



Universidad César Vallejo

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Estimación de la influencia de la PTAR Totora en la calidad del
agua del río Alameda, Ayacucho 2023**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental**

AUTORES:

Flores Ramirez, Sergio Bennys (orcid.org/0000-0001-8698-2129)

Vargas Quispe, Marilyn Erika (orcid.org/0009-0004-8299-0948)

ASESOR:

Mgtr. Grijalva Aroni, Percy Luis (orcid.org/0000-0002-2622-784X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático

LIMA - PERÚ

2023

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia cuyo apoyo inquebrantable y aliento constante me ha inspirado a superar los desafíos y perseverar en la búsqueda del conocimiento. Su guía y consejo han sido fundamentales en cada paso de este camino. A mis amistades, por su amor, comprensión y paciencia, les expreso mi profunda gratitud.

Flores Ramírez, Sergio Bennys

A mis mentores académicos, cuya orientación ha sido invaluable. A mis colegas y compañeros de investigación, por la colaboración y el intercambio de ideas. Este trabajo es un testimonio de la fuerza de trabajar juntos hacia un objetivo común.

Vargas Quispe, Marilyn Erika

AGRADECIMIENTO

En este momento de culminación, deseo expresar mi gratitud a todos los que han hecho contribuciones significativas para la realización de este trabajo de investigación.

A los docentes de la Universidad, cuya orientación experta, paciencia y dedicación fueron fundamentales para dar forma a este proyecto. Sus conocimientos y consejos han sido invaluable y me han guiado en cada etapa de este proceso.

Flores Ramírez, Sergio Bennys

Agradezco profundamente a mi asesor de tesis, por su invaluable orientación y sabios consejos que fueron esenciales para dar forma a este proyecto. Además, quiero agradecer a mis compañeros de clase y a aquellos que participaron en entrevistas, contribuyendo significativamente a la recopilación de datos. A mi familia, les estoy agradecida por su constante apoyo emocional y motivación.

Vargas Quispe, Marilyn Erika



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, GRIJALVA ARONI PERCY LUIS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "ESTIMACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA PTAR TOTORA EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO ALAMEDA, AYACUCHO 2023", cuyos autores son FLORES RAMIREZ SERGIO BENNY, VARGAS QUISPE MARILYN ERIKA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 17.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 25 de Enero del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
GRIJALVA ARONI PERCY LUIS DNI: 46460354 ORCID: 0000-0002-2622-784X	Firmado electrónicamente por: PGRIJALDAAR el 15- 02-2024 17:24:58

Código documento Trilce: TRI - 0735918



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, FLORES RAMIREZ SERGIO BENNYS, VARGAS QUISPE MARILYN ERIKA estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "ESTIMACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA PTAR TOTORA EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO ALAMEDA, AYACUCHO 2023", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
MARILYN ERIKA VARGAS QUISPE DNI: 76912287 ORCID: 0009-0004-8299-0948	Firmado electrónicamente por: MAVARGASQU el 25-01-2024 12:44:00
SERGIO BENNYS FLORES RAMIREZ DNI: 71010684 ORCID: 0000-0001-8698-2129	Firmado electrónicamente por: SFLORESRA01 el 25-01-2024 12:02:40

Código documento Trilce: TRI - 0735919

“Índice de contenidos”

	pág.
Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Declaratoria de Autenticidad del Asesor	iv
Declaratoria de Originalidad de los Autores	v
Índice de contenidos	vi
Índice de tablas	vii
Índice de figuras	viii
Resumen	ix
Abstract	x
I. Introducción	1
II. Marco Teórico	4
III. Metodología	25
3.1. Tipo y diseño de investigación	25
3.2. Variables y operacionalización	26
3.3. Población, muestra y muestreo	29
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	35
3.5. Procedimientos	36
3.6. Método de análisis de datos	36
3.7. Aspectos éticos	37
IV. Resultados	37
4.1. Evaluación de la calidad del agua	37
4.2. Evaluación de la calidad del efluente de la PTAR	39
4.3. Evaluación de la calidad del suelo	41
4.4. Evaluación de metales en hortalizas	43
V. Discusión	45
VI. Conclusiones	49
VII. Recomendaciones	50
Referencias	51
Anexos	59

Índice de tablas

	pág.
Tabla N° 01. Categoría III: Riego de vegetales y bebida de animales	22
Tabla N° 02. Estándares de calidad ambiental (ECA) para suelo	23
Tabla N° 03. Límite Máximo Permisible para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Agua Residual Doméstica	24
Tabla N° 04. Rango de concentraciones de metales pesados	25
Tabla N° 05. Matriz de operacionalización de variables	27
Tabla N° 06. Ubicación de puntos de muestreo de agua	30
Tabla N° 07. Ubicación de puntos de muestreo de suelo	31
Tabla N° 08. Ubicación de puntos de muestreo de hortalizas	32
Tabla N° 09. Parámetros de agua analizados en laboratorio	34
Tabla N° 10. Características fisicoquímicas, microbiológicas y metales del punto 01	38
Tabla N° 11. Características fisicoquímicas, microbiológicas y metales del punto 02	39
Tabla N° 12. Características fisicoquímicas, microbiológicas y metales del efluente de la PTAR	40
Tabla N° 13. Metales pesados en muestras de suelo del margen derecho	42
Tabla N° 14. Metales pesados en muestras de suelo del margen izquierdo	42
Tabla N° 15. Metales pesados en muestras de lechuga del margen derecho	44
Tabla N° 16. Metales pesados en muestras de rabanito del margen izquierdo	44

Índice de figuras

	pág.
Figura N° 01. Mapa de ubicación de puntos de muestreo de agua, suelo y hortalizas	33
Figura N° 02. Ubicación de los puntos de muestreo de suelos	41
Figura N° 03. Ubicación de los puntos de muestreo de hortalizas	43

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue examinar la influencia del efluente de la PTAR Totorá en la calidad del río Alameda, así mismo la relación que esta tiene con la presencia de metales pesados en hortalizas y en suelos agrícolas cercanos, pertenecientes a las comunidades de Viña Chiquita y Yuraq Chacra durante el año 2023. Se tomaron muestras del río Alameda en dos puntos, uno a 50 metros río arriba y otro a 200 metros río abajo, ambos puntos tomados como referencia desde el punto de vertimiento del efluente de la PTAR. Así mismo, se recolectaron 8 muestras de suelo de dos áreas de cultivo colindantes al río Alameda, uno al margen izquierdo y otro al margen derecho, ambas áreas fueron ubicadas cercanas al punto de monitoreo 200 metros río abajo del efluente de la PTAR. Complementariamente se tomaron muestras de hortalizas cultivadas en los dos terrenos analizados, en uno de ellos se tomaron 3 lechugas y en el otro 3 rabanitos. Todas las muestras fueron llevadas a laboratorio para su respectivo análisis para posteriormente ser comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA's) de Agua y suelo, con los Límites Máximos Permisibles (LMP'S) para Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas y con el Codex Alimentarius.

