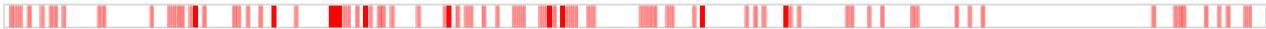


16.6%



Fecha: 2023-11-08 22:29 UTC

* Todas las fuentes 100 | Fuentes de internet 7 | Biblioteca Anti-plagio de PlagScan 93

- [0] repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8207/tesis204.pdf?sequence=1
3.8% 19 resultados

- [1] de un documento PlagScan fechado del 2020-12-15 13:58
2.8% 25 resultados

- [2] de un documento PlagScan fechado del 2020-07-22 16:41
2.6% 24 resultados

- [3] de un documento PlagScan fechado del 2018-11-30 01:20
2.9% 19 resultados

- [4] de un documento PlagScan fechado del 2019-04-15 16:16
2.5% 24 resultados

- [5] de un documento PlagScan fechado del 2020-12-11 22:34
2.1% 23 resultados

- [6] de un documento PlagScan fechado del 2020-12-13 16:06
2.1% 15 resultados

- [7] de un documento PlagScan fechado del 2019-01-10 15:49
2.4% 20 resultados

- [8] de un documento PlagScan fechado del 2017-12-04 21:23
2.0% 17 resultados

- [9] de un documento PlagScan fechado del 2018-11-15 02:23
1.6% 18 resultados

- [10] de un documento PlagScan fechado del 2018-10-23 10:53
1.8% 15 resultados

- [11] de un documento PlagScan fechado del 2020-12-01 19:23
1.4% 15 resultados

- [12] de un documento PlagScan fechado del 2020-07-22 17:01
1.7% 12 resultados

- [13] de un documento PlagScan fechado del 2020-12-07 17:26
1.5% 18 resultados

- [14] de un documento PlagScan fechado del 2020-12-15 00:06
1.7% 15 resultados

- [15] de un documento PlagScan fechado del 2018-05-29 18:41
1.6% 15 resultados
 2 documentos con coincidencias exactas

- [18] de un documento PlagScan fechado del 2020-12-13 20:52
1.7% 11 resultados

- [19] de un documento PlagScan fechado del 2020-07-20 04:46
1.2% 13 resultados

- [20] de un documento PlagScan fechado del 2021-07-17 00:56
1.4% 15 resultados

- [21] de un documento PlagScan fechado del 2020-12-13 19:31
1.3% 13 resultados

- [22] de un documento PlagScan fechado del 2020-12-06 03:12
1.0% 13 resultados

- [23] de un documento PlagScan fechado del 2020-01-08 22:13
1.2% 15 resultados

- [24] de un documento PlagScan fechado del 2020-12-01 19:23
1.2% 14 resultados

- [25] de un documento PlagScan fechado del 2020-06-30 04:25
1.2% 13 resultados

- de un documento PlagScan fechado del 2020-07-22 17:00

- [26]  de un documento PlagScan fechado del 2020-07-22 21:00
1.2% 14 resultados

- [27]  de un documento PlagScan fechado del 2020-12-11 03:39
1.2% 11 resultados

- [28]  de un documento PlagScan fechado del 2020-12-13 20:52
1.1% 14 resultados

- [29]  [www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Boletin Tecnologia EM.pdf](http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Boletin_Tecnologia_EM.pdf)
1.3% 13 resultados
 1 documento con coincidencias exactas

- [31]  de un documento PlagScan fechado del 2020-12-13 23:05
1.2% 11 resultados

- [32]  de un documento PlagScan fechado del 2020-12-09 20:30
1.0% 11 resultados

- [33]  de un documento PlagScan fechado del 2019-08-27 13:37
1.2% 13 resultados

- [34]  de un documento PlagScan fechado del 2020-07-22 16:35
0.9% 10 resultados

- [35]  de un documento PlagScan fechado del 2020-01-28 21:41
1.0% 15 resultados

- [36]  de un documento PlagScan fechado del 2018-01-16 22:06
1.2% 8 resultados

- [37]  www.tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/19117/Capitulo2.pdf
1.1% 11 resultados

- [38]  scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382017000300008
1.4% 10 resultados

- [39]  de un documento PlagScan fechado del 2018-01-17 19:17
1.0% 8 resultados

- [40]  de un documento PlagScan fechado del 2018-09-13 18:24
1.0% 10 resultados

- [41]  de un documento PlagScan fechado del 2020-06-03 22:58
0.8% 10 resultados

- [42]  de un documento PlagScan fechado del 2020-10-17 17:16
0.8% 10 resultados

- [43]  de un documento PlagScan fechado del 2021-03-08 08:45
0.9% 10 resultados

- [44]  de un documento PlagScan fechado del 2020-05-27 14:01
0.6% 9 resultados

- [45]  de un documento PlagScan fechado del 2021-07-05 01:09
0.7% 8 resultados

- [46]  de un documento PlagScan fechado del 2020-12-12 01:26
0.6% 7 resultados

- [47]  de un documento PlagScan fechado del 2023-05-11 13:21
0.7% 8 resultados
 1 documento con coincidencias exactas

- [49]  de un documento PlagScan fechado del 2020-09-18 22:28
0.7% 9 resultados

- [50]  de un documento PlagScan fechado del 2020-12-13 19:26
0.7% 7 resultados

- [51]  de un documento PlagScan fechado del 2018-06-04 18:31
0.6% 6 resultados

- [52]  de un documento PlagScan fechado del 2021-01-29 11:56
0.7% 8 resultados

- [53]  de un documento PlagScan fechado del 2020-10-06 15:43
0.6% 6 resultados

- [54]  www.unheval.edu.pe/portal/wp-content/uploads/2021/06/LIBRO-MICROORGANISMOS-EFICACES.pdf
0.7% 8 resultados

- [55]  de un documento PlagScan fechado del 2019-03-04 17:32
0.6% 9 resultados

- [56]  de un documento PlagScan fechado del 2023-01-26 23:15
0.7% 7 resultados

- [57]  de un documento PlagScan fechado del 2020-01-24 15:59
0.6% 7 resultados

- [58]  de un documento PlagScan fechado del 2017-11-08 17:42
0.6% 5 resultados

- [59]  de un documento PlagScan fechado del 2018-09-15 20:43
0.6% 8 resultados

- [60]  de un documento PlagScan fechado del 2023-03-10 10:36
0.5% 6 resultados

- [61]  de un documento PlagScan fechado del 2020-04-08 18:27
0.6% 6 resultados
 1 documento con coincidencias exactas

- [63]  de un documento PlagScan fechado del 2021-02-17 00:40
0.5% 6 resultados

- [64]  de un documento PlagScan fechado del 2022-07-16 02:41
0.7% 10 resultados

- [65]  de un documento PlagScan fechado del 2018-09-18 20:39
0.4% 5 resultados

- [66]  de un documento PlagScan fechado del 2020-11-22 11:08
0.4% 6 resultados

- [67]  es.wikipedia.org/wiki/Tratamiento_secundario
0.4% 5 resultados

- [68]  de un documento PlagScan fechado del 2022-05-31 19:51
0.4% 5 resultados

- [69]  de un documento PlagScan fechado del 2019-02-08 13:32
0.3% 7 resultados

- [70]  de un documento PlagScan fechado del 2017-02-09 00:24
0.4% 6 resultados

- [71]  de un documento PlagScan fechado del 2021-03-14 22:41
0.5% 4 resultados

- [72]  de un documento PlagScan fechado del 2020-12-17 23:54
0.3% 5 resultados
 1 documento con coincidencias exactas

- [74]  de un documento PlagScan fechado del 2023-03-13 13:49
0.4% 6 resultados

- [75]  de un documento PlagScan fechado del 2021-03-19 01:10
0.5% 6 resultados

- [76]  de un documento PlagScan fechado del 2019-09-10 17:40
0.5% 4 resultados

- [77]  de un documento PlagScan fechado del 2020-12-05 04:12
0.4% 3 resultados

- [78]  de un documento PlagScan fechado del 2020-11-28 03:09
0.4% 3 resultados

- [79]  de un documento PlagScan fechado del 2021-10-26 18:43
0.4% 4 resultados

- [80]  de un documento PlagScan fechado del 2020-12-03 15:36
0.4% 5 resultados

- [81]  de un documento PlagScan fechado del 2020-01-21 21:03
0.5% 7 resultados

- [82]  de un documento PlagScan fechado del 2020-10-15 00:59
0.4% 5 resultados
 1 documento con coincidencias exactas

<input checked="" type="checkbox"/>	[84]	 de un documento PlagScan fechado del 2018-08-17 13:39 0.3% 5 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[85]	 de un documento PlagScan fechado del 2017-02-09 23:01 0.4% 6 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[86]	 de un documento PlagScan fechado del 2020-12-12 22:28 0.4% 6 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[87]	 de un documento PlagScan fechado del 2019-07-30 13:58 0.3% 4 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[88]	 de un documento PlagScan fechado del 2021-11-16 19:09 0.3% 4 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[89]	 de un documento PlagScan fechado del 2021-08-27 17:16 0.3% 5 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[90]	 de un documento PlagScan fechado del 2017-12-31 18:16 0.3% 5 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[91]	 scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852019000200093 0.5% 4 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[92]	 de un documento PlagScan fechado del 2022-07-09 04:28 0.3% 5 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[93]	 de un documento PlagScan fechado del 2021-08-31 03:30 0.3% 4 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[94]	 de un documento PlagScan fechado del 2018-11-09 14:50 0.3% 4 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[95]	 de un documento PlagScan fechado del 2022-07-09 00:22 0.5% 6 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[96]	 de un documento PlagScan fechado del 2020-12-15 03:22 0.3% 4 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[97]	 de un documento PlagScan fechado del 2018-11-30 02:52 0.4% 3 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[98]	 de un documento PlagScan fechado del 2020-12-06 15:03 0.3% 3 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[99]	 de un documento PlagScan fechado del 2018-08-23 09:16 0.3% 4 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[100]	 de un documento PlagScan fechado del 2020-11-03 21:21 0.3% 3 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[101]	 de un documento PlagScan fechado del 2020-05-18 22:40 0.2% 5 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[102]	 de un documento PlagScan fechado del 2019-04-17 01:30 0.4% 6 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[103]	 de un documento PlagScan fechado del 2018-01-13 13:39 0.3% 4 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[104]	 de un documento PlagScan fechado del 2022-03-25 21:22 0.2% 4 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[105]	 de un documento PlagScan fechado del 2022-03-22 01:04 0.2% 4 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[106]	 de un documento PlagScan fechado del 2020-07-22 16:06 0.3% 3 resultados

48 páginas, 8245 palabras

Nivel del plagio: 16.6% seleccionado / 18.2% en total

129 resultados de 107 fuentes, de ellos 8 fuentes son en línea.

