tipo francés. Opciones como, sistemas de aireación o biofiltros pueden ser eficaces para disminuir las concentraciones de materia orgánica.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbas, Z., Arooj, F., Ali, S., Zaheer, I., Rizwan, M., & Riaz, M. (2019). *Phytoremediation of landfill leachate waste contaminants through floating bed technique using water hyacinth and water lettuce*. International Journal of Phytoremediation. <https://doi.org/10.1080/15226514.2019.1633259>
- Aliaga, C. (2014). *Tratamiento de lixiviado de relleno sanitario municipal mediante filtro biológico y humedal artificial*. Lima - Perú: Universidad Nacional de Ingenierías.
- Arévalo, L., & Reátegui, R. (2020). *Eficiencia de fitorremediación de Pistia stratiotes y Eichhornia crassipes en lixiviados generados en el botadero de Cuñumbuqui, San Martín 2020*. Universidad César Vallejo. <https://doi.org/10.12692/64177>
- Carranza, A., & Plasencia, T. (2018). *Tratamiento de los lixiviados generados en la planta de residuos sólidos de Cajamarca con humedales artificiales de juncus balticus willd junco y shoenoplectus californicus totora*. Lima: Universidad Privada del Norte.
- Cevallos, M. (2018). *Los humedales. Características. Origen. Humedales Peruanos protegidos*. Repositorio Universidad Nacional De Educación Enrique Guzmán Y Valle. <https://doi.org/10.14039/3040/MONOGRAF%20-%20CEVALLOS%20CEVALLOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Coronel, E. (2016). *Eficiencia del Jacinto de agua (eichhornia crassipes) y lenteja de agua (lemna minor) en el tratamiento de las aguas de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas-Chachapoyas, 2015*. Repositorio Universidad Nacional "Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas". <https://doi.org/10.14039/3040/MONOGRAF%20-%20CORONEL%20CORONEL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



77/657/EFICIENCIA%20DEL%20JACINTO%20DE%20AGUA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Cuichán, J. (2022). *Tratamiento de lixiviados del relleno sanitario "Romerillos" del Cantón Mejía, Provincia de Pichincha, mediante coagulación - floculación con cloruro férrico*. Repositorio Escuela Politécnica Nacional. <https://doi.org/https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/23015/3/CD%2012434.pdf>
- Delgado, P., & Rocha, W. (2019). *Eficiencia de remoción de contaminantes de lixiviados generado en un relleno sanitario, mediante un biodigestor y humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal a través de la especie macrófita emergente carrizo (phragmites australis)*. Repositorio Universidad Peruana Unión. <https://doi.org/http://hdl.handle.net/20.500.12840/1942>
- Fernández, A. (2014). *Tratamiento de los lixiviados del relleno sanitario del cantón Yantzaza mediante el proceso de fitorremediación con las especies pasto aleman (echinochloa polystachya) y jacinto de agua (eichhornia crassipes)*. Zamorra-Ecuador: Repositorio Universidad Nacional de Loja. <https://doi.org/http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/13923>
- Gómez, E. (2018). *Afectaciones ambientales de los lixiviados generados en los rellenos sanitarios sobre el recurso agua*. Repositorio Universidad Industrial de Santander. <https://doi.org/http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2018/173184.pdf>
- Hernández, R., & Fernández, C. (2018). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGRAW-HILL.
- Hoffmann, H., Platzer, C., Winker, M., & Muench, E. (2011). *Revisión técnica de humedales artificiales de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas grises y aguas domésticas*. Agencia De Cooperación Internacional De Alemania, GIZ. <https://doi.org/https://ecotec.unam.mx/wp-content/uploads/Revision-T--cnica-de-Humedales-Artificiales.pdf>
- Justino, G., & Mostaccero, Y. (2019). *Tratamiento de lixiviados mediante humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial con especies Cyperus papyrus*