Dicho todo esto, mediante los procedimientos de investigación detallados en esta tesis, se determinó que la descarga o vertimiento del efluente de la PTAR Totorá afecta notoriamente la calidad del río Alameda sobrepasando ciertos parámetros del ECA-Agua y que existe una probable relación con la presencia de metales pesados en los cultivos de las áreas colindantes al río Alameda cuyo sistema de riego usa agua de dicho río. Los metales pesados encontrados en el suelo y en las hortalizas sobrepasan los niveles máximos permitidos por el Codex Alimentarius.

Palabras clave: hortalizas, efluentes, metales pesados.

ABSTRACT

The objective of this investigation was to examine the influence of the effluent from the Totora WWTP on the quality of the Alameda River, as well as its relationship with the presence of heavy metals in vegetables and in nearby agricultural soils belonging to the communities of Viña Chiquita. and Yuraq Chacra during the year 2023. Samples were taken from the Alameda River at two points, one 50 meters upstream and the other 200 meters downstream, both points taken as a reference from the discharge point of the WWTP effluent. Likewise, 8 soil samples were collected from two cultivation areas adjacent to the Alameda River, one on the left bank and the other on the right bank, both areas were located close to the monitoring point 200 meters downstream of the WWTP effluent. Complementarily, samples of vegetables grown in the two plots analyzed were taken, in one of them 3 lettuces were taken and in the other 3 radishes. All the samples were taken to the laboratory for their respective analysis to later be compared with the Environmental Quality Standards (ECA's) for Water and soil, with the Maximum Permissible Limits (LMP'S) for Domestic Wastewater Treatment Plants and with the Codex Alimentarius. .

Having said all this, through the investigation procedures detailed in this thesis, it was determined that the discharge or dumping of the effluent from the Totora WWTP significantly affects the quality of the Alameda River, exceeding certain parameters of the ECA-Water and that there is a probable relationship with the presence of heavy metals in crops in the areas adjacent to the Alameda River whose irrigation system uses water from said river. The heavy metals found in the soil and in vegetables exceed the maximum levels allowed by the Codex Alimentarius.

Keywords: vegetables, effluents, heavy metals.

I. INTRODUCCIÓN

La ausencia de una adecuada administración de los residuos puede provocar efectos perjudiciales para el medio ambiente, como la contaminación del agua y el daño a los ecosistemas naturales. En el presente, la existencia de compuestos nocivos en las aguas residuales plantea un desafío significativo en cuanto a la contaminación del agua. Por consiguiente, resulta imprescindible emplear tecnologías de purificación de aguas residuales con el fin de eliminar dichos contaminantes y proteger los recursos acuíferos. Estos enfoques de tratamiento pueden comprender técnicas físicas, químicas y biológicas con el propósito de eliminar tanto partículas insolubles como contaminantes solubles presentes en los vertimientos a cuerpos de agua. Es crucial preservar las fuentes de agua para garantizar la calidad del agua y fomentar la sostenibilidad medioambiental a largo plazo.

No cabe duda de que los ríos, lagos y océanos, pueden sufrir las consecuencias del vertido de aguas residuales no tratadas y desechos. Estos contaminantes tienen la capacidad de alterar física, química y microbiológicamente las características del agua, volviéndola inapropiada para diversas actividades humanas, como la agricultura, la pesca y el consumo directo. Además, el vertido de aguas residuales y desechos puede generar efectos negativos en la flora y fauna del ecosistema acuático, lo cual puede tener implicaciones tanto en la salubridad como en el medio ambiente en su conjunto. Por lo tanto, es importante implementar disposiciones para mitigar la contaminación de fuentes hídricas y proteger su calidad. (RJ- 042 - 2016 - ANA).

La contaminación de los cuerpos de agua a nivel mundial a causa de los metales pesados representa uno de los mayores desafíos medioambientales en la actualidad. La presencia de estos metales tóxicos en los ríos se considera un problema grave para las comunidades que dependen de ellos. Además, el aumento de metales pesados en las fuentes de agua es consecuencia de diversas actividades humanas, lo cual genera efectos potencialmente perjudiciales para los ecosistemas y el entorno natural, fundamentales para la vida humana. Estas circunstancias acarrearán problemas económicos a nivel local y nacional, debido al incremento de los gastos en tratamientos médicos y la reducción en la productividad de los residentes de las

áreas afectadas. (Pabón et al., 2020). Estas circunstancias son responsables de diversos problemas ambientales y de salud.

Es por ello que se formula el siguiente problema:

¿Cuál es la influencia de la Estación Depuradora de Agua Residual (EDAR o PTAR) en la calidad del agua del río Alameda en el distrito de Jesús Nazareno, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho?

Así mismo, se tiene como problemas específicos:

¿En qué magnitud las aguas del río Alameda exceden los parámetros fisicoquímicos y biológicos con respecto al ECA-Agua?

¿En qué medida el efluente de la PTAR Totora afecta en la contaminación de los cultivos de vegetales de tallo corto por Plomo y Cadmio en las comunidades Viña chiquita y Yuraq chacra, distrito de Jesús Nazareno, Ayacucho?

¿En qué medida el efluente de la PTAR de Totora sobrepasa los parámetros de los LMP respecto a los efluentes de PTAR?

El planteamiento del objetivo principal es de la siguiente manera:

Examinar la influencia de la PTAR en la calidad del agua del río Alameda, distrito de Jesús Nazareno, Ayacucho.

Asimismo, se plantearon los objetivos específicos:

Contrastar los parámetros fisicoquímicos y biológicos de la calidad del agua del río Alameda con respecto al ECA-Agua.

Evaluar en qué medida el efluente de la PTAR Totora repercute en la contaminación de los cultivos de vegetales de tallo corto por Plomo y Cadmio en las comunidades Viña chiquita y Yuraq chacra, distrito de Jesús Nazareno, Ayacucho.

Evaluar en qué medida el efluente de la PTAR de Totora sobrepasa los parámetros de los LMP respecto a los efluentes de PTAR.

Entonces, el planteamiento de la Hipótesis general es:

H1: El efluente de la PTAR Totorá genera un impacto en las propiedades del agua del río Alameda, Ayacucho.

La Hipótesis nula es:

H0: El efluente de la PTAR Totorá no ocasiona un impacto en las propiedades del agua del río Alameda, Ayacucho.