Configuración

Directiva de data: *Comparar con fuentes de internet, Comparar con la Biblioteca Anti-plagio de PlagScan*

Sensibilidad: *Media*

Bibliografía: *Considerar Texto*

Detección de citas: *Reducir PlagLevel*

Lista blanca: --

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos

**EFECTO DE MICROORGANISMOS EFICACES SOBRE LA
CONCENTRACIÓN DE FOSFATOS EN LOS LODOS DE
SEDIMENTACIÓN DEL TANQUE IMHOFF EN EL DISTRITO DE
LLACANORA – CAJAMARCA, 2022.**

Bach. Yasue Moises Gallardo Maita

Asesor:

Ing. Dr. Persi Vera Zelada

Cajamarca – Perú

Octubre – 2022

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos

**EFFECTO DE MICROORGANISMOS EFICACES SOBRE LA
CONCENTRACIÓN DE FOSFATOS EN LOS LODOS DE
SEDIMENTACIÓN DEL TANQUE IMHOFF EN EL DISTRITO DE
LLACANORA – CAJAMARCA, 2022.**

Tesis presentada en cumplimiento parcial de los requerimientos para optar el
Título Profesional de Ingeniero Ambiental y Prevención de Riesgos

Bach. Yasue Moises Gallardo Maita

Asesor: Ing. Dr. Persi Vera Zelada

Cajamarca – Perú

Octubre – 2022

COPYRIGHT © 2022 by

YASUE MOISES GALLARDO MAITA

Todos los derechos reservados

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO.

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y

PREVENCIÓN DE RIESGOS

APROBACIÓN DE TESIS PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL

**EFFECTO DE MICROORGANISMOS EFICACES SOBRE LA
CONCENTRACIÓN DE FOSFATOS EN LOS LODOS DE SEDIMENTACIÓN
DEL TANQUE IMHOFF EN EL DISTRITO DE LLACANORA –
CAJAMARCA, 2022.**

Presidente: _____

Secretario: _____

Vocal: _____

Asesor: _____

DEDICATORIA

A mis amados padres, pareja e hija por la constante motivación y el apoyo incondicional brindado a lo largo de mi desarrollo profesional.

AGRADECIMIENTOS

- A mis familiares cercanos por brindarme el apoyo emocional y fortaleza para seguir adelante en mis metas.
- A mi pareja e hija por incentivar la disciplina en mi desarrollo profesional y laboral de manera constante.
- Al Dr. Persi Vera Zelada, por la asesoría, soporte académico y tiempo brindado en la presente investigación.
- A los docentes de la universidad Antonio Guillermo Urrelo por la importante guía en nuestro desarrollo profesional.

Resumen:

La presente investigación intitulada “Efecto de microorganismos eficaces sobre la concentración de fosfatos en los lodos de sedimentación del tanque IMHOFF en el distrito de Llacanora – Cajamarca, 2022” cuyo principal objetivo fue determinar el efecto de microorganismos eficaces sobre la concentración de fosfatos en los lodos de sedimentación del tanque IMHOFF en el distrito de Llacanora – Cajamarca, 2022, para ello se trabajó con los lodos de sedimentación del tanque IMHOFF ubicado en el distrito de Llacanora, departamento de Cajamarca. Con respecto a la metodología, se siguió un enfoque cuantitativo y un método de investigación cuasi – experimental, utilizando como técnica a la observación mediante el uso del instrumento llamado cadena de custodia. Asimismo, la muestra se realizó a través del muestreo por conveniencia. Finalmente, para el contraste de la hipótesis se realizó mediante el análisis de varianza ANOVA. Indicando que los microorganismos eficaces ejercen un efecto sobre la concentración de fosfatos.

Abstract:

The present investigation entitled “Effect of effective microorganisms on the concentration of phosphates in the sedimentation sludge of the IMHOFF tank in the district of Llacanora – Cajamarca, 2022” whose main objective was to determine the effect of effective of effective microorganisms on the concentration of phosphates in the sedimentation sludge of the IMHOFF tank the district of Llacanora – Cajamarca, 2022, for this I´m worked with the sedimentation sludge from the IMHOFF tank located in the district of Llacanora, department of Cajamarca. Regarding the methodology, a quantitative approach and a quasi-experimental research method were followed, using observation as a technique through the use of the instrument called chain of custody. Likewise, the sample was a carried out through convenience sampling. Finally, to contrast the hypothesis, it was carried out using ANOVA analysis of variance. where the value is greater than 0.5, showing a normal distribution. Indicating that effective microorganisms exert an effect on the concentration of phosphates.

ÍNDICE

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	12
1.1. Planteamiento del problema	12
1.1.1. Formulación de la realidad problemática	12
1.1.2. Formulación del problema	14
1.1.3. Objetivos	14
1.1.4. Justificación e importancia	15
1.1.5. Limitaciones	16
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	17
2.1. Fundamentos teóricos de la investigación	17
2.1.1. Antecedentes teóricos	17
2.2. Teorías que sustentan la investigación	24
2.3. Discusión teórica	28
2.3.1. Microorganismos eficaces	28
2.3.2. Sedimentación de lodos	30
2.4. Definición de términos básicos	33
2.5. Hipótesis De La Investigación	35
2.6. Operacionalización de variables	35
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	37
3.1. Tipo de investigación	37
3.2. Diseño de investigación	37
3.3. Área de investigación	38
3.4. Población	39
3.5. Muestra	39
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	39
3.6.1. Técnicas	39
3.6.2. Instrumentos	41
3.6.3. Metodología	41
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
4.1. Presentación de los resultados	44
4.2. Discusión de resultados	54
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
5.1. Conclusiones	57
5.2. Recomendaciones	57

REFERENCIAS	59
ANEXOS	66

Índice de Tablas

Tabla 1 Operacionalizacion de variables	35
Tabla 2 Resultados de la concentración de fosfatos.....	44
Tabla 3 Procesamiento de casos.....	46
Tabla 4 Descriptivos estadísticos	47
Tabla 5 Pruebas de normalidad	48
Tabla 6 Resultados de los ensayos y replicas	51
Tabla 7 Tabla ANOVA	52
Tabla 8 Diferencias muestrales	54

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

1.1.1. Formulación de la realidad problemática

De acuerdo a Bejarano et al. (2018) mencionan que durante los últimos años el consumo del agua contaminada ha provocado que 1 800 millones de personas en el mundo corran el riesgo de padecer enfermedades como diarrea, polio, el cólera o disentería cada año, causando 502 000 muertes anualmente, por esta razón el uso el tratamiento de aguas residuales domésticas ha tomado gran importancia durante los últimos años, con el fin de reaprovechar este recurso, cumpliendo con los estándares exigidos por las normativas internacionales, para ello, se utilizan microorganismos eficaces para el tratamiento de estas aguas, a fin de minimizar las diversas problemáticas causadas por el mal manejo de las mismas. Por lo que, los microorganismos han sido de gran ayuda frente al problema ambiental de contaminación de las aguas, todo ello debido a que, estos utilizan los compuestos de los contaminantes como fuente de energía y carbono para su desarrollo, de esta manera, generan que haya menos concentraciones en el agua (Cardona & García , 2018).

A nivel Nacional en Perú existen 202 plantas de tratamiento de aguas residuales, de las cuales 171 se encuentran operativas, siendo el 85% de ellas las que estas cumpliendo con su función de remover las partículas contaminantes de las aguas residuales, ello con el fin de evitar la contaminación de las fuentes naturales de agua como ríos, lagos, mares; sin embargo, una de las problemáticas que se ha identificado ha sido que

algunas plantas de tratamiento no cuentan con las condiciones apropiadas para el desarrollo de microorganismos eficaces en su sistema de lodos activados, dando como resultado una disminución en la eficiencia del proceso de tratamiento del agua residual afectando la mejora de la calidad de agua (Galán, 2018). Además, se menciona que la cobertura del servicio de saneamiento fue del 68%, lo que significa 1000 000 000 de m³ de aguas residuales aproximadamente, teniendo que solo el 15 % representa a las zonas rurales, donde no se ha dado gran cobertura por parte de las autoridades para implementar plantas de tratamiento que sean beneficiosas para la población (Vigo, 2020).

A nivel local, Acosta (2018) menciona que estos tienen un efecto positivo en el proceso de depuración de las aguas residuales en condiciones altoandinas; sin embargo, en Cajamarca las aguas residuales no reciben ningún tratamiento antes de ser descargadas directamente en las corrientes y cuerpos superficiales de agua; debido a la inoperatividad de la planta de tratamiento existente de la ciudad de Cajamarca desde el año 2008, es así que las aguas residuales son descargadas directamente al río San Lucas y consecuentemente al río Mashcon alterando su calidad y generando problemas ambientales. Por ello, se deben buscar mecanismos, que ayuden a resolver esta problemática, construyendo sistemas de tratamiento de aguas que tengan una evaluación técnica, social, ambiental y económica que logren ayudar a resolver estos inconvenientes y de esta manera mejorar la calidad de vida de los habitantes del sector.

En el distrito de Llacanora, específicamente en el tanque IMHOFF se ha evidenciado una preocupante realidad problemática puesto que el municipio de esa localidad no manifiesta preocupación en procedimientos realizados para la estabilización de lodos por lo cual no poseen las propiedades ideales para ser utilizados como abono en cultivos y el empleo de microorganismos eficaces facilitaría la estabilización. Por otro lado, estos lodos al ser aplicados de manera directa a los cultivos, los contaminantes como el fósforo son arrastrados en época de lluvias a través de las escorrentías y erosión, causando eutrofización en las aguas superficiales, a ello se superpone el vertimiento de la planta de la PTARD del distrito de Llacanora, Cajamarca (Gallardo, 2022).

1.1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el efecto de microorganismos eficaces sobre la concentración de fosfatos en los lodos de sedimentación del tanque IMHOFF en el distrito de Llacanora – Cajamarca, 2022?

1.1.3. Objetivos

1.1.3.1. Objetivo General

Determinar el efecto de microorganismos eficaces sobre la concentración de fosfatos en los lodos de sedimentación del tanque IMHOFF en el distrito de Llacanora – Cajamarca, 2022.

1.1.3.2. Objetivos específicos

- Analizar la concentración de fosfatos en los lodos de sedimentación del tanque IMHOFF en el distrito de Llacanora – Cajamarca, 2022.
- Realizar el tratamiento sobre la concentración de fosfatos en lodos de sedimentación del tanque IMHOFF con microorganismos eficaces en el distrito de Llacanora – Cajamarca, 2022.
- Evaluar la concentración de fosfatos en los lodos de sedimentación del tanque IMHOFF, después del tratamiento con microorganismos eficaces distrito de Llacanora – Cajamarca, 2022

1.1.4. Justificación e importancia

Esta investigación resulta de vital importancia pues pretende medir el efecto de microorganismos eficaces en la concentración de fosfatos en los lodos de sedimentación del tanque IMHOFF en el distrito de Llacanora mejorando así la condición de vida de los pobladores de dicho sector al percibir un beneficio notorio en la calidad de sus aguas, cosechas y su salubridad.