- (*Papiro*) y *Scirpus californicus* (*Totora*) del relleno sanitario de Urubamba, Cusco. Cusco-Perú: Universidad Cesar Vallejo.
- López, R. (2015). *Evaluación de la producción de lixiviados en vertederos de residuos sólidos urbanos: métodos disponibles y aplicación a vertederos de cuencas mediterráneas*. Universidad Politécnica de Valencia. <https://doi.org/http://hdl.handle.net/10251/65724>
- Lujan, A., & Sánchez, G. (2020). *Eficiencia de humedales artificiales en el tratamiento de lixiviados generados en la planta de residuos solidos, Cajamarca - 2020*. Cajamarca-Perú: Universidad Privada del Norte.
- Manayay, J., & Alvarado, J. (2020). *Uso de la eichhornia crassipes (Jacinto de agua) para el tratamiento de aguas residuales domésticas en humedales artificiales*. Repositorio Universidad César Vallejo. [https://doi.org/https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/60126/Alvarado\\_CJ-Manayay\\_PJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://doi.org/https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/60126/Alvarado_CJ-Manayay_PJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Morales, Y. (2006). *Caraterización fisicoquímica de los lixiviados del relleno sanitario "bordo poniente"*. Repositorio Instituto Politécnico Nacional Unidad Profesional Interdisciplinaria De Biotecnología. <https://doi.org/https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/14609/yolandamorales.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Moschella, P. (2012). *Variación y protección de humedales costeros frente a procesos de urbanización: casos Ventanilla y Puerto Viejo*. Repositorio Pontificia Universidad Católica Del Perú. [https://doi.org/https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/4527/MOSCHELLA\\_MILOSLAVICH\\_PAOLA\\_VARIACION.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://doi.org/https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/4527/MOSCHELLA_MILOSLAVICH_PAOLA_VARIACION.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Pereira, A., Lopes, T., Heloise, K., Costa, M., Aparecida, S., & Teresinha, L. (2018). *Efficiency of a pilot system using wetlands in the post-treatment of the leachate generated in the Curitiba Landfill, Curitiba, Paraná, Brazil*. Eng Sanit Ambient. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/S1413-4152201894495>



- Rivera, F., & Arévalo, K. (2015). *Dimensionamiento de un humedal artificial como alternativa para el tratamiento de las aguas residuales en la Universidad Nacional De Ucayali*. Repositorio Universidad Nacional De Ucayali. <https://doi.org/http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/2303/000002057T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rodríguez, J. (2003). *Determinación y evaluación de sitios para la disposición final de residuos sólidos municipales en el reserva de la biosfera el vizcaíno, B. C. S.* Repositorio Centro de Investigación Biológicas del Noreste, S. C. [https://doi.org/https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/388/1/rodriguez\\_j.pdf](https://doi.org/https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/388/1/rodriguez_j.pdf)
- Rodríguez, J., Cervantes, F., Arámbulo, G., & Mariscal, L. (2022). *Water hyacinth (Eichhornia crassipes): A review*. Universidad de Costa Rica. <https://doi.org/https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/44201>
- Salazar, F. (2023). *"Aplicación de humedales construidos como sistema de tratamiento descentralizado para aguas residuales domésticas en Perú"*. Repositorio Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://doi.org/https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5860/salazar-torreblanca-fiorela-virginia.pdf?sequence=1>
- Sánchez, W. (2019). *"Evaluación de los lixiviados generados en el botadero de carhuashjirca y los impactos ambientales generados en la quebrada Vientojirca-Independencia-Huaraz-Ancash.2018"*. Repositorio Universidad Nacional "Santiago Antúnez De Mayolo". [https://doi.org/http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/4239/T033\\_70604812\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://doi.org/http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/4239/T033_70604812_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Suero, D. (2022). *Manejo de lixiviado de la fracción orgánica de los residuos sólidos del relleno sanitario de Anta, Cusco, Perú*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Ticona, C. (2022). *Remoción de materia orgánica de los lixiviados del botadero municipal de Cancharani de Puno con Azolla Filiculoides (Helecho de agua)*



*y Nasturium officinales (Berro) a escala de laboratorio.* Universidad Andina  
Néstor Cáceres Velásquez.

Verma, S., Mishra, R., Pandit, B., Chatterjee, A., Jadhav, S., Gaoture, P., & Sarode, P. (2015). *Treatment of landfill leachate by phytoremediation.* International Journal of Engineering Research and General Science Volume 3. <https://doi.org/http://pnrsolution.org/Datacenter/Vol3/Issue3/162.pdf>

Vilar, A. (2015). *Evaluación del tratamiento integral del lixiviado de vertedero de residuos sólidos urbanos.* Universidad Da Coruña. <https://doi.org/http://hdl.handle.net/2183/16182>