Además, las Hipótesis específicas son:

HE1: Un indicativo para la estimación de la influencia del efluente en la calidad del agua del río Alameda es la superación considerable de los ECA's de Agua en relación a los parámetros fisicoquímicos y biológicos medidos.

HE2: El efluente de la PTAR Totorá incide directamente en la contaminación de los cultivos de vegetales de tallo corto por Plomo y Cadmio en las comunidades Viña chiquita y Yuraq chacra, distrito de Jesús Nazareno, Ayacucho.

HE3: El efluente de la PTAR de Totorá sobrepasa los parámetros de los LMP respecto a los efluentes de PTAR

II. MARCO TEÓRICO

Como parte de la investigación, se desarrolló una revisión de diferentes trabajos de investigación previos, incluyendo aquellos de nivel internacional:

Mohamed et al. (2023), investiga la presencia y eliminación de contaminantes emergentes en los efluentes de una PTAR en Canadá. Estos contaminantes incluyen éteres difenólicos polibromados, hidrocarburos aromáticos policíclicos, y sustancias perfluoroalquiladas (PFAS), que a menudo se encuentran en concentraciones elevadas en los efluentes. Se evaluaron dos estaciones del año y se utilizaron dos tipos de carbón activado a base de lodos para eliminar estos contaminantes. Los resultados mostraron una alta eficiencia de eliminación en la mayoría de los casos, especialmente con BioSBAC, que logró eliminar eficazmente PFAS de cadena larga. Este enfoque de reciclaje de lodos de depuradora para producir un adsorbente eficiente como SBAC se presenta como una solución sostenible con el fin de elevar la calidad de los efluentes sin generar residuos.

En su investigación, Phungela et al. (2022) detallan cómo la liberación de efluentes contaminantes provenientes de las PTAR está generando un impacto negativo en los recursos hídricos a nivel global. El estudio se centró en evaluar específicamente el impacto del efluente de tratamiento de residuos de agua del río Cocodrilo, recopilando datos de tres PTAR y tres puntos ubicados aguas debajo de cada una de ellas. Los resultados revelaron que las PTAR no acatan con las normas establecidos para los efluentes y están teniendo un efecto adverso en la calidad en el efluente liberado. Por último, los investigadores recomendaron implementar un programa constante y coherente de supervisión de la calidad de fuentes hídricas, especialmente por las zonas en la cual prevalece la descarga de efluentes.

Sekizuka et al. (2022), evaluaron los efluentes de las PTAR en torno al río Tama y la bahía de Tokio mediante análisis metagenómico de los genes de resistencia a los antimicrobianos (ARG) y gen de resistencia a metales pesados. Determinaron que el gen de resistencia a sulfonamidas (*sul1*) fue el ARG más prevalente, seguido por el gen de resistencia a compuestos de amonio cuaternario (*qacE*). Así como los genes de resistencia a los aminoglucósidos y macrólidos fueron los ARG predominantes contra cada antimicrobiano. Los resultados de dicha investigación

nos explican que las diferencias marcadas en los ARG podrían estar involucradas en las diferencias estacionales. También detectaron genes de resistencia a metales pesados (Hg y Cu) en los efluentes de todas las EDAR. Concluyen en que la vigilancia ambiental de la RAM en las EDAR es importante para monitorear la diseminación de la RAM de bacterias de individuos predominantemente sanos que portan ARG/B notables.

Cheng et al. (2022), realizó un análisis completo de la presencia de metales pesados en lodos municipales con el fin de identificar sus fuentes, impacto ambiental y formas de acumulación. Se confirmó que los lodos municipales, ricos en nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio, contenían metales pesados en diferentes proporciones, con el zinc en la mayor cantidad. Se observó una distribución geográfica desigual de estos metales, con mayores concentraciones en las regiones orientales y meridionales. A pesar de esto, las evaluaciones de riesgo señalaron que las regiones orientales y occidentales presentaban el mayor riesgo de acumulación de metales pesados. Se identificaron las actividades agrícolas, industriales y de tráfico, así como los sedimentos en las canalizaciones de aguas pluviales, como las principales fuentes de estos metales en los lodos. Además, se encontró que el contenido de carbono orgánico total tenía un papel importante en el almacenamiento de metales pesados. En resumen, los lodos municipales poseen propiedades valiosas, pero es esencial evaluar los riesgos ambientales asociados a su contenido de metales pesados.

Lu et al. (2022), analizó el impacto del vertido de efluentes de PTAR en la comunidad bacteriana en un río, evaluando tanto el lecho del río como el agua, y buscando entender la relación entre las comunidades bacterianas totales y activas. Se recolectaron muestras en cinco ubicaciones, desde aguas arriba de la EDAR hasta aguas abajo a diferentes distancias. Se observó que la composición de especies bacterianas en el punto de vertido de la EDAR difería significativamente de los puntos aguas arriba, tanto en el lecho del río como en el agua, y se notaron cambios en la abundancia de ciertas bacterias predominantes. Además, se encontró que solo una parte de las especies bacterianas era común entre los análisis de ADN y ARN 16S rRNA, sugiriendo que las comunidades bacterianas pueden recuperarse más rápidamente en el agua que en los sedimentos después

del vertido de efluentes de EDAR. En resumen, el estudio enfatiza la importancia de considerar tanto la composición bacteriana total como la activa para evaluar el impacto ecológico de los efluentes de EDAR en los ríos.

Liu et al. (2022), en su investigación empleó la Evaluación de Identificación de Toxicidad (EIT) para identificar los componentes tóxicos predominantes en una PTAR común. También examinó cómo las características químicas afectan la eliminación de contaminantes y su toxicidad en distintas etapas del proceso de tratamiento. Los resultados mostraron que el influente de la planta causó la muerte del 100% de los embriones de *Daphnia magna* y peces cebra, y se determinó que los compuestos orgánicos, metales y compuestos volátiles contribuyeron a esta toxicidad. Aunque los contaminantes analizados tuvieron un impacto mínimo en la toxicidad de los embriones de peces cebra, las tasas de eliminación de estos elementos tóxicos en las plantas de tratamiento variaron según su hidrofobicidad. Estas diferencias pueden influir en la composición química de los efluentes y, en última instancia, en el riesgo para la vida acuática en los cuerpos receptores de agua.