La problemática que se desea resolver es la reducción en la concentración de fosfatos en dichos lodos pues de persistir la condición problemática afectaría drásticamente la calidad del agua del sector la Banda y por ende de los pobladores de este distrito pues factores como las precipitaciones causarían la llegada de fosfatos a los ríos lo cual originaría

eutrofización de las aguas superficiales y como impacto alterno sus cultivos serán percibidos como insalubres (no aptos para consumo) por la falta de estabilización de los lodos de sedimentación afectando de manera negativa su economía.

La pertinencia de la presente investigación se sustenta en determinar la concentración de fosfatos en los lodos de sedimentación del tanque IMHOFF en el distrito de Llacanora para la aplicación de la cantidad adecuada de microorganismos; además de conocer cuál es el efecto que se evidenciará en la muestra estimada.

1.1.5. Limitaciones

El factor limitante más importante es la escasa información bibliográfica en el presente tema a investigar, específicamente en el efecto de microorganismos eficaces en lodos de sedimentación.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Fundamentos teóricos de la investigación

2.1.1. Antecedentes teóricos

Nivel Internacional

El autor Méndez (2021) realizó un estudio sobre “Biorremediación de carbamazepina por hongos y bacterias en aguas residuales”, compuesto excretado por el cuerpo humano y sus altas cantidades generan un daño al medioambiente y salud pública, por tanto, en el estudio se plantea como objetivo de “identificar tratamientos biológicos con la utilización de microorganismos para la degradación de este compuesto recalcitrante”. Para ello, se realizó un estudio de diseño descriptivo, con enfoque mixto de diferentes bacterias y hongos, analizando el porcentaje de degradación y condiciones necesarias para su degradación. El autor concluyó que los tratamientos convencionales no han sido efectivos a la eliminación de la carbamazepina, siendo tratamientos alternativos con *Labrys portucalensis* F11 y *Trametes versicolor* los más efectivos a la hora de degradar dicho compuesto.

Villarreal, et al. (2018) desarrollo un estudio sobre “Aplicación de bacterias benéficas como modelo experimental para la reducción de sólidos y conductividad en aguas residuales” cuyo objetivo fue “determinar la capacidad de reducción de sólidos suspendidos mediante ensayos de laboratorio”. Para ello, el autor realizó tres ensayos de experimentales en laboratorio de agua residual urbana previamente

recolectada, adicionando *P. aeruginosa* y *P. fluorescens* y observando la variación de concentración de sólidos disueltos pH, conductividad y oxígeno disuelto. Finalmente, el autor concluye que la *P. aeruginosa* tuvo mayor tasa de eficiencia logrando una mayor reducción de los parámetros medidos, lo cual supone una mejor calidad de agua.

Reyes (2004) en su investigación “estabilización de los lodos sépticos que provienen de una comunidad pequeña con microorganismos eficaces (EM)”, cuyo objetivo fue la utilización de microorganismos eficaces (EM) para la estabilización de los lodos sépticos que provienen de un tanque séptico, del comedor de la universidad EARTH. Este estudio se llevó a cabo en dos etapas, donde en la primera etapa incubaron en ausencia de oxígeno muestras de lodo séptico con cinco distintas dosis de EM activado (0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10% v/v), se realizó durante 15 días. Durante la segunda etapa, se seleccionaron 3 tratamientos de la etapa primera (0%, 2,5%, 5% v/v EM Activado). En cuanto a los resultados se obtuvo una diferencia positiva por parte de los tratamientos con tecnología EM, en comparación con el tratamiento sin tecnología EM, donde se observó un cambio significativo en los siguientes parámetros: pH, olor, turbidez, sólidos totales, DBO5, DQO, coliformes, nitrógeno total y nitrógeno amoniacal. Además, se demostró eficacia por parte de la tecnología EM para que estos lodos puedan ser aprovechados en la agricultura como fuente potencial de nutrientes.

Rashed & Massoud (2014) en su estudio “efecto de microorganismos eficaces (EM) en la eliminación mejorada de fósforo

biológico en un sistema de estabilización de contacto modificado”, donde se involucró a una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en Egipto, con el objetivo de investigar el efecto del uso de microorganismos eficaces (EM) como una aplicación de eliminación biológica mejorada de fósforo, en un sistema de lodos activados de estabilización por contacto modificado mediante el uso de un tanque de contacto como zona de absorción de fosforo y un tanque espesador de polvo como una zona de liberación de fosforo. El método de diseño fue experimental. La investigación se llevó a cabo en dos etapas que involucra: zona aeróbica y zona anaeróbica, se inocularon microorganismos eficaces en la zona anaeróbica, para mejorar la fermentación y luego aumentar la liberación de fósforo, lo que resultó en la disminución de la concentración de fósforo en el efluente. La solución de fosforo altamente concentrada en la zona sobrenadante (zona de sedimentación final), quedó en condiciones para comenzar los tratamientos posteriores a su eliminación.

Nivel nacional

Centeno, et al. (2019) realizaron un estudio sobre “Efecto de un consorcio microbiano en la eficacia del tratamiento de aguas residuales, Trujillo, Perú”, cuyo objetivo fue “evaluar el mejor tratamiento de un consorcio de microorganismos compuesto por *Lactobacillus* sp., *Schizosaccharomyces pombe* y bacterias rojas no sulfurosas en el tratamiento de aguas residuales”. Para ello, el autor realizó un estudio con tres ensayos en laboratorio con consorcios bacterianos de 3×10^8 UFC/ml, 9×10^8 UFC/ml y $1,8 \times 10^9$ UFC/ml de concentración y su interacción con el

DBO5. Los resultados indicaron una disminución progresiva de DOB5 en los todos los tratamientos, no obstante, se concluye que el tratamiento 1,8x10⁹ UFC/ml de mayor concentración obtuvo mejores resultados, siendo un tratamiento alternativo a considerar en las PTAR de Trujillo.

Vigo (2020) realizó una investigación sobre “Efecto de Microorganismos Eficaces (EM) en el proceso de depuración de aguas residuales domésticas en condiciones altoandinas”, cuyo objetivo fue “evaluar el efecto de microorganismos eficaces (EM) en el proceso de depuración de aguas residuales domesticas en condiciones altoandinas”. Para ello, se diseñó una investigación pre experimental descriptiva utilizando dos tratamientos aeróbicos y dos anaeróbicos, con y sin microorganismos, utilizando energía solar, donde se monitorearon parámetros de temperatura de los tratamientos, pH, CE y OD, carga orgánica Nitrógeno, Fósforo total y turbiedad en condiciones de altiplano. Los resultados indicaron que todos los tratamientos tuvieron una disminución significativa de los parámetros, no obstante, los tratamientos con microorganismos aeróbico y anaeróbico tuvieron mejores resultados en la remoción de carga orgánica y remoción de nitrógeno respectivamente.

Acuña et al. (2020) realizó un estudio sobre “Evaluación de la remoción de materia orgánica por medio de microorganismos eficaces en el tratamiento de aguas residuales” con el objetivo de “determinar la dosis óptima de microorganismos eficaces, además del tiempo de retención hidráulica TRH que maximiza la remoción de materia orgánica, en la PTAR de Yauli, Huancavelica” por lo cual, la metodología utilizó un

enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, nivel explicativo y un diseño experimental a través de seis tratamientos con diversos niveles de microorganismos y tiempos de retención hidráulicas, y, si bien se observó que todos los tratamientos tuvieron resultados significativos en la remoción DBQ y DQO, se concluye que la dosis de 20 mL de microorganismos eficaces con 33 días de retención hidráulicas posee el mejor resultado con el cumplimiento de normativa sobre LMP en efluentes de PTAR.

Beltrán y Campos (2016) realizan un estudio que abarca la influencia de microorganismos eficaces sobre la calidad de agua y lodo residual, planta de tratamiento de Jauja, cuyo objetivo fue evaluar la aplicación de microorganismos eficaces sobre la calidad de agua y lodo residual en la planta de tratamiento de aguas residuales de Jauja, dicho estudio se llevo a cabo en un area de 21 hectáreas conformado por la calidad de agua residual doméstica del afluente en un punto y el efluente en otro punto, en el caso del lodo residual se realizo en dos lagunas facultativas y en dos lagunas de maduración. En cuanto a la metodología fue usado el método descriptivo-experimental correspondiente a un diseño pre-experimental. Se concluye que en cuanto a lodos residuales se tuvo mayor eficacia de remoción en la concentracion de carga contaminante, en los parametros de coliformes termotolerantes y olor pasado los 60 dias de tratamiento con tecnologia EM.

Valdez (2016) en su investigación sobre la “aplicación de microorganismos eficaces (EM) para el tratamiento de las aguas residuales

domésticas en la localidad de Chucuito”, cuyo objetivo fue comparar y evaluar el efecto de los microorganismos eficaces (EM) sobre los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las aguas residuales domésticas de la planta de tratamiento en la localidad de Chucuito. El método usado fue pre-experimental, donde se realizó los análisis de parámetros físicos, químicos y microbiológicos en el afluente y efluente (PTAR) sin tratamiento y con tratamiento. Finalmente, el estudio concluyó que la tecnología EM tiene un efecto significativo sobre los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, después de 3 meses de tratamiento se consiguió una disminución importante de pH.

Calderón, Huaranca y Díaz (2019) en su investigación “Tratamiento aguas residuales mediante tecnología de microorganismos eficientes – Substanzalla, Ica – Perú” cuyo objetivo fue el análisis del tratamiento de aguas residuales aplicando tecnología de microorganismos eficaces (EM). Para esta investigación se usó el método descriptivo, explicativo de diseño transversal, además del empleo de técnicas de observación, análisis y síntesis. Se concluye en el estudio que el tratamiento con tecnología EM tuvo un efecto propicio en la reducción de BQO, DBO, cloruros, nitratos, dureza total, coliformes totales, después de las 6 semanas de la aplicación, sin embargo, no mostró un efecto superior a otros métodos.

Bejarano y Escobar (2015) en su estudio “Eficiencia del uso de microorganismos para el tratamiento de aguas residuales domésticas en una planta de tratamiento de agua residual” con el objetivo de evaluar la eficiencia del uso de microorganismos para el tratamiento de aguas

residuales domésticas en una planta de tratamiento de agua residual. En esta investigación se usó el método descriptivo cualitativo, el cual se realizó en tres fases: diagnóstica, ejecución y evaluación. Los resultados obtenidos del estudio fueron que el uso de microorganismos permitió una remoción de un 79.8% de carga orgánica en el reactor, lo cual aportó al funcionamiento correcto de la PTARD.