# ANEXOS



Anexo 1: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	METODOLOGIA
<b>General</b>	<b>General</b>	<b>General</b>	<b>Independiente</b>				
¿Cómo el humedal tipo francés afecta la variabilidad de remoción de la materia orgánica de lixiviados del botadero Pinayani de la provincia de Azángaro?	Evaluar el humedal tipo francés en la remoción de la materia orgánica de lixiviados del botadero Pinayani de la provincia de Azángaro	El humedal tipo francés posee un efecto positivo en la remoción de la materia orgánica de lixiviados del botadero Pinayani de la provincia de Azángaro	Humedal tipo francés	Tiempo de retención	Tiempo 6-8-10-12	días	
				<i>Eichhornia crassipes</i>	Biomasa 18	und	<b>Diseño de investigación</b> Experimental
<b>Específicas</b>	<b>Específicas</b>	<b>Específica</b>	<b>Dependiente</b>				
¿Cuánto es la concentración inicial de materia orgánica de lixiviados del botadero Pinayani de la provincia de Azángaro?	Determinar la concentración inicial de la materia orgánica de lixiviados del botadero Pinayani de la provincia de Azángaro	La concentración inicial de la materia orgánica de lixiviados sobrepasa los valores 20 mg/l DBO5 y 120 mg/l DQO en el botadero Pinayani de la provincia de Azángaro		Contenido de materia orgánica Inicial	DBO5 DQO	mg/L mg/L	<b>Tipo de investigación</b> Aplicada  <b>Nivel de investigación</b> Explicativo
¿Cuál es el tiempo de retención óptimo del humedal tipo francés para la remoción de la materia orgánica de lixiviados del botadero Pinayani?	Identificar el tiempo de retención óptimo en el humedal tipo francés para la remoción de la materia orgánica de lixiviados del botadero Pinayani	El tiempo de retención óptimo del humedal tipo francés será mayor a los 8 días, en la remoción de la materia orgánica de lixiviados del botadero Pinayani.	Remoción de la materia orgánica de lixiviados	Porcentaje de remoción	DBO5 DQO	% %	<b>Enfoque</b> cuantitativo
¿Cuál será el porcentaje de remoción de la materia orgánica de lixiviados del botadero Pinayani aplicando el humedal tipo francés?	Determinar el porcentaje de remoción de la materia orgánica de lixiviados del botadero Pinayani aplicando el humedal tipo francés	El porcentaje de remoción de la materia orgánica de lixiviados del botadero Pinayani será superior al 70% aplicando el humedal tipo francés					