Shanmugan et al. (2022), en su estudio presenta un marco de evaluación en cinco capas que utiliza herramientas como la evaluación del ciclo de vida (ACV) y la evaluación del costo del ciclo de vida (ECV) para cuantificar el valor sostenible de las EDAR municipales. Se incluyen indicadores que reflejan los beneficios para las partes interesadas y la sociedad, como el rendimiento de la inversión privada (PROI) y la relación entre los costos ambientales externos y la inversión (EECIR). El marco se valida en un estudio de caso hipotético que evalúa el valor sostenible de una EDAR municipal que implementa prácticas circulares y explora diferentes formas de utilizar sus subproductos. Se destacó una opción circular que reutiliza el efluente en la industria, utiliza el biogás para cocinar y emplea los lodos como acondicionadores de suelo, generando el mayor valor sostenible con costos más bajos, mayores ingresos, un alto PROI y un bajo EECIR. El estudio también analiza las ventajas y desventajas de este marco de evaluación.

Silva et al. (2022), su estudio se centró en evaluar cómo los desechos de las PTAR afectan la contaminación de los sedimentos en cuerpos de agua receptores. Se

analizaron tres plantas de tratamiento con diferentes tamaños de población, niveles de urbanización y métodos de tratamiento, lo que influyó en los patrones de contaminación. Se recolectaron muestras de desechos y sedimentos antes y después de la descarga de desechos en cada planta, midiendo contaminantes como metales, pesticidas, productos farmacéuticos y compuestos químicos en ambos tipos de muestras. Se encontraron diferencias notables entre los contaminantes en los desechos y los sedimentos, lo que sugiere que los desechos no siempre son la principal fuente de contaminación. Sin embargo, se identificaron contaminantes en los sedimentos que probablemente provienen de los desechos. Este análisis de sedimentos es crucial para establecer estándares operativos en las plantas de tratamiento de aguas residuales, ya que actualmente la regulación se enfoca principalmente en la composición de los desechos, lo que podría subestimar o sobreestimar el impacto a largo plazo en los cuerpos de agua receptores.

Gaurav et al. (2021), en su investigación evaluaron varios métodos accesibles para el tratamiento de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP) en aguas residuales, incluyendo información sobre sus propiedades fisicoquímicas, toxicidad y eficacia de tratamiento. La evaluación del rendimiento de las diferentes técnicas de eliminación se discute en detalle, encontrando que los procesos de oxidación avanzada y oxidación catalítica son las técnicas más valiosas y prometedoras para la eliminación de HAP, con un rendimiento general más adecuado a través de AOP con catalizadores. Finalizaron concluyendo que la eficiencia de eliminación promedio de HAP en las PTAR de dichas aguas residuales varía de 81.1% a 92.9% para técnicas secundarias y de 32% a 99.3% para AOP.

Szklarek et al. (2021), el objetivo de su estudio fue realizar una evaluación ecotoxicológica de las aguas residuales tratadas y del agua del río a nivel de cuenca utilizando una serie de pruebas biológicas. Se recogieron muestras de aguas residuales tratadas de 17 estaciones depuradoras de aguas residuales municipales de diferentes tamaños, así como muestras de agua del río Pilica en Polonia. Se llevaron a cabo análisis físicos y químicos, así como pruebas biológicas con distintos organismos. Se encontró que las pequeñas estaciones depuradoras a menudo superaban los niveles recomendados de varios parámetros. Además, se observó que las muestras de estas estaciones tenían un mayor riesgo de toxicidad

en las pruebas biológicas. Aunque no hubo una correlación clara entre los parámetros físicoquímicos y la toxicidad, se encontraron algunas correlaciones entre la concentración de ciertos elementos y la respuesta biológica. En resumen, la inclusión de pruebas ecotoxicológicas proporcionó información adicional sobre el impacto biológico de las aguas, destacando la importancia de las pequeñas estaciones depuradoras como fuentes de riesgo.

Guadie et al. (2021), el objetivo de su estudio fue tratar las aguas residuales urbanas utilizando un sistema aerobio-anóxico y luego evaluar su aptitud para el cultivo de diversos cultivos. Se recogieron muestras de aguas residuales de la ciudad de Arba Minch en diferentes momentos del año para analizar sus parámetros de calidad y alimentar reactores aerobios-anóxicos. Se evaluó el riesgo para la salud asociado con el consumo de estos cultivos utilizando índices específicos. Se halló disparidades significativas según las estaciones en algunos parámetros. El sistema de tratamiento demostró eficacia en la eliminación de contaminantes, pero se observaron niveles elevados de cadmio y plomo en los vegetales cultivados con aguas residuales tratadas, lo que significaría riesgo para la salud. En resumen, el estudio sugiere que el tratamiento aerobio-anóxico de aguas residuales puede ser una opción sostenible, pero se deben considerar los riesgos para el ambiente y la salud.

Delanka et al. (2021), esta investigación evaluó la infraestructura de aguas residuales para apoyar ciudades sostenibles, teniendo como principal objetivo el desarrollo sostenible de las Naciones Unidas, especialmente en los ODS #11 y #6. Se establecieron cinco atributos clave para evaluar la infraestructura de aguas residuales: recuperación de agua de calidad, reducción segura de patógenos, uso y recuperación de energía, recuperación de biofertilizantes y reducción de emisiones. Se derivaron 36 parámetros de proceso para cuantificar estos atributos. Se presentó un plan emergente de tratamiento de aguas negras y recuperación de recursos (STaRR) basado en algas, en comparación con las prácticas tradicionales de tratamiento de las distintas aguas residuales compuesto por lodos activados. Finalmente enfatizaron el valor de la infraestructura de aguas residuales para la sostenibilidad de las ciudades y sugieren que el STaRR es una solución sostenible

para proporcionar servicios públicos de aguas residuales a las comunidades del futuro y lograr los ODS de la ONU.

Kinuthia et al. (2020), en su trabajo presentan los niveles de metales tóxicos (Hg, Pb, Cd, Cr, Ni y Tl) en ejemplares de aguas residuales y de suelo obtenidas de conductos de drenaje abiertos en el área fabricante de Nairobi, en Kenia. Analizaron los metales mediante espectroscopia de cuerpos de plasma reunidos inductivamente ultratrazo (ICP-MS). Sus resultados mostraron que las aguas residuales tenían niveles elevados de Pb y Hg, mientras que el suelo tenía altos niveles de Hg, Pb, Ni, Cr y Cd, lo que indica la necesidad de una buena gestión de los efluentes de la zona de fábricas de Nairobi para limitar la exposición a desechos tóxicos en asentamientos informales cercanos. Recomiendan el tratamiento y la reutilización efectiva de las aguas negras. Concluyen que las acumulaciones de Cd, Cr y Ni en los efluentes estaban dentro de los límites de la OMS, el Banco Mundial, la EPA de EE. UU., China, Kenia y la CPCB de la India, mientras que Hg y Tl estaban por encima de los límites de la EPA de EE. UU.