Nivel local

A nivel local, se observa un estudio de (Campos, 2022) sobre “Efecto de *Eichhornia Crassipes* M y *Lemna Minor* L. en la extracción de nitratos, sulfatos y fosfatos en aguas Residuales domésticas de la ciudad de Jaén” cuyo objetivo fue “determinar el efecto de *Eichhornia Crassipes* M. y *Lemna Minor* L. en la extracción de nitratos, sulfatos y fosfatos en aguas residuales domésticas” en cuatro meses, para ello, el autor realizó un estudio experimental de campo en una PTAR local mediante tres tratamientos con las bacterias individualmente y en conjunto, obteniendo como resultado una remoción significativa de nitratos y sulfatos en todos los tratamientos al segundo mes, pero un aumento de sulfatos constante. Finalmente se concluye que se logró una remoción significativa de nitratos y fosfatos, aunque no se consiguieron resultados con sulfatos, además, no existe diferencias significativas al utilizar *Lemna minor* L. por si sola y en conjunto con *Eichhornia Crassipes* M., recomendando el uso de esta última por si sola.

2.2. Teorías que sustentan la investigación

La presente investigación se sustenta con un grupo de teorías y análisis enmarcados en dos ámbitos: los microorganismos eficaces y la sedimentación de lodos.

A. Teoría de los microorganismos eficaces.

Para la primera variable, se propone sin duda, la Teoría y concepto de la efectividad de microorganismos elaborada por el japonés Terou Higa. Él, según Tanya y Leiva (2019), desarrollan un estudio en donde se formula productos líquidos que contienen más de 80 especies de microorganismos (aeróbicos, anaeróbicos y fotosintéticos) capaces de existir en comunidades microbianas. Además, tienen la particularidad de ser benéficas para el tratamiento de aguas negras, reducción de malos olores, manejo de desechos sólidos y líquidos producto de la producción agropecuaria, etc.

Desde esa perspectiva, la teoría en mención busca alternativas naturales en la producción agrícola; sobre todo para contrarrestar los efectos de los agentes agroquímicos usados en suelo de montañas o bosques. También, es útil en la descomposición de la materia orgánica, con el fin de aumentar el contenido del humus. Sobre este punto, Vega et al. (2021) sostienen que los microorganismos producen ácido láctico y otros carbohidratos que incrementan la descomposición de materia orgánica y, por tanto, puede usarse en sedimentación, fragmentación, así como solubilizar la cal y el fosfato de roca. Para que cumpla estas acciones, complementan los autores, no deben

utilizarse de la misma forma que los productos químicos o agrotóxicos; al contrario, debe emplearse con agua clorada en un recipiente o tanque de captación y dejar en reposo, aproximadamente, 12 horas. De esta forma, el cloro se volatilizará y no será contraproducente con los microorganismos.

También la Teoría de los Microorganismos eficaces sostiene que el compuesto es una entidad vida útil para la remediación ambiental y el tratamiento del agua. Romero (2020), al respecto, detalla los efectos benéficos en las distintas aplicaciones. De ellas se menciona la principales: interviene en la mejor del proceso de germinación, desarrollo de los frutos y reproducción de las plantas; evita la contaminación de los suelos y suprime los agentes patógenos causantes de enfermedades; reduce los malos olores; permite la elaboración de abonos con mayor calidad; trata aguas residuales, en especial las de riego; mejora la calidad de los productos orgánicos; y baja las concentraciones de DQO (Demanda química de oxígeno) y DBO (Demanda biológica de oxígeno)

B. Teoría de la sedimentación

Pérez Farra (2015), sostiene que la sedimentación es el proceso natural por el cual las partículas con más peso en el agua y que se encuentran en suspensión, son removidas por consecuencia de la gravedad. Ahora bien, las impurezas que pueden presentar el agua pueden estar en tres estados, y a su vez, los procedimientos para eliminarlos son correspondientes a su forma. Estos últimos son

denominados: sedimentación simple; aglutinación de los coloides; y transformación e insoluble de compuestos solubles.

La teoría, como es de conocimiento, considera en su aplicación diferentes dimensiones para suspender las partículas. En ese marco se habla de la velocidad de sedimentación, la ecuación de Yao, análisis de las fuerzas intervinientes, análisis de la fuerza resistente, ecuación diferencial de la trayectoria de la partícula, integración de la ecuación diferencial, etc. Todo ello, en palabras de Maldonado (2014), abarca procesos físicos y son utilizados en el tratamiento del agua para conseguir clarificación; sin embargo, como se deduce en esta investigación, pueden intervenir también agentes microscópicos vivos.

A esa forma, la teoría llama “Método de sedimentación pasiva”. Como ya se explicó en el acápite anterior, la sedimentación con microorganismos tiene la finalidad de controlar los materiales tóxicos. Además, para Maldonado (2014) concreta la remoción de compuestos diluyéndolos por debajo del umbral de toxicidad usando una forma insoluble con un material antagonista del compuesto tóxico. De esta manera, se cumple con uno de los pilares de la sedimentación: generar un fluido claro con una elevada concentración de sólidos.

Finalmente, se considera de la teoría la sedimentación de los lodos, por ser un rasgo importante en las variables de la investigación. Sobre ello, Zarate (2009) argumenta que es en la sedimentación zonal donde se realiza la precipitación de los lodos con activos biológicos o concentrados, como son los de microorganismos eficaces. Además,

precisa que la velocidad de este tipo de sedimentación está en función del diámetro transversal de las mismas, lo que no significa grado de concentración. Es necesario apuntar que, al hablar de lodos, se debe mencionar a la floculación; es decir, en la aglomeración de las partículas inestables en microfloculos y su forma más grande que caen debido a la gravedad. Todo ello se debe considerar al momento de realizar el proceso con los microorganismos mencionados.

C. Teoría de la coagulación del agua

La teoría de la coagulación del agua tiene como propósito investigar las sustancias que se encuentran en el vital elemento; ello, por el hecho que no es pura en su forma natural. Acosta (2016), sobre esta teoría, destaca que la coagulación y floculación tienen etapas continuas que permiten el crecimiento de microfloculos hasta crear formas mayores. En este marco, tanto Acosta (2016) como Arboleda (2002) destacan los usos que tiene la coagulación de este elemento. Las más importantes son: a) Mantiene separadas las partículas, b) El transporte de partículas del líquido forman una malla del coágulo, c) Remueven la turbiedad orgánica o inorgánica, d) Eliminan sustancias que producen sabores u olores no naturales, e) Eliminan químicos suspendidos, f) Suprime bacterias, virus u organismos patógenos susceptibles, g) Destruye algas o plancton.

Los procesos mencionados agrupan a los fenómenos coagulación y floculación; sin embargo, Acosta (2016) describe para

este último un criterio epistemológico relevante. Él sostiene que la formación de flóculos es el resultado de la reunión de partículas, lo que provoca un aumento del volumen, su peso y cohesión. Ahora bien, estos flóculos requieren de otras sustancias para que puedan concretar el proceso de clarificación. Entre los más importantes tenemos a: sílice activada, arcillas, floculantes minerales; polímeros orgánicos naturales, polímeros orgánicos sintéticos, no iónicos, etc.

2.3. Discusión teórica

2.3.1. Microorganismos eficaces

Toalombo (2012) precisa que los microorganismos eficaces son una combinación de elementos naturales microscópicos benéficos desarrollados, por primera vez, por el investigador japonés Teruo Higa (Universidad de Ryukus). Sin embargo, Vargas (2018) considera que los microorganismos eficaces han sido reportados como una alternativa para solucionar los problemas de contaminación hídrica, debido a que estos pueden utilizar los compuestos contaminantes presentes en las aguas como fuente de carbono y energía para su metabolismo y crecimiento.

Acosta (2018) menciona que los microorganismos eficaces son óptimos en la remoción de aceites y grasas de las aguas residuales debido a que las bacterias de este consorcio generan una enzima que se encarga de desintegrar la materia orgánica haciendo que disminuya el valor de este parámetro. En la actualidad, este tratamiento de aguas residuales enfrenta el reto de minimizar el

exceso de nutrientes (tratamiento terciario), en especial fosfatos y nitratos, a niveles normales con el fin de evitar impactos negativos en los cuerpos de agua receptores, a pesar que los métodos físicos y químicos, son los más utilizados, demandan grandes cantidades de dinero y no son tan efectivos, por lo que generan impacto en el ecosistema (Barazarte, et al. 2014).

Los microorganismos eficaces tienen la capacidad de suprimir los microorganismos patógenos de las aguas residuales y de eliminar los malos olores de las mismas, por lo que se debe tener en cuenta que estos se vuelven inactivos por debajo de 6° C, por lo cual se recomienda empezar con sus aplicaciones en épocas de mayor temperatura (Hernández, 2020). Según Ávila, et al. (2018) estos microorganismos eficaces han sido reportados como una alternativa para el tratamiento de aguas contaminadas, ya que estos pueden utilizar los compuestos presentes en el agua como fuente de carbono y energía para su desarrollo, reduciendo sus concentraciones; además, al emplear una mezcla de varios microorganismos, con características metabólicas diferentes y complementarias entre sí, la cantidad y variedad de los compuestos que pueden ser degradados será mayor y los procesos a su vez, serán más eficaces.

Los microorganismos eficaces, poseen características útiles en procesos de biorremediación, y tratamiento de agua residual, entre las que se encuentran la fermentación de materia orgánica sin la liberación de malos olores que son provocados por el sulfuro de

hidrógeno, y su capacidad de convertir los desechos tóxicos en sustancias no tóxicas, propiedades como la liberación de iones que favorecen la disminución de la toxicidad de sustancias peligrosas, quelación de metales pesados, producción de enzimas como la lignina peroxidasa, entre otras, todas estas en cuerpos de agua (Peña, 2019).

Delgado (2019) menciona que se tienen los siguientes beneficios para el tratamiento de agua residual con microorganismos eficaces:

- Sintetiza la materia orgánica, reduciendo valores de DBO, DQO, turbidez, sólidos suspendidos, equilibra el pH y el oxígeno disuelto.
- Degrada aceites y grasas.
- Reduce los malos olores, lodos sedimentados.
- Elimina o reduce la concentración de microorganismos patógenos.

2.3.2. Sedimentación de lodos

Al escribir sobre este tipo de sedimentación, Ferrara y Ramírez (2013), sostienen que es la primera etapa del tratamiento de las aguas residuales, para luego separarlas y eliminarlas. Este movimiento, complementan los autores, está determinado por el flujo de aguas impulsada por la gravedad de los flóculos. De igual manera, se precisa que el ciclo de operación requiere de una desnitrificación para el desarrollo de una masa floculenta, compacta

y robusta en la que deba existir un balance apropiado entre las bacterias formadoras de flóculos y filamentosas.