Nota. Elaboración propia

## Anexo 2

### *Pruebas Fotográficas*

#### **Foto 01.**

#### *Disposición de lixiviado en el botadero Pinayani*

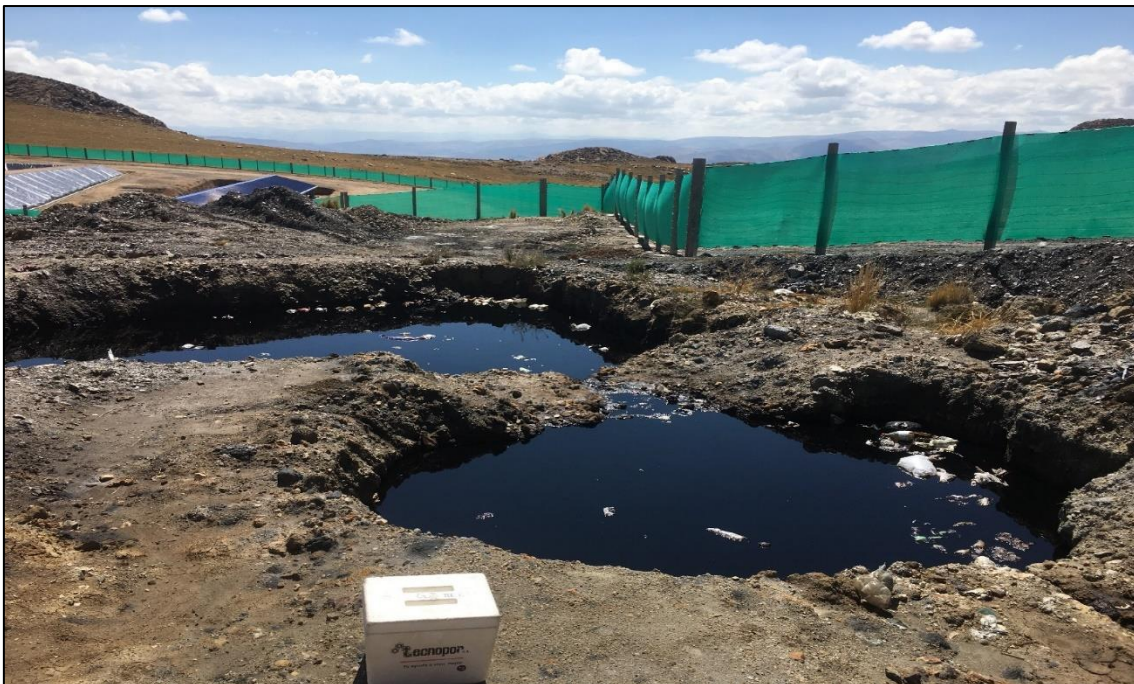


Foto 02.

*Toma y conservación de muestras del lixiviado*



**Foto 03.**

*Construcción de humedal francés*



**Foto 04.**

*Acondicionamiento de insumos*



Foto 05.

Tratamiento y muestreo de lixiviados



**Foto 06.**

*Análisis de la M.O. del lixiviado en el laboratorio*





### Anexo 3.

Referencia de la zona en estudio








## Anexo 5.

### Resultados del análisis en laboratorio



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL  
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

---

**RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS**

**INFORME N° LCA078**

**I. DATOS DEL SERVICIO**

---

1.1. Solicitante : Max Alderson Apaza Quispe

1.2. Proyecto : HUMEDAL TIPO FRANCÉS PARA LA REMOCIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA DE LIXIVIADOS DEL BOTADERO PINAYANI DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO.

**II. DATOS DEL ENSAYO**

---

2.1. Producto : Agua residual

2.2. Numero de muestras: 10

2.3. Muestreado por : Max Alderson Apaza Quispe


2.4. Fecha de ensayo : 28/09/2023-28/12/2023

2.5. Departamento : Puno

2.6. Provincia : Azángaro

2.7. Distrito : Azángaro

2.8. Código, ubicación, fecha y hora de muestreo



Código	Punto de monitoreo y/o coordenada	Fecha de monitoreo	Hora de monitoreo
MLI - 01	E: 368133 N: 8347460	28/09/2023	9:40 a.m.
MLI - 02	E: 368133 N: 8347460	7/10/2023	9:30 a.m.
MLI - 03	E: 368133 N: 8347460	17/10/2023	9:35 a.m.
MLI - 04	E: 368133 N: 8347460	27/20/2023	9:30 a.m.
MLI - 05	E: 368133 N: 8347460	6/11/2023	9:20 a.m.
MLI - 06	E: 368133 N: 8347460	16/11/2023	9:28 a.m.
MLI - 07	E: 368133 N: 8347460	27/11/2023	9:30 a.m.
MLI - 08	E: 368133 N: 8347460	7/12/2023	9:15 a.m.
MLI - 09	E: 368133 N: 8347460	18/12/2023	9:10 a.m.
MLI - 10	E: 368133 N: 8347460	28/12/2023	9:38 a.m.

N°B.E.: 00206453  
Página 1 de 4



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL  
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

### III. RESULTADOS

Nº	CODIGO DE MUESTRA	DBO5 (mg/L)	DQO (mg/L)	pH
1	MLI - 01	450.3	2304	8.05
2	MLI - 02	460.2	2400	7.85
3	MLI - 03	470.6	2500	7.92
4	MLI - 04	430.4	2201	8.02
5	MLI - 05	390.3	2015	7.85
6	MLI - 06	440.3	2250	7.93
7	MLI - 07	420.8	2150	8.04
8	MLI - 08	400.2	2080	7.87
9	MLI - 09	430.7	2205	7.92
10	MLI - 10	410.6	2103	7.86

### IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005

Juliaca, 05 de enero del 2024

UNIVERSIDAD ANDINA  
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ



Mgtr. Ing. Milthon Quispe Huanca  
CIP. 47790  
LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL FICP

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
E.P. INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



Ing. Karen Kelly Quispe Quispe  
ASISTENTE - LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL

NºB.E.: 00206453  
Página 2 de 4



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL  
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

### RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS INFORME Nº LCA089

#### I. DATOS DEL SERVICIO

1.1. **Solicitante** : Max Alderson Apaza Quispe

1.2. **Proyecto** : HUMEDAL TIPO FRANCÉS PARA LA REMOCIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA DE LIXIVIADOS DEL BOTADERO PINAYANI DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO.