Di Maria et al. (2020), en su estudio se presenta un modelo integrado de triple resultado que evalúa los aspectos esenciales de la sostenibilidad: ambiental, social y económica, a través de un índice de sostenibilidad integrado. Este modelo se aplicó para comparar los sistemas de regulación de aguas residuales en Italia e Israel, destacando diferencias significativas en las emisiones de gases de efecto invernadero y la eutrofización del agua dulce entre los dos países. Se evaluó el impacto en la salud humana, y se calculó un índice global de sostenibilidad que indicó resultados más bajos para la categoría de "vertido al río" en ambos países en comparación con la "reutilización en el suelo". Este enfoque metodológico tiene el potencial de mejorar la evaluación y promoción de la sostenibilidad en el ámbito del agua y otras áreas medioambientales.

Ribeiro et al. (2020), en su estudio se enfocó en evaluar la toxicidad de los efluentes de PTAR en Brasil, utilizando el pez cebra como modelo de prueba y múltiples indicadores biológicos. Se analizaron aspectos como la mortalidad, la tasa de eclosión, el comportamiento, la frecuencia cardíaca y parámetros morfológicos en embriones de pez cebra expuestos a estos efluentes durante 144 horas. Los

resultados mostraron una alta mortalidad, un retraso en la eclosión y cambios morfológicos en los embriones expuestos a los efluentes de las EDAR, lo que indicó una toxicidad sistémica relacionada con la presencia de varios contaminantes, incluso en concentraciones bajas (efecto de mezcla). Este estudio innovador utilizó múltiples biomarcadores y destacó la idoneidad del pez cebrá como modelo para evaluar la toxicidad de los efluentes de EDAR, contribuyendo al conocimiento global sobre este tema y resaltando la importancia de abordar la contaminación en entornos acuáticos.

Amoah et al. (2020), en este estudio investigaron el impacto de los asentamientos informales y las PTAR en la contaminación por huevos de helmintos en los ríos urbanos en Sudáfrica y los riesgos asociados con el uso diario del agua. Encontraron varios tipos de huevos de helmintos tanto en el agua como en los sedimentos del río, con concentraciones variables estacionales. Los asentamientos informales tuvieron un mayor impacto que las aguas negras tratadas en la contaminación de huevos de helmintos en los ríos urbanos. El riesgo de uso agrícola de los ríos estaba por encima de los valores de riesgo tolerables recomendados por la OMS para la reutilización de aguas residuales. Los autores sugieren que se debe reanalizar la calidad de las aguas en la superficie y que la inclusión de huevos de helmintos y el monitoreo de sedimentos serán críticos.

Agoro et al. (2020) En Sudáfrica evaluaron la repartición de cinco metales pesados (Cu, Pb, Cd, Zn y Fe) en diferentes etapas de recuperación de aguas residuales y sus cuerpos de agua receptores. Encontraron que las concentraciones de metales pesados en el lodo y en el agua variaron en las diferentes etapas del tratamiento y en las diferentes plantas estudiadas. Así como los contaminantes estaban por debajo de los niveles peligrosos en todas las muestras, excepto para el Cd, que era más alto en efluentes y aguas superficiales. Dedujeron que la capacidad de remoción de los metales pesados en las plantas de tratamiento fue pobre en general, excepto para la EDAR-A que presentó una mejor capacidad de remoción de Fe. Estiman que los riesgos carcinogénicos y no cancerígenos evaluados fueron bajos, aunque se deben hacer esfuerzos para mantener las concentraciones de estos contaminantes en niveles seguros. Desaconsejan el uso de los efluentes de estas instalaciones para el riego debido a la acumulación innecesaria de metales

en el suelo y las plantas cultivadas, y la posible bioacumulación y biomagnificación en la cadena alimentaria.

Du et al. (2020) en su estudio cuantificaron las emisiones mensuales de cinco metales pesados (Pb, Cd, Cr, As y Hg) de las aguas residuales de las municipalidades al medio ambiente en la provincia china de Heilongjiang. Analizaron las concentraciones de los metales en ambos afluentes y efluentes. Las proporciones de eliminación de los cinco metales pesados oscilaron entre el 50% y el 67%. Los flujos de entrada de Pb, Cr y Cd mostraron tendencias crecientes primero y luego disminuyeron después de alcanzar un valor máximo, mientras que los de Hg y Pb se mantuvieron estables. Concluyen que las construcciones de PTAR son propicias para reducir significativamente las liberaciones de metales pesados de las áreas urbanas al medio acuático en el lugar de estudio. También mencionan que los lodos provenientes de efluentes municipales podrían ser una fuente importante de metales pesados en la tierra.

Moloi et al. (2020), en su estudio se centraron en evaluar los riesgos para la salud por exposición de personas a metales pesados en sistemas fluviales que reciben efluentes de dos plantas de tratamiento en Phuthaditjhaba y Harrismith, Sudáfrica. Se analizaron metales como hierro, magnesio, manganeso, zinc, cobre, cromo, níquel, plomo, cobalto, arsénico y cadmio en los efluentes y se recogieron muestras de agua de los ríos Elands y Wilge que reciben estos desechos. Los resultados revelaron que las plantas de tratamiento no lograron eliminar eficazmente los metales pesados, y se identificó un alto riesgo no cancerígeno, especialmente debido al arsénico, en el agua de los ríos. Estos hallazgos subrayan la urgente necesidad de mejorar las PTAR en la región para proteger la salud pública y el ecosistema.

Kienle et al. (2019), realizaron un estudio en Suiza para evaluar cómo las PTAR afectan la ecotoxicidad de los arroyos cercanos. Recolectaron muestras de agua aguas arriba y aguas abajo de 24 plantas y se midió la estrogenicidad, la inhibición de la actividad fotosintética de las algas, el crecimiento y la inhibición de la acetilcolinesterasa. Además, midieron la actividad de alimentación de anfípodos y la reproducción de pulgas de agua en cuatro sitios. Sus resultados mostraron que

la descarga de las plantas de tratamiento aumentó la estrogenicidad, la inhibición de PSII y AChE aguas abajo, independientemente del uso de la tierra aguas arriba. Así como, las concentraciones equivalentes de diurón y paratión en algunas zonas fueron superiores a los valores propuestos para efectos adversos. Aseguraron que se necesita más trabajo para explorar la correlación faltante de los datos de bioensayo con los datos analíticos químicos.