Ahora bien, para realizar este proceso, sostienen Guerra & Struck (2008), se debe analizar el estado del lodo; es decir, la concentración de materias en suspensión, debido a que modifican la sedimentación de las partículas; y de estas sus propiedades. De esta forma, se especifica si el proceso de sedimentación puede ser para partículas discretas o decantación para partículas floculentas. Asimismo, complementan los autores, resulta importante revisar la temperatura del contenido, puesto que varía la densidad del agua y originan corrientes cinéticas o térmicas, las cuales significarían el éxito o fracaso del procedimiento.

Guerra & Struck (2008) también precisan las condiciones hidráulicas para que haya una sedimentación de lodos correcta. Por ejemplo, para la “Zona de sedimentación”, se recomienda que las líneas de flujo no deben encontrar con ningún tipo de obstrucciones que puedan alterar la trayectoria de los fluidos. Es por ello que se recomienda el flujo de pistón pues mejora el proceso de sedimentación.

Con respecto a la “Zona de entrada”, precisan que es un grupo de estructuras que permiten una distribución uniforme del flujo de agua hacia la zona donde se sedimenta; en ella, la distribución del contenido debe darse a lo ancho de la unidad y en profundidad. Es importante, aclaran los autores, que en esta parte

deben evitarse las alteraciones de flujos pues una alteración en la velocidad alteraría las masas de agua. Esto crearía turbulencias que pueden extenderse dentro de la zona de sedimentación, lo que causaría corrientes cinéticas y, por extensión modificar el tiempo de retención. Finalmente, para la “zona de salida”, Guerra & Struck (2008) señalan que su importancia está en recolectar de manera uniforme el agua sedimentada con una velocidad que evite arrastrar a los flóculos en el efluente. Es por ello que se debe evitar canaletas de pequeña longitud, mal ubicadas o niveladas; o, en el peor de los casos, que aparezcan zonas muertas que conviertan en improductivas grandes áreas de los sedimentadores.

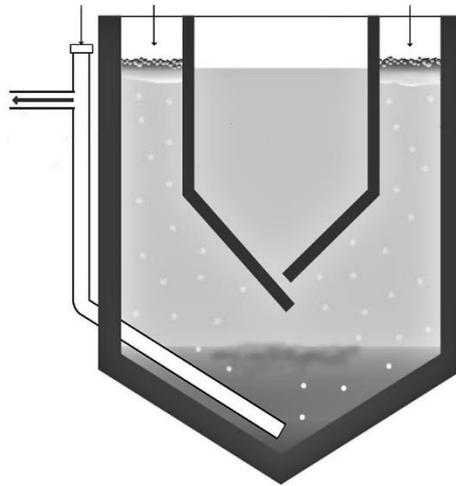
Resulta importante para la investigación, establecer una relación teórica entre la sedimentación y el tanque en donde se aplicará. Por ello y con base en el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria (2005), se define al tanque IMHOFF como la unidad de tratamiento primario que tiene el propósito de remover los sólidos suspendidos; es decir, se utiliza en el tratamiento de aguas residuales domésticas, debido a que integran la sedimentación del agua y la digestión de los lodos sedimentados en la misma unidad. Sin embargo, para su correcto uso es importante que las aguas residuales pasen por los tratamientos preliminares como el de remoción de arenas.

Como se mencionó anteriormente, las zonas que intervienen en la sedimentación son tres, las mismas que coinciden con los

compartimientos de este tanque. Estas son: cámara de sedimentación, cámaras de digestión de lodos y área de ventilación o acumulación de natas. El proceso, según el Centro Panamericano de Ingeniería (2005) es que las aguas residuales fluyen a través de la cámara de sedimentación, en donde se van removiendo algunos sólidos al caer en las paredes inclinadas. Luego pasan por una ranura con traslape hasta la cámara de digestión. Este tiene la función de impedir que las partículas suspendidas o los gases se desvíen hacia el área de ventilación. Su forma básica es la siguiente:

Figura 1

Esquema de un tanque IMHOFF



Fuente: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria (2005)

2.4. Definición de términos básicos

Aerobio: Proceso por el cual un compuesto se oxida, utilizando oxígeno molecular como aceptor final de electrones.

Aireación: Proceso por el cual se provee al sistema el oxígeno necesario, para que los microorganismos oxiden la materia orgánica, se mantengan los niveles operativos de oxígeno disuelto y se proporcione la mezcla apropiada.

Bacterias: Microorganismos unicelulares y microscópicos, que se reproducen por la fisión de esporas, carecen de núcleo diferenciado y se reproducen por división celular.

Tanque IMHOFF: Recipiente en forma cónica usado para medir el volumen de sólidos sedimentables durante 30 minutos en un litro de agua, por lo general se expresa en unidades de ml/l.

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO): Es una prueba de laboratorio estándar que se utiliza para evaluar el potencial de desperdicios de aguas tratadas y no tratadas para absorber el oxígeno del cuerpo receptor de agua.

Efluente: Aguas negras tratadas o no tratadas que fluyen desde un proceso hasta el medio ambiente.

Hongos: Los hongos son protistas superiores (eucariotas) no fotosintéticos y se dividen en tres grupos principalmente: mohos, que son hongos filamentosos; levaduras, los hongos no filamentosos; y las setas, que son hongos macroscópicos.

Microorganismos eficaces (EM): Los Microorganismos Eficaces proceden de cinco especies diferentes: bacterias fototróficas o fotosintéticas, bacterias ácido-lácticas, levaduras, actinomicetos y hongos de fermentación.

PTAR: Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, la cual cuenta con un tratamiento con lodos activados donde el agua residual y el lodo biológico (microorganismos) son mezclados y aireados en un tanque.

Sedimentación: Proceso de separación por acción de la gravedad, de las partículas sólidas suspendidas cuyo peso específico es mayor que el del agua.

2.5. Hipótesis De La Investigación

Hi: Los microorganismos eficaces tienen efectos sobre la concentración de fosfatos en los lodos de sedimentación del tanque Imhoff en el distrito de Llacanora – Cajamarca, 2022.

Ho: Los microorganismos eficaces NO tienen efectos sobre la concentración de fosfatos en los lodos de sedimentación del tanque Imhoff en el distrito de Llacanora – Cajamarca, 2022.

2.6. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable	Definición	Dimensiones	Instrumentos
Microorganismos eficaces	Toalombo (2012) precisa	Cantidad	Ficha de observación
	que los microorganismos	Calidad	
	eficaces son una combinación de elementos naturales microoscópicos benéficos	Beneficios	

Lodos de sedimentación	Ferrara y Ramírez (2013),	Tiempo de sedimentación
	sostienen que es la primera etapa del tratamiento de las aguas residuales, para luego separarlas y eliminarlas	Composición
		Volumen

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

La siguiente investigación es de tipo analítica ya que explica la causa del resultado de la relación entre dos variables, Müggenburg y Pérez (2007), además, si una de estas variables es sometida a un tratamiento, la otra variable cambiaría su condición de manera directa y viceversa, Gallardo (2023).

En cuanto al nivel de investigación, es relacional puesto que se desea conocer el nivel de asociación de dos o más variables para poder medirlas, cuantificarlas y analizarlas, su función principal es comprender el comportamiento de cada una de ellas durante la investigación ya que están enlazadas, Hernández, Fernández y Baptista (2014).

3.2. Diseño de investigación

El método bajo el cual se rige esta investigación es el cuasi experimental, según Hernández et al. (2007) en este tipo de método no se tiene un control absoluto de las variables; sin embargo, existe un cierto grado de manipulación por parte del investigador; además, algo característico de este método es la presencia de un grupo de control y un grupo experimental.

De tal modo, de diseño longitudinal ya que a través del tiempo se han llevado a cabo la recolección de datos en periodos determinados por el autor de la presente tesis, con el objeto de tomar cuenta del cambio que sufren la variable dependiente e independiente, Hernández, Fernández y Baptista (2014).

3.3. Área de investigación

La presente investigación se llevó a cabo en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Llacanora, provincia de Cajamarca, ciudad de Cajamarca. Cuyas muestras fueron tomadas en el lecho de secado de esta.

El distrito de Llacanora limita por:

- *El norte:* distrito de Jesús
- *El sur:* distrito de baños del inca
- *El este:* distrito de Namora
- *Oeste:* distrito de Cajamarca

la planta de tratamiento de aguas residuales domesticas del distrito de Llacanora está ubicada en las coordenadas UTM WGS 84, Zona 17 S:

Tabla 2

Coordenadas de la PTARD del distrito de Llacanora

<i>Área de estudio</i>	<i>Coordenada "E"</i>	<i>Coordenada "N"</i>	<i>Altitud (m.s.n.m)</i>
<i>Planta de tratamiento de aguas residuales domesticas de Llacanora</i>	785618	9202122	2606

Fuente: elaboración propia

Ilustración 1. Ubicación de la PTARD del distrito de Llacanora



Fuente: Google Maps

3.4. Población

Lodos de sedimentación del tanque IMHOFF ubicado en el distrito de Llacanora.

3.5. Muestra

01 kg de lodo de sedimentación del lecho de secado de la PTARD ubicada en el distrito de Llacanora.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas

Primero: se llevó a cabo la preparación de bolsas Ziploc estériles, las cuales son materiales especiales para la toma de muestras de suelos, en este caso, para la toma de muestras de lodo de sedimentación de la PTARD del distrito de Llacanora.

a) Materiales

- Plumón indeleble
- Bolsas Ziploc
- Cadena de custodia

b) Equipos

- GPS para la identificación del punto de muestreo
- Cámara fotográfica

c) EPP

- Casco
- Chaleco con cinta reflectante
- Zapatos con punta de acero
- Guantes de nitrilo
- Lentes de seguridad
- Mascarilla descartable

Segundo: mediante la observación, se recolectaron datos en la cadena de custodia y se realizó un registro fotográfico para la identificación del estado del lecho de secado de la PTARD posterior a la toma de la muestra.

Tercero: se tomó la muestra de cuatro puntos distintos del lecho de secado de la PTARD, para analizar fosfatos y el efecto de microorganismos eficaces sobre los mismos.

en el punto de muestreo se realizaron las siguientes acciones:

- Ubicación del punto de muestreo

- Se tomaron en cuenta los cuidados necesarios para el ingreso al lecho de secado.
- Se rotulo la bolsa Ziploc
- Se tomo la muestra de lodo

Cuarto: se llevó a cabo el procesamiento de la información obtenida del laboratorio regional del agua para verificar el efecto de microorganismos eficaces sobre la concentración de fosfatos y proponer o descartar este método como método de mejora de las condiciones de los lodos de sedimentación.

3.6.2. Instrumentos

Los instrumentos empleados en la presente investigación son los siguientes: cadena de custodia y hojas de ensayo de laboratorio consideradas en el área de anexos. De tal modo, fueron necesarios instrumentos de laboratorio y otros equipos, para la toma de muestras de acuerdo con el protocolo y al laboratorio.