#### II. DATOS DEL ENSAYO

2.1. **Producto** : Agua residual

2.2. **Numero de muestras**: 08

2.3. **Muestreado por** : Max Alderson Apaza Quispe

2.4. **Fecha de ensayo** : 02-15/12/2023

2.5. **Departamento** : Puno

2.6. **Provincia** : San Román

2.7. **Distrito** : Juliaca

2.8. **Código, ubicación, fecha y hora de muestreo**

Código	Punto de monitoreo y/o coordenada	Fecha de monitoreo Etapa 1	Hora de monitoreo Etapa 1	Fecha de monitoreo Etapa 2	Hora de monitoreo Etapa 2
MLTH1	E: 378001 N: 8287562	02/12/2023	11:00 a.m.	5/12/2023	9:00 a.m.
MLTH2	E: 378001 N: 8287562	04/12/2023	09:00 a.m.	08/12/2023	09:00 a.m.
MLTH3	E: 378001 N: 8287562	05/12/2023	08:20 a.m.	11/12/2023	08:45 a.m.
MLTH4	E: 378001 N: 8287562	09/12/2023	09:00 a.m.	15/12/2023	09:00 a.m.



NºB.E.:00206453

Página 3 de 4



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL  
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

### III. RESULTADOS

Tratamiento	Etapa 1				Etapa 2			
	DBO5 (mg/L)	DQO (mg/L)	pH	T° (°C)	DBO5 (mg/L)	DQO (mg/L)	pH	T° (°C)
MLTH1	403.51	1392	7.22	14.5	384.7	1210	7.31	14
MLTH2	252.04	464	7.09	13	202.5	441.6	7.29	14.3
MLTH3	150.17	416	7.23	15.2	131.3	377	7.35	14.5
MLTH4	94.88	320	7.61	14	76.15	293.2	7.6	13.5

### IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005

Juliaca, 05 de enero del 2024

UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
Mgtr. Ing. Milton Quispe Huanca  
C.I.P. 42790  
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL FICP

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
E.P. INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL  
Ing. Karen Kelly Quispe Quispe  
ASISTENTE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL

N°B.E.: 00206453

Página 4 de 4



Anexo 6.

Solicitud Presentado A La Municipalidad De Azángaro



**MUNICIPALIDAD  
PROVINCIAL DE  
AZÁNGARO**

**GERENCIA  
MUNICIPAL**

**UNIDAD DE  
GESTIÓN DE  
RESIDUOS SÓLIDOS**



**UGRS**

"AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO"

**CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA EL INGRESO AL BOTADERO MUNICIPAL DE PINAYANI DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO**

Yo, Ing. Christian Manuel, LAURA PANCA, identificado con DNI N°72647291, con cargo de SUPERVISOR DE TRATAMIENTO, VALORIZACION Y DISPOSICION FINAL en la UNIDAD DE GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS de la MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE AZÁNGARO – PUNO

**AUTORIZO A:**

El Sr. Bach. Max Alderson, APAZA QUISPE, identificado con DNI N°77430085, proveniente de la escuela profesional de INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL, facultad de INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS de la UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁZQUEZ con código N°16177430085. **A EFECTOS DE QUE PROCEDA CON EL DESARROLLO DE TRABAJO DE INVESTIGACION** (Proyecto de Tesis) denominado "HUMEDAL TIPO FRANCÉS PARA LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE LIXIVIADOS DEL BOTADERO PINAYANI DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO". A fin de así mismo, gestione ante su entidad ya mencionada los tramites correspondiente para dicho trabajo de investigación.

Se otorga la presente a solicitud del interesado para los fines pertinentes.

Azángaro, 20 de setiembre del 2023

**Atentamente,**



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE AZÁNGARO  
UNIDAD DE GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS  
Ing. CHRISTIAN MANUEL LAURA PANCA  
SUPERVISOR DE TRATAMIENTO, VALORIZACION Y DISPOSICION FINAL

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE AZANGARO  
Jr. AZANGARO 160 – Plaza San Bernardo

UNIDAD DE GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS  
OFICINAS DE LA PISCINA MUNICIPAL





### Anexo 7.

### Resolución del Proyecto de investigación



## UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

### RESOLUCIÓN DECANAL 074-2024-D-FICP-UANCV

Julíaca, 08 de abril del 2024

#### VISTOS:

El OFICIO N° 018-2024-D/EPISA/FICP-UANCV, del Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil sobre el pedido de cambio de asesor del perfil de tesis del (la) Bachiller: **MAX ALDERSON APAZA QUISPE**, para optar al Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el tema titulado: **HUMEDAL TIPO FRANCÉS PARA LA REMOCIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA DE LIXIVIADOS DEL BOTADERO PINAYANI DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO**.