Zhou et al. (2019) en su estudio examinaron la presencia y emisión de contaminantes tradicionales (metales pesados) y emergentes (sustancias perfluoroalquiladas y productos farmacéuticos y de cuidado personal) en seis PTAR en el río Yanghe, China. Recolectaron muestras durante cuatro campañas de muestreo de noviembre de 2016 a julio de 2017 y se analizaron 17 sustancias perfluoroalquiladas, 25 productos farmacéuticos y de cuidado personal, y 8 metales pesados. Encontraron concentraciones más altas de metales pesados en los afluentes y efluentes, mientras que los contaminantes emergentes fueron más comunes en el influente. Determinaron que la eliminación de lodos descargó más productos farmacéuticos y metales pesados en el medio ambiente que la descarga de efluentes, mientras que los contaminantes perfluoroalquilados se encontraron en concentraciones similares en ambos. Finalmente, sugieren que el control de los contaminantes tradicionales debe ser priorizado en las PTAR de la región.

Alygizakis et al. (2019) en su investigación recopilaron muestras promedio de aguas residuales de efluentes de doce PTAR en nueve países de la cuenca del río Danubio. Analizaron las muestras para detectar 2248 productos químicos de preocupación emergente (CEC), y se identificaron 280 compuestos. También llevaron a cabo bioensayos para determinar la potencia agonística / antagónica, estrés oxidativo e inducción del metabolismo xenobiótico de las muestras de aguas residuales. Sus resultados se utilizaron para clasificar los efluentes de aguas residuales en cuatro categorías en función de su toxicidad medida, y se propuso un plan de acción putativo para los operadores de aguas residuales. Además, analizaron muestras para detectar la presencia de antibióticos y genes resistentes a los antibióticos.

Crini y Lichtfouse (2019), en su artículo ofrecen una descripción general del tratamiento de aguas residuales, las tecnologías disponibles, las ventajas y desventajas de cada una de ellas.

Turek, Wieczorek y Wolf (2019), en su estudio evaluaron la eficiencia de la destrucción de sustancias orgánicas en lodos crudos o estabilizados para determinar los metales según las regulaciones de la UE. Tres procedimientos (A, B y C) de mineralización fueron evaluados y se utilizó una mezcla de HNO₃ concentrado y HCl para la destrucción de la matriz. El método (B) que involucra la ignición y digestión por microondas fue el más efectivo para la destrucción de la matriz y la precisión de la medición aumentó sustancialmente. Los resultados obtenidos para Cu, Cd y Zn después de la digestión por el método (A) y (B) fueron comparables, y no se sobrepasaron los límites de concentración de metales.

Ali, Khan e Ilahi (2019), revisaron los diferentes aspectos de los metales pesados como contaminantes ambientales, destacando su toxicidad, persistencia y bioacumulación en las cadenas alimentarias. Mencionan las fuentes naturales y antropogénicas de estos elementos, con un enfoque en la minería y la actividad industrial. La bioacumulación de metales pesados en pescados, arroz y tabaco se analizaron como una amenaza para la salud humana. Recomiendan evaluar y monitorear la presencia de metales pesados en diferentes segmentos ambientales y la biota. Los metales pesados más peligrosos ambientalmente relevantes se identificaron como Zn, Cr, Cd, Ni, Pb, Cu, Hg y As.

Nyamukamba et al. (2019), realizaron un estudio donde se evaluó la calidad de los efluentes de aguas residuales tratadas de tres PTAR en el Triángulo Vaal de Sudáfrica. Se encontró que el afluente de Rietspruit tenía la mayor salinidad, sólidos disueltos totales, conductividad eléctrica y turbidez. Los resultados mostraron que todos los antibióticos estaban por debajo del límite de detección en las tres plantas, excepto el sulfametoxazol. Las concentraciones de sulfametoxazol en los afluentes y efluentes variaron de 39-47,8 ng L⁻¹. Además, se midieron los parámetros fisicoquímicos y se encontró que la abundancia de las concentraciones metálicas sigue el orden Ca > Na > Mg > K > Zn > Ni > Fe = Pt > Co = Au > Mn > Cu > Cr > As, con la mayor concentración de Ca y la menor de As.

Kolawole et al. (2018), en su artículo describen un estudio sobre la contaminación de suelo y sedimentos en una zona industrial en Nigeria, con el objetivo de evaluar el nivel de contaminación y el posible riesgo ecológico. Se utilizaron técnicas de difracción de rayos X y espectrometría de masas de plasma acoplado inductivamente para determinar la composición mineralógica y las concentraciones de metales pesados. Se utilizaron varios índices para evaluar la contaminación y el riesgo ecológico, y encontraron que las dosificaciones de metales pesados en suelos y sedimentos fueron muy altas para plomo, cadmio y cobre. También se encontró que las actividades industriales, vehiculares y geogénicas eran las principales fuentes de metales. Recomiendan una vigilancia ambiental periódica y la formulación de políticas adecuadas para reducir la contaminación. Sin embargo, se menciona la urgencia de estudiar más para complementar los resultados de este estudio preliminar.

Blum et al. (2018), investigaron sobre el impacto de las emisiones de microcontaminantes de las PTAR en la cuenca del río Fyris en Suecia, que desemboca en el lago Mälaren, fuente de agua potable para 2 millones de personas en la región de Estocolmo. Recolectaron muestras de sedimentos, agua y peces para evaluar la persistencia, movilidad, biodisponibilidad y bioacumulación de 32 contaminantes orgánicos emergentes. Se identificaron cinco contaminantes como persistentes, móviles y biodisponibles, incluyendo la galaxolide y el 2,4,7,9-tetrametil-5-decyn-4,7-diol que también se encontraron como bioacumulativos. La masa media total de los contaminantes objetivo persistentes y móviles que fluyen desde el lago Ekoln hasta la fuente de agua potable del lago Mälaren se estimó en 27 kg por año. Además, identificaron tentativamente diez contaminantes adicionales mediante detección no objetivo. La atenuación de los flujos de masa fue mayor en verano y otoño, lo que sugiere la importancia de la degradación biológica y la fotodegradación para la persistencia de los compuestos estudiados.

Hargreaves et al. (2018), tratan en su artículo sobre la existencia de metales pesados en los efluentes municipales, que incluyen cobre, plomo, níquel, zinc y mercurio, y su impacto en el medio ambiente. Se discuten las revisiones de criterios en la legislación relacionada con el agua que pueden reducir las concentraciones de metales en los efluentes finales. La revisión evalúa el desempeño de los

procesos convencionales de tratamiento de aguas negras domiciliarias, y los mecanismos y parámetros que influyen en la eliminación de metales se discuten para evaluar cómo la comprensión del comportamiento del metal dentro de los procesos de tratamiento de aguas negras puede permitir la optimización y mejora de los procesos de tratamiento convencionales. También examinan tecnologías de tratamiento avanzadas que pueden eliminar metales de las aguas residuales municipales en condiciones reales.