3.6.3. Metodología

- a) El punto de monitoreo fue el tanque IMHOFF ubicado en el distrito de Llacanora – Cajamarca,
- b) Para la toma de muestras de emplearon bolsas Ziploc estériles, las cuales son materiales especiales para la toma de muestras de suelos.

- c) El tratamiento de lodo se realizó en 03 recipientes de 04 L de capacidad, material nuevo y estéril. En los cuales se trataron 250 g de lodo crudo respectivamente, se inoculo en cada muestra tecnología EM Agua (microorganismos eficaces). La muestra cruda o muestra N° 1 no presento tratamiento, la muestra N° 2 tuvo un periodo de tratamiento de 15 días a una concentración de 1:100 (2.5 mL) con EMA (EM Agua Activado), la muestra N° 3 fue tratada durante 30 días a una concentración de 1:100 (2.5 mL) con EMA y la muestra N° 4 fue tratada a una concentración de 1:1000 (0.25 mL) con EMA durante 45 días, después de los días de tratamiento sometido a cada una de las muestras de lodos, se procedió al análisis de laboratorio.
- d) Se codificaron las muestras con el nombre de muestra cruda o muestra N° 1 , muestra N° 2 (15 días), muestra N° 3 (30 días) y N° 4 (45 días), a la muestra cruda se realizó el procedimiento, para la extracción de los fosfatos en el laboratorio y luego su análisis en el laboratorio regional del agua de Cajamarca.
- e) Se peso 250 g de lodos, con 01 litro de agua purificada para la disolución. Este procedimiento se aplicó en las 4 muestras.
- f) Para la extracción de los fosfatos que se encuentran en los lodos, se utilizó agua purificada libre de aniones y con las características físicas, químicas y microbiológicas aptas para ensayos de laboratorio, materiales como probetas, vasos de precipitación, agitador magnético, balanza analítica y muestra.

- g) Se tomó 1000 mL de agua purificada en la probeta y se agregó los 250 g de la muestra de lodos en el vaso de precipitación, para que se realice una disolución adecuada.
- h) Se procedió a la toma de muestras, con ayuda de filtros de dimensión 47 mm x 1 μ m, 1 matraz Kitasato, 1 embudo de filtrado y una bomba de vacío.
- i) Se codificaron las muestras para su análisis en el laboratorio regional del agua (Cajamarca).
- j) Se analizó según el método de ensayo acreditado: EPA method 300.1 Rev. 1.0 1997 (VALIDADO) 2017. Determination of inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Presentación de los resultados

Para el desarrollo de la presente investigación se emplearon microorganismos eficaces (tecnología EM Agua) para tratar 3 muestras crudas de 250 g respectivamente en recipientes de 4 litros de capacidad. La muestra N° 2 se trató durante 15 días a una concentración de 1:100 (2.5 mL), la muestra N° 3 se trató durante 30 días a una concentración de 1:100 (2.5 mL) y la muestra N° 4 se trató durante 45 días a una concentración de 1:1000 (0.25 mL). Posterior al tratamiento la muestra cruda o muestra N° 1, la muestra N° 2 y la muestra N° 3 y la muestra N° 4 se sometieron al análisis de laboratorio.

Los datos analizados han sido tomados a partir de las hojas de ensayo del laboratorio, los mismos que fueron tratados con una estadística descriptiva, posteriormente se realizó la prueba de normalidad, obteniendo resultados paramétricos, lo cual, junto al número de muestreos y naturaleza de la investigación es que se optó por el método de análisis de varianza.

ENSAYOS			QUIMICOS INSTRUMENTALES Y FISICOQUÍMICOS			
Código de muestra			Cruda	15 días	30 días	45 días
Código de laboratorio						
Matriz			Natural	Natural	Natural	Natural
Descripción			Lodos de ARD	Lodos de ARD	Lodos de ARD	Lodos de ARD
Localización de la muestra			LBI	LBI	LBI	LBI
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados			
Fosfatos			2.215	8.815	5.835	6.051

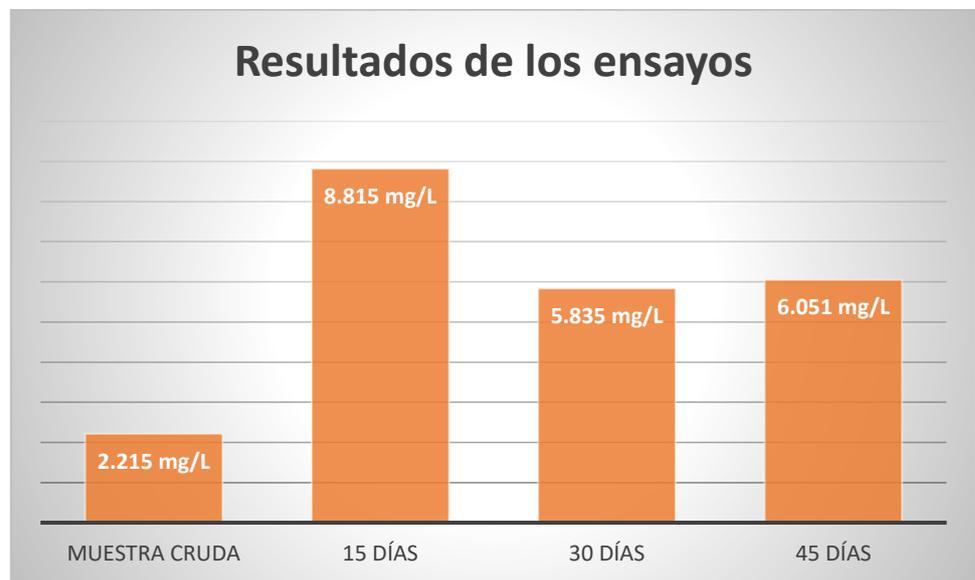
Tabla 2

Resultados de la concentración de fosfatos

En la tabla 2, se muestra la información de las muestras, ensayos realizados y resultados de laboratorio obtenidos antes y después del tratamiento, donde se evidencian los efectos de los microorganismos eficaces sobre la concentración de fosfatos, Llacanora, Cajamarca 2023.

Figura 2

Resultados de la concentración de fosfatos en lodos APT y DPT



Con el propósito de presentar la información contenida en la tabla 2, en la figura 2 se muestra con mayor claridad, donde se evidencia el efecto de los microorganismos eficaces sobre la concentración de fosfatos en los lodos de sedimentación del tanque IMHOFF en el distrito de Llacanora – Cajamarca, 2023.

Análisis Estadístico:

Tabla 3

Procesamiento de casos

	Resumen de procesamiento de casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
APT	3	50,0%	3	50,0%	6	100,0%
DPT	3	50,0%	3	50,0%	6	100,0%

La tabla 3 nos indica que los casos validos son el 50% en el análisis del efecto de los microorganismos eficaces sobre la concentración de fosfatos en los lodos de sedimentación del tanque IMHOFF en el distrito de Llacanora – Cajamarca, 2023, indicando el 50% de datos fueron desestimados por permanecer constantes, esto es referido a la concentración de fosfatos, antes del proceso de tratamiento con microorganismos eficaces en diferentes periodos de tiempo (15, 30 y 45 días).

Tabla 4*Descriptivos estadísticos*

		Descriptivos^a	
		Estadístico	Error típ.
	Media	6,9003	,95936
	Intervalo de confianza para la media al 95%	2,7725 11,0281	
	Media recortada al 5%	.	
	Mediana	6,0510	
	Varianza	2,761	
DPT	Desv. típ.	1,66166	
	Mínimo	5,84	
	Máximo	8,82	
	Rango	2,98	
	Amplitud intercuartil	.	
	Asimetría	1,699	1,225
	Curtosis	.	.

a. APT es una constante y se ha desestimado.

En la tabla 4 se presenta los resultados del análisis estadístico descriptivo, sobre el efecto de los microorganismos eficaces sobre la concentración de fosfatos en los lodos de sedimentación del tanque IMHOFF en el distrito de Llacanora – Cajamarca, 2023; en diferentes tiempos. Es pertinente mencionar que los valores descriptivos de APT (antes del proceso de tratamiento), no se muestra por ser una constante y se desestimó.

Se presentan valores como media, mediana, varianza, desviación típica, etc.

Tabla 5*Pruebas de normalidad*

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DPT	,362	3	,000	,804	3	,124

* APT es una constante y se ha desestimado.

a. Corrección de significación de Lilliefors

La tabla 5 presenta las pruebas de normalidad (Kolmogorov – Smirnov y Shapiro – Wilk), es decir, el grado de significancia (Sig) = 0.124, donde, el valor de acuerdo con Shapiro – Wilk es mayor que 0.05 ($0.124 > 0,05$); lo que indica que siguen una distribución normal (datos paramétricos), por lo tanto, se tiene que usar pruebas paramétricas para el correspondiente análisis estadístico de contratación de hipótesis, se desestima el (Sig.) de Kolmogorov – Smirnov por considerarse solamente a números de muestras mayores a 50.

Contrastación de hipótesis:

De acuerdo con el propósito de la presente investigación, a los resultados obtenidos mediante la prueba de normalidad, el número de muestras y de acuerdo a la naturaleza experimental de la investigación el contraste de hipótesis se realizó mediante el análisis de varianza (ANOVA), que consiste en un test estadístico para el estudio del efecto de uno o más factores sobre la media de una variable.

Análisis de varianza

H₀: $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$

H₁: No todas las μ_1 son iguales.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F
Entre las muestras	$SC_{Trat} = \sum_{i=1}^k n_i (\bar{x}_i - \bar{x}_{..})^2$	$k - 1$	$CM_{Trat} = \frac{SC_{Trat}}{k - 1}$	$F = \frac{CM_{Trat}}{CM_{Error}}$
Dentro de las muestras	$SC_{Error} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_i)^2$	$N - k$	$CM_{Error} = \frac{SC_{Error}}{N - k}$	
Total	$SC_{Total} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_{..})^2$	$N - 1$		

$$SC_{Trat} = \sum_{i=1}^k \frac{1}{n_i} x_{i.}^2 - \frac{x_{..}^2}{N}$$

$$SC_{Error} = SC_T - SC_{Trat}$$

$$SC_T = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}^2 - \frac{x_{..}^2}{N}$$

Donde:

Suma (x_i) = suma para cada grupo.

Media = Promedios de grupo.

Suma total (x) = suma total de las pruebas.

n_i = elementos de cada grupo.

N = total de elementos de todos los grupos.

K = número de muestras.

SC_{Trat} = suma de cuadrados del tratamiento.

SC_{Total} = suma de cuadrados del total.

SC_{Error} = suma de cuadrados del error.