#### CONSIDERANDO:

Que, el Bachiller: **MAX ALDERSON APAZA QUISPE**, ha solicitado cambio de asesor del perfil de tesis Titulado: **HUMEDAL TIPO FRANCÉS PARA LA REMOCIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA DE LIXIVIADOS DEL BOTADERO PINAYANI DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO** aprobado con la RESOLUCIÓN DECANAL 932-2023-D-FICP-UANCV de fecha 11 de setiembre de 2023; conformed por los siguientes Docentes:

- **Presidente** : Mgtr. MILTHON QUISPE HUANCA
- **1er Miembro** : Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
- **2do Miembro** : M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
- **Asesor** : Ing. JAVIER ARTURO BOJORQUEZ GANDARILLAS

Que, el director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras ha tomado de conocimiento que el **ASESOR** del Proyecto de Investigación el (la) **Ing. JAVIER ARTURO BOJORQUEZ GANDARILLAS** no tiene vínculo laboral en la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, por lo que ha determinado cambiar al **ASESOR** del Proyecto de Investigación, conforme lo establece el reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos e investigación con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, y:

**Estando**, al proveído a la solicitud del ejecutante del proyecto de investigación y el documento de vistos, el director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, mediante el cual informa la designación de nuevo **ASESOR**; el mismo que deberá actuar según el Reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**Estando**, en la opinión favorable del responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, en concordancia al Reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

#### SE RESUELVE:

**ARTICULO PRIMERO** - APROBAR, el cambio del asesor del Proyecto de Investigación presentado por el Bachiller: **MAX ALDERSON APAZA QUISPE** con el tema titulado: **HUMEDAL TIPO FRANCÉS PARA LA REMOCIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA DE LIXIVIADOS DEL BOTADERO PINAYANI DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO**, para optar al Título Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, se le asigna como:

- **ASESOR** : Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

**ARTICULO SEGUNDO** - RECONOCER como **ASESOR** del proyecto de investigación al docente ordinario de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**.

**ARTICULO TERCERO** - Disponer a los miembros del Jurado Calificador designados, dar continuidad al trámite de evaluación y calificación del Proyecto de Investigación, trabajo de tesis o sustentación de tesis, según sea el caso que se encuentre cada expediente. Quedando válido en sus demás disposiciones la Resolución decanal de aprobación de proyecto de investigación, que se mencionan en el considerando.

**ARTICULO CUARTO** - La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el responsable del comité de investigación y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, el secretario Académico de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

08  
abril de 2024  
resolución 074



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. EFRAIN PARILLO SOSA  
SECRETARIO ACADÉMICO  
CIP. 95531



ANEXO 1  
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS  
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN  
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 25/04/2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: MAX ALDERSON APAZA QUISPE

Dirección: Jr. ENRIQUE MEIGGS N° 374 - JULIACA

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 77430085

Teléfono: 953757022 email: maxaldersonap@gmail.com

Nombres y Apellidos: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_ email: \_\_\_\_\_

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍA Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

Asesor: Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación  Tesis  Trabajo de Suficiencia Profesional  Trabajo Académico

Título: HUMEDAL TIPO FRANCÉS PARA LA REMOCIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA DE

LIXIVIADOS DEL BOTADERO PINAYANI DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO

Palabras claves, (3 a 5 términos): humedal francés, materia orgánica, lixiviados, remoción

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV <sup>1,2</sup>?

1,2

<sup>1</sup> Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.

<sup>2</sup> Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

Bachiller  Titulo  2da Especialidad  Maestría  Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.  
 Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): \_\_\_\_\_  
 No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

Sí autorizo  
 No autorizo



**Jurisdicción de su Licencia**

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción “internacional” o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción “internacional” emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción “internacional” goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: SANEAMIENTO AMBIENTAL – P22

  
Firma de Autor



huella digital

25 de septiembre del 2024

Fecha