Zhang, Wang y Wang (2017), en su investigación hablan sobre la eliminación de los lodos de depuradora en el tratamiento de aguas negras. El vertido y la incineración se consideran menos económicos que la aplicación en tierra, pero la presencia de metales pesados restringe su uso en la aplicación en tierra. El compostaje y la inmovilización química se utilizan comúnmente para inmovilizar los metales pesados en los lodos de depuradora. Se discuten los agentes inmovilizadores químicos comúnmente utilizados, como el aluminosilicato, los materiales que contienen fósforo, los compuestos básicos y los sulfuros. También se mencionan los inconvenientes ocurridos en el proceso de inmovilización y cómo se pueden mejorar los efectos de fijación mediante la combinación de diferentes métodos y la modificación de los agentes inmovilizadores químicos.

Ebrahimi, Gerber y Rockaway (2017), se centran en su estudio en establecer modelos predictivos para correlacionar variables de rendimiento de las PTAR con parámetros específicos medidos, con el objetivo de evaluar tendencias generales y cuantificar el rendimiento operativo. Se analizaron quince parámetros de calidad y cantidad de las aguas residuales municipales utilizando datos registrados de 2010 a 2016. Para determinar la condición general de calidad del agua, desarrollaron un Índice de Calidad de Aguas Residuales (WWQI) que resume una gran cantidad de parámetros de calidad en un solo término. Además, utilizaron el Análisis de Componentes Principales (ACP) cuya intención es determinar las interdependencias entre las variables y se lograron altas precisiones para ajustar los modelos con data conjunta de prueba y entrenamiento para predecir parámetros de calidad como la demanda biológica de oxígeno (DBO), el fósforo total (TP) y WWQI. Las técnicas y procedimientos presentados proporcionan un marco de evaluación para los programas de monitoreo de tratamiento de aguas residuales.

Jones et al. (2017), discuten en su artículo sobre cómo los metales, tanto naturales como liberados por actividades humanas, pueden contaminar el medio ambiente a través de las PTAR. El estudio examina las concentraciones de metales en las salidas de nueve PTAR en Dublín y Cork, Irlanda, y encuentra que todas las muestras contenían metales prioritarios que excedían los ECA en varios casos. El estudio discute la relación entre la ocurrencia de metales pesados, la influencia de factores como los insumos industriales, los niveles de tratamiento y el porcentaje de área urbana en una aglomeración. Los resultados indican que las PTAR pueden estar contribuyendo a la presencia elevada de metales pesados presentes en los sistemas fluviales.

Jin et al. (2017), estudió el impacto del efluente de la PTAR en la calidad del agua y las comunidades de plancton en un río tributario urbano en Dianchi. El análisis encontró que el efluente de la PTAR disminuyó las concentraciones de sólido suspendido, DBO5, fósforo total y aumentó la concentración de nitrato, nitrógeno total y nitrógeno nitrato (NO₃-N). Además, se produjo un cambio distinto en la comunidad de fitoplancton de Chlorophyta a Bacillariophyta después de la afluencia de efluente de la PTAR, debido al aumento de NO₃-N y facilitado por el aumento estacional de la temperatura del agua. Las comunidades de zooplancton fueron menos sensibles a los cambios en las condiciones de contaminación del agua que las comunidades de fitoplancton. El factor principal que influyó en la comunidad estructural de zooplancton del río Chuanfang fue la temperatura.

Privette y Smink (2017), evaluaron en su proyecto el impacto aguas abajo de la eliminación del efluente generado por varias PTAR a lo largo del río Reedy, Boyd Millpond y Lake Greenwood. Utilizaron el Modelo del Río Reedy, que combinó diferentes programas para analizar los aspectos cualitativos y cuantitativos del agua. Se investigaron las especies de nitrógeno y fósforo en este estudio, y se realizaron simulaciones manteniendo todos los parámetros originales constantes y eliminando las PTAR del modelo. La eliminación del efluente redujo el flujo promedio en Boyd Millpond y el brazo del río Reedy del lago Greenwood, y tuvo el mayor impacto durante los períodos de flujo mínimo. La concentración total de nitrógeno y fósforo total y las cargas de masa en Boyd Millpond y Reedy Arm disminuirán en aproximadamente un 50% con la eliminación del efluente según los

valores de flujo diario promediados durante siete años. El informe no considera otros impactos que podrían ser influenciados por la eliminación de efluentes.

Ashauer (2016), analizó en su estudio la eliminación de microcontaminantes orgánicos en una PTAR mediante ozonización a gran escala y filtración de arena. Utilizó el indicador SPEAR para evaluar la calidad del agua mediante la abundancia de macroinvertebrados. Los resultados indicaron una mejora en la calidad del agua aguas abajo de la planta durante la ozonización, con un aumento del 12% en la abundancia relativa de macroinvertebrados vulnerables. Este aumento indica una mejora en la calidad ecológica del arroyo y cambia la clasificación de pobre a moderada según la Directiva Marco del Agua. El indicador SPEAR también puede indicar estrés tóxico por una mezcla de microcontaminantes, incluyendo productos de cuidado personal, pesticidas y farmacéuticos. Se concluye que, la ozonización seguida de filtración de arena puede mejorar la calidad del agua en la corriente receptora.

También se realizó una búsqueda de data a nivel nacional, obteniéndose los resultados siguientes:

Fernández (2022), en su trabajo de tesis menciona que la calidad del agua del Canal Galindona ha sufrido consecuencias a causa de la desembocadura de aguas residuales al canal. Los resultados del estudio muestran que los niveles de los indicadores físicoquímicos y biológicos de los ejemplares de agua del canal están por encima de los ECA y los LMP. Esto sugiere que existe un elevado riesgo para la salubridad de la comunidad cercana al canal Galindona. Se resalta que la valoración de impactos antropogénicos es una herramienta valiosa para identificar los riesgos ambientales y para tomar medidas preventivas y correctivas. En este sentido, el estudio realizado proporciona información útil para que las autoridades competentes puedan tomar decisiones y establecer medidas para minimizar los efectos en la garantía del agua del canal. Además, la aplicación de encuestas a la población aledaña al canal permite conocer su percepción sobre la garantía del agua y los peligros para la salud que esto involucra. Esta información puede ser útil para las autoridades competentes a la hora de determinar decisiones y establecer medidas para minimizar la alteración de la calidad del agua y

perfeccionar la salud de la comunidad aledaña al canal Galindona. Los resultados del estudio realizado indican la necesidad de tomar medidas preventivas y correctivas para minimizar los riesgos en la condición del recurso hídrico del conducto Galindona y mejorar la salud de la población aledaña al canal.