Tabla 6*Resultados de los ensayos y réplicas*

Número de prueba y réplica	Muestra cruda	15 días	30 días	45 días
1	2.215	8.815	5.835	6.051
2	2.210	8.820	5.828	6.060
3	2.200	8.828	5.830	6.059
4	2.005	8.821	5.832	6.072

Suma(x_i)=	8.63	35.284	23.325	24.242
Media=	2.2	8.8	5.8	6.1
Suma total($x_{..}$)=	91.481			
n_i =	4	4	4	4
N=	16			k= 4
SC_{Trat} =	89.7436012			
SC_{Total} =	89.8			
SC_{Error} =	0.0			

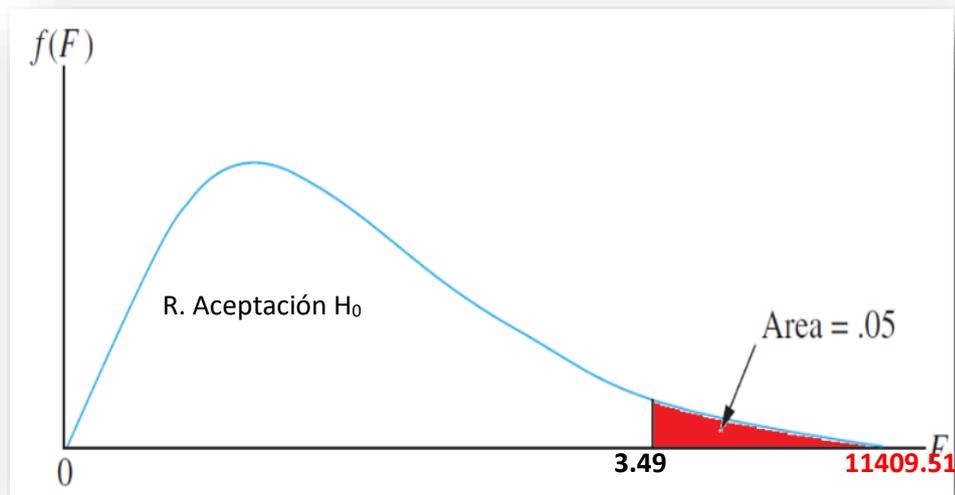
Tabla 7

Tabla ANOVA

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F ₀
Entre las muestras	89.7436012	3	29.9145337	11409.505
Dentro de las muestras	0.0	12	0.0026219	
Total	89.8	15		

(Valor crítico) $F_{\alpha, k-1, N-k} = 3.490294819$

p-valor = 5.43295E-21



Por teoría, se rechaza la H_0 y concluir que existe diferencias en las medias de los tratamientos.

Si, el F calculado (F_0), se ubica a la derecha del valor crítico, es decir:

$$F_0 > F_{\alpha, K-1, N-kE}$$

Entonces: $11409.505 > 3.49$

Interpretación: de acuerdo con $F_0 > F_{\alpha,k-1,N-k}$ ($11409.505 > 3.49$); con estos datos debemos rechazar la H_0 , además, se observa que el F_0 se encuentra en la zona de rechazo de la H_0 ; es decir, que debemos rechazar la premisa: *Los microorganismos eficaces NO tienen efectos sobre la concentración de fosfatos en los lodos de sedimentación del tanque Imhoff en el distrito de Llacanora – Cajamarca, 2023.* Sin embargo, se debe considerar aceptar la H_1 , es decir, *Los microorganismos eficaces tienen efectos sobre la concentración de fosfatos en los lodos de sedimentación del tanque Imhoff en el distrito de Llacanora – Cajamarca, 2023.*

Método de Tukey

$$T_\alpha = q_\alpha(k, N - k) \sqrt{CM_E / n_i}$$

k=	4
N-k=	12
CM _E =	0.0
n _i =	4
q _α (k,N-k)=	4.2
T _α =	0.11

Tabla 8*Diferencias muestrales*

Diferencia poblacional	Diferencia muestral	Decisión
$\mu_A - \mu_B$	6.66	SIGNIFICATIVA
$\mu_A - \mu_C$	6.67	SIGNIFICATIVA
$\mu_A - \mu_D$	3.90	SIGNIFICATIVA
$\mu_B - \mu_C$	2.99	SIGNIFICATIVA
$\mu_B - \mu_D$	2.76	SIGNIFICATIVA
$\mu_C - \mu_D$	0.23	SIGNIFICATIVA

En la tabla 8 se muestra que, existe diferencias significativas entre los diferentes tratamientos a diferentes tiempos y su efecto sobre las concentraciones de fosfatos; esto se evidencia cuando la diferencia muestral es mayor valor de Tukey calculado ($DM > 0.11$).

4.2. Discusión de resultados

El presente estudio Efecto de Microorganismos eficaces sobre la concentración de fosfatos en los lodos de sedimentación del tanque Imhoff en el distrito de Llacanora – Cajamarca, 2022, ha obtenido un grado de significancia ($p=.124$), donde el valor es mayor que .05, mostrando una distribución normal; por lo que, se indica que tiene como resultado que el F calculado en la prueba de Tukey (F_0) se encuentra en la zona de rechazo de la hipótesis nula, afirmando así la hipótesis alternativa; concluyendo de esta forma que los microorganismos eficaces tienen efectos sobre la concentración de fosfatos en los lodos de sedimentación. Como se mencionó anteriormente en el estudio efecto de *Eichhornia Crassipes* M. y *Lemna Minor* L. en la extracción de nitratos, sulfatos y

fosfatos en aguas residuales domésticas, donde se realizó tres tratamientos con las bacterias de forma individual y en conjunto, donde se concluyó que Eichhornia Crassipes M. logró una remoción significativa de nitratos y fosfatos (Campos, 2022).

Previa aplicación de microorganismos eficaces sobre la concentración de fosfatos en lodos de sedimentación del tanque IMHOFF en el distrito de Llacanora – Cajamarca, 2022, la muestra cruda arrojó un resultado en el análisis de laboratorio de 2.215 mg/L de fosfatos.

Durante el tratamiento con la aplicación de microorganismos eficaces sobre la concentración de fosfatos en lodos de sedimentación del tanque IMHOFF en el distrito de Llacanora – Cajamarca, 2022, en el cual se obtuvo un resultado, en el análisis de laboratorio, de 2.215 mg/L de fosfatos en la muestra cruda, se observó en el tratamiento pasado 15 días que la concentración de fosfatos aumentó a 8.815 mg/L, lo que indica un incremento en este compuesto, a los 30 días la concentración de fosfatos disminuyó a 5.835 mg/L y a los 45 días la concentración fue de 6.051 mg/L, esto nos lleva a pensar en la posibilidad de que entre más días de tratamiento pase nuestra muestra de lodo de PTARD, más posibilidades hay que el compuesto disminuya su concentración. De momento, la presente investigación nos permite descartar el uso de microorganismos eficaces como tratamiento para la reducción de la concentración de fosfatos y lodos de PTARD.

Para valorar la concentración de fosfatos en los lodos de sedimentación del tanque IMHOFF, después del tratamiento con microorganismos eficaces en el

distrito de Llacanora – Cajamarca, 2022, se determinó a través de ensayos de laboratorio, lo cual nos dio como resultado de 6.051 mg/L, al día 45 del tratamiento, esto nos lleva a pensar en la posibilidad de que entre más días de tratamiento pase nuestra muestra de lodo de PTARD, más posibilidades hay que el compuesto disminuya su concentración. Sumado a esto en un estudio nacional de Campos (2022), intitulado Efecto de Eichhornia Crassipes M. y Lemma Minor L. en la extracción de nitratos, sulfatos y fosfatos en aguas residuales domésticas de la ciudad de Jaén, se obtuvo como resultado una remoción significativa de nitratos y sulfatos en todos los tratamientos a los 60 días, además, se logró al cuarto mes la remoción significativa de fosfatos y nitratos empleando Eichhornia crassipes por si sola.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Los microorganismos eficaces ejercerían un efecto de desdoblamiento de moléculas complejas que contienen radicales fosfatos, lo cual desencadenaría el incremento de la concentración de fosfatos en los lodos de sedimentación del tanque Imhoff en el distrito de Llacanora, Cajamarca, 2022, lo cual es materia de un estudio posterior.
- Acorde a los análisis de laboratorio, se concluyó que la concentración de fosfatos (PO_4^-) en la muestra cruda sin tratamiento de lodos de sedimentación del tanque Imhoff fue de 2.215 mg/L.
- La aplicación de Microorganismos Eficaces sobre la concentración de fosfatos no representa un efecto favorable a la problemática de la presente investigación, sin embargo, propicia reacciones metabólicas para el desdoblamiento de moléculas complejas que contienen radicales fosfatos que podrían ser de utilidad para otros propósitos no contemplados en la presente investigación.
- Se concluye que los microorganismos eficaces al día 45 del tratamiento generan un efecto sobre la concentración de fosfatos.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda a la municipalidad de distrital de Llacanora la aplicación de tecnologías y procesos para la mejora de los lodos de sedimentación que son empleados para fines agrícolas, además de la consideración en el uso de microorganismo eficaces en otros procesos que se llevan a cabo

en la PTARD, por ejemplo, para la reducción de olores ofensivos, estabilización de lodos para uso agrícola, reducción de DBO Y DQO y degradación y remoción de compuestos tóxicos.

- Se recomienda a los futuros tesisistas que se interesen por esta investigación, que se tomen un poco más de tiempo durante el tratamiento ya que en este caso, el factor económico fue limitante para la continuidad de la investigación.

REFERENCIAS

- Acosta, L. (2018). *Eficiencia de un sistema de lodos activados en el tratamiento de aguas residuales en la industria láctea de Cajamarca*. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.
- Acosta, Y. (2016). Estado del arte del tratamiento de aguas por coagulación-floculación. *Revista ICIDCA. Sobre los derivados de la caña de azúcar*, 40(2), 10-17. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223120664002.pdf>
- Acuña, N., Huamaní, N., & Toribio, F. (2022). Evaluación de la remoción de materia orgánica por medio de microorganismos eficientes en el tratamiento de aguas residuales. *Revista Universidad y Sociedad*, 14(1), 417-427.
- Alarcón, J., Recharte, D., Yanqui, F., Moreno, S., & Buendía, A. (2020). Fertilizar con microorganismos eficientes autóctonos tiene efecto positivo en la fenología, biomasa y producción de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill). *Revista Scientia Agropecuaria*, 11(1), 67-73.
- Arboleda, J. (2002). Teoría de la coagulación del agua. *Revista del centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico*, 1(1), 12-46.
- Arcos, Y. (2018). Microbiología de lodos activados. *Hechos Microbiológicos*, 4(2), 117-122.
- Arias, A. (2014). Microorganismos eficientes y su beneficio para la agricultura y el medio ambiente. *Journal de Ciencia e ingeniería*, 2(2), 42-45.
- Avila, J., Laos, A., & Verano, R. (2018). Remoción de nitratos y fosfatos por cepas nativas libres e inmovilizadas en aguas residuales. *Arnaldoa*, 25(2), 1-18.
- Barazarte, R., Neaman, A., Vallejo, F., & García, P. (2014). El conocimiento ambiental y el comportamiento proambiental de los estudiantes de la

enseñanza media, en la Región de Valparaíso (Chile). *Revista de Educación, 1 (1)*, 66- 92.

Bautista, S., & Sánchez, E. (2015). Programa de educación ambiental para el cuidado y conservación del medio ambiente en estudiantes del 5° de educación secundaria. *Educare et comunicare, 5 (2)*., 8-17.

Beltrán, T. y Campos, C. (2016), citado por Guzman, F. y Sánchez, E. (2020). Revisión y Análisis de la eficiencia del manejo de aguas residuales con microorganismos eficaces y de montaña. (Tesis de pregrado). Tarapoto, Perú.

Bejarano Novoa, M., & Escobar Carvajar, M. (2018). *Eficiencia del uso de microorganismos para el tratamiento de aguas residuales domésticas en una planta de tratamiento de agua residual*. Bogotá: Universidad de La Salle.

Campos, O. (2022). Efecto de *Eichhornia Crassipes* M y *Lemna Minor* L en la extracción de nitratos, sulfatos y fosfatos en aguas residuales domésticas de la ciudad de Jaén, provincia Jaén, departamento Cajamarca. *Programa de Maestría en Ciencias UNC*.

Calderón, D., Huaranca, P. y Díaz, J. (2019). Tratamiento aguas residuales mediante tecnología de microorganismos eficientes – Substanzalla, Ica – Perú. *Revista de investigación científica. 1(3)*. p. 13 - 18.

Cardona , J., & García , L. (2018). *Evaluación del efecto de los microorganismos sobre la calidad del agua residual*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.

Casas, J. (2003). La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos. *Atención Primaria, 31(8)*, 527-538.

Centeno, L., Quintana, A., & López, F. (2019). Efecto de un consorcio microbiano en la eficacia del tratamiento de aguas residuales, Trujillo, Perú. *Arnaldoa, 26(1)*, 433-446.

- CEPAL. (2015). *La dimensión ambiental en el desarrollo de América Latina*. México: CEPAL.
- Coronel Huamán, E. F. (2018). *Plan de educación ambiental en la comunidad de Chontali – Jaén 2017*. Chiclayo: Universidad de Lambayeque.
- Cortez, V. (2018). Caracterización de las aguas residuales de la parte sur de la Ciudad de Cajamarca y propuesta de tratamiento en la zona de Huacariz. *Escuela de Ingeniería Hidráulica*, 64, 1-206.
- Covas, O. (2014). Educación ambiental a partir de tres enfoques: comunitario, sistémico e interdisciplinario. *Revista Iberoamericana de Educación*, 35 (1), 1-7.
- Damián, M. (2009). *Compuestos orgánicos de relevancia ambiental*. Argentina: Universidad Nacional de la Plata.
- Delgado, J. (2019). *Influencia de los microorganismos eficaces en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del afluente del biorreactor en la planta de tratamiento de aguas residuales*. Huancayo: Universidad Continental.
- Díaz Sánchez, W. K., & Paz Cipriano, L. A. (2018). *Programa educativo ECOVIDA para mejorar la educación ambiental en los alumnos de cuarto grado de educación primaria de la I.E.P.E Gran Unidad Escolar José Faustino Sánchez Carrión*. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.
- Díaz, N. (2017). Importancia de los microorganismos filamentosos en el sistema de tratamiento de aguas residuales por lodos activados. *Agua, Saneamiento & Ambiente*, 10(1), 2-8.
- ELAW. (2021). Obtenido de Guía de Participación Ciudadana en Materia Ambiental de México, Estados Unidos y Canadá (español): <https://www.elaw.org/content/gu%C3%AD-de-participaci%C3%B3n-ciudadana-en-materia-ambiental-de-m%C3%A9xico-estados-unidos-y-canad%C3%A1-espa%C3%B1ol>

- Espinoza, J., & Santos, E. (2021). Innovación en la gestión de lodos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales de origen doméstico en Lima-Perú. *Rev. Inst. investig. Fac. minas metal. cienc. geogr.*, 24(48), 205-215.
- Ferrara, G., & Ramírez, A. (2013). Análisis de la sedimentabilidad de los lodos biológicos producidos en un RCS durante la desnitrificación. *Revista de la Facultad de Ingeniería U.C.V.*, 28(1), 37-44.
- Fragoso, J., Santos, I., & Aguiar, E. (2017). la educación ambiental para el desarrollo sostenible desde un enfoque ecosistémico. *VARONA, Revista Científico Metodológica*, 1 (2), 1-10.
- Galán, J. (2018). *Efecto de las diferentes concentraciones de microorganismos eficaces en la mejora de la calidad de agua de estanques en Ucayali , Amazonía Peruana*. Pucallpa: Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía.
- García, M. (2007). Los conocimientos ambientales de estudiantes universitarios. *Revista Electrónica de Enseñanza de las ciencias*, 1 (1), 1-10.
- GRC. (2021). *Gobierno Regional de Cajamarca*. Obtenido de Matriz de Priorización de la Problemática Ambiental en la región Cajamarca 2020: <https://siar.regioncajamarca.gob.pe/novedades/matriz-priorizacion-problematika-ambiental-region-cajamarca-2020>
- Guerra, J., & Struck, A. (2008). Pruebas de sedimentación de lodos: trabajo prelaboratorio. *Revista de la Universidad Iberoamericana*, 1(1), 20-32.
- Hernández Chaparro, J. R. (2020). *Desarrollo de conciencia ambiental de los estudiantes de octavo grado del Instituto Integrado de Comercio Camilo Torres*. Colombia: Universidad de Bucaramanga.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2007). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill.
- Ingeniería, C. P. (2005). *Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques IMHOFF y lagunas de estabilización*. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Asistente.

- Maldonado, V. (2014). *Sedimentación*. Bogotá: Academia.
- Martínez, M. (1994). *Teoría de la educación ambiental y didáctica de los temas ambientales de los cursos de valores del sistema ITESM*. Monterrey: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.
- Mendez, G. (2021). Biorremediación de carbamazepina por hongos y bacterias en aguas residuales. *Revista Bionatura*, 6(2), 1851-1857.
- Munévar, J. (2021). *Construcción de conocimiento ambiental por estudiantes de octavo grado: una práctica pedagógica sobre el flujo de la energía*. Bogotá: Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales.
- Pérez, L. (2015). Teoría de la sedimentación. *Revista del Instituto de Ingeniería Sanitaria y Ambiental*, 1(1), 2-23.
- Quintero, J., Guevara, H., & Rojas, J. (2014). Estrategia para la implementación de programas de educación ambiental en instituciones escolares: caso estudio. *History and philosophy of science teaching group*, 310- 321.
- Rashed, E. y Massoud, M. (2014). El efecto de microorganismos eficaces (EM) en la eliminación mejorada de fósforo biológico en un sistema de estabilización de contacto modificado. *Revista Housing and Building National Research Center (HBRC Journal)*.20(3).
- Reyes, M. (2004), citado por Guzman, F. y Sánchez E. (2020). Estabilización de los lodos sépticos que provienen de una comunidad pequeña con microorganismos eficaces (EM). (Tesis de pregrado). Universidad Peruana Unión. Tarapoto, Perú.
- Román Espinoza, T. M. (2018). *Rol de la educación ambiental en la gestión ambiental local: Análisis de los programas ambientales en la Ilustre Municipalidad de Santiago, Chile*. Santiago de Chile: Instituto de Estudios Urbanos y territoriales.
- Romero, P. (2020). *Influencia de microorganismos eficaces en la remoción de coliformes termotolerantes y demanda bioquímica de oxígenos de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas del distrito de*

Quilcas, 2019. Huancayo: [Tesis de Licenciatura, Universidad Continental].

Roncancio, G. (2019). *Pensemos*. Obtenido de Estrategia: ¿Qué es? y las herramientas para crearla: <https://gestion.pensemos.com/estrategia-que-es-y-las-herramientas-para-crearla>

Sánchez, C. (2019). *Prrogramas educativos*. Obtenido de Apepalen: <http://www.apepalen.cyl.com/descripcion.htm>

Sarmiento Santana, M. (2007). *Una estrategia de formación permanente*. España: Universidad Rovira I Virgili.

Simmons, B. (2004). *Guía para elaborar programas de educación ambiental no formal*. México, D.F: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Tanya, M., & Leiva, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Revista Centro Agrícola*, 46(2), 93-103.

Toalombo, R. (2012). *Evaluación de microorganismos eficientes autóctonos aplicados en el cultivo de cebolla blanca*. Cevallos: [Tesis de Licenciatura, Universidad Técnica de Ambato].

Valbuena, V. (2008). Desarrollo de actividades y el proceso de construcción del conocimiento. *Revista Omnia*, 14(3), 9-31.

Valdez, A. (2016). Aplicación de microorganismos eficaces (EM) para el tratamiento de las aguas residuales domésticas en la localidad de Chucuito. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.

Vargas, D. (2018). Uso de microorganismos eficientes para tratar aguas contaminadas. *Revista Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 38(3), 88-100.

Vásquez, J. (2022). Evaluación de la planta de tratamiento N°01 de agua residual de la ciudad de Cajabamba. *Escuela de Ingeniería Hidráulica*, 64. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.14074/5049>

- Vega, M., Valverde, A., Gonzáles, F., Campos, M., & Illatopa, D. (2021). *Efectividades de microorganismos eficaces en la ecoeficiencia del cultivo de la papa*. Huánuco: UNHEVAL.
- Vigo, J. (2020). Efecto de Microorganismos Eficaces (ME) en el proceso de depuración de aguas residuales domésticas en condiciones altoandinas. *Maestría en Ingeniería Ambiental UPU*, 1-188.
- Vigo, J. (2020). *Efecto de Microorganismos Eficaces (ME) en el proceso de depuración de aguas residuales domésticas en condiciones altoandinas*. Lima: Universidad Peruana Unión.
- Villanueva Báez, J. (2017). *Influencia del programa de educación ambiental en los aprendizajes de los profesores del nivel primario en las instituciones educativas privadas de Santiago de Surco*. Lima: Universidad Ricardo Palma.
- Villarreal, D., Pimentel, G., de la Cruz, A., Alfaro, Y., & Flores, R. (2018). Aplicación de bacterias benéficas como modelo experimental para la reducción de sólidos y conductividad en aguas residuales. *Revista de Innovación Científica*, 4, 57-61.
- Zarate, V. (2009). *Estudios de sedimentación de lodos secundarios de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales del Estado de Nueva León*. Monterrey: [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León].

ANEXOS

Anexo 1. Toma de muestra en el lecho de secado de la PTARD del distrito de Llacanora



Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Inoculación de Microorganismos Eficaces en las muestras crudas



Fuente: elaboración propia