Barreto, R. y Colque, W. (2021), en su trabajo de investigación determinó la presencia en suelos agrícolas de Cr VI, Cd y Pb debido al efluente generado por el botadero de la municipalidad de Espinar, en Cusco. Se aplicó un método general de investigación y un diseño no experimental transversal, donde se tomaron patrones de cinco lugares de la zona de estudio. Los resultados obtenidos para el Cr VI fue inferior a 0.20 mg/kg en los cinco puntos, mientras que el Pb fue menor a 0.20 mg/kg en los mismos puntos. Sin embargo, el Cd excedió los valores permitidos según la norma, con valores entre 1.655 y 2.806 mg/kg en los diferentes lugares de muestreo. Concluyen que tanto el Cr VI como el Pb se encuentran por debajo del valor permitido, mientras que el Cd excede el valor máximo permitido. Es importante tener en cuenta que la existencia de estos elementos en el suelo agrícola ocasionaría una afección negativa en la calidad de los cultivos, así como en la población que lo consume. Por lo tanto, se debe minimizar el impacto del lixiviado del botadero municipal en el suelo agrícola y los pobladores cercanos.

Choque (2020), en su trabajo de investigación, se puede concluir que el cultivo de cilantro en Saylla, Cusco, utilizando aguas residuales del río Huatanay, presenta un alto nivel de contaminación microbiológica en el suelo y agua antes de la instalación del cultivo, así como en el suelo y planta durante la cosecha. Además, se encontró que el contenido de plomo disponible en la cosecha de la planta de cilantro es muy alto respecto al límite de valor guía, mientras que el mercurio disponible y cadmio disponible fueron muy bajos en comparación con el límite de valor guía. Es importante destacar que la alta contaminación microbiológica y la presencia de plomo en el cultivo de cilantro pueden representar un peligro hacia la salubridad de la población consumidora, es por ello que se deben tomar medidas para mejorar la calidad del riego utilizado y el manejo adecuado de los residuos. Asimismo, se recomienda realizar estudios periódicos para monitorear la calidad del recurso hídrico y el suelo en el territorio de cultivo.

Cuyubamba (2020), en su trabajo de investigación, trata sobre el objetivo de evaluar en el CP de Manchuria metales pesados presentes en la zona de cultivo de cacao y en las lombrices de tierra, entre noviembre de 2020 y enero de 2021. Se realizó cinco calicatas aleatorias de 1 metro por 1 metro, con una profundidad mínima de aproximadamente 30cm. Se tomaron cinco muestras de suelo de 1 kg y de lombrices de cada excavación. Se evaluó la cantidad de plomo y cadmio en el terreno utilizado para el cultivo de cacao, y se compararon con los ECA de suelo y las interpretaciones de análisis de suelo. También se analizó la población de las lombrices de tierra y su capacidad de absorber metales pesados como un indicador biológico. Los resultados mostraron que las lombrices de tierra absorbieron cadmio y plomo, diferenciando que la absorción de algunos metales fue mayor que otros. Se observó que la población de las lombrices de tierra tuvo un efecto inverso en la concentración de cadmio a diferencia del plomo que no se vio afectado por la densidad poblacional y se encontró en cantidades mínimas.

El estudio de investigación realizado por Salazar (2020) evaluó el efecto de las aguas negras en la calidad del río Tarma, provincia de Tarma, Junín. Cubrió una longitud de 18km en la subcuenca media y alta del río Tarma, y se seleccionaron cuatro puntos de monitoreo específicos. Se identificó los principales orígenes de contaminación, así como la ubicación de los puntos desde donde se descarga aguas residuales en el río, también se realizó monitoreos. Los datos obtenidos se compararon con el ECA-Agua de categoría 3, y se realizó un análisis estadístico para reconocer las fuentes y puntos críticos de infección en el río. A partir de los resultados, se propusieron alternativas de solución para el río Tarma.

En su tesis, Santayana (2019) se enfocó en evaluar cómo los distintos tipos de uso del suelo afectan la calidad del agua en la cuenca del Lago Titicaca. Utilizó software especializado como Fragstat y ArcGIS para analizar métricas del paisaje, y aplicó métodos estadísticos multivariados. Los resultados revelaron que muchos cuerpos de agua en la cuenca están alterados, y se identificaron 12 subcuencas con patrones de uso del suelo heterogéneos y estaciones de monitoreo en su desembocadura. Se determinó que el uso del territorio es diverso, con subcuencas dominadas por actividades humanas como cultivos temporales, áreas urbanas, minería y extracción de hidrocarburos, entre otros. El estudio también encontró que

la reducción de la calidad del recurso hídrico se ve ligado al uso del suelo urbano, afectando directamente cualidades físicas como el pH y los coliformes termotolerantes, así como parámetros inorgánicos como el sodio y los fosfatos. Sin embargo, la relación entre los metales y metaloides como el plomo, cadmio, hierro y zinc, y los distintos tipos de uso de suelo fue poco significativa. Esta investigación resaltó la importancia de comprender la relación entre la calidad del agua y el uso de suelo en la planificación y ordenamiento territorial, y subrayó la necesidad de monitorear de manera constante el recurso hídrico de la cuenca para evaluar su estado y tomar medidas de protección y conservación.

Aspajo (2018) evaluó la eficiencia de las PTAR en los distritos de Elias Soplin Vargas y Soritor en San Martín, Perú. Se utilizaron los LMP normados por la ley peruana como referencia, los resultados muestran que la PTAR en Elias Soplin Vargas tiene mayor eficiencia que la de Soritor, y ambas cumplen con los LMP establecidos. Su estudio es descriptivo comparativo fundamentado en analizar muestras de efluentes de ambas plantas. En conclusión, se determinó que la eficiencia de las PTAR es adecuada en ambos distritos y cumple con los estándares del estado peruano.

Berrios (2018) llevó a cabo un estudio experimental en su tesis para describir la contaminación del río Niño ocasionado por aguas residuales descargadas. Se utilizó un enfoque transversal correlacional con muestras tomadas en dos períodos, abril-mayo del año actual, donde se descargan las aguas residuales y a 100 metros antes y después de dicho punto para su comparación con el ECA. Los resultados obtenidos revelaron que la contaminación del río Niño excede el ECA establecido para el agua, aunque en el punto de descarga no se superan los LMP en efluentes de agua residual. Mediante la prueba T de Student para muestras relacionadas se demostró que las descargas de aguas residuales tienen una influencia significativa en la contaminación del río Niño.

Rosales, D. (2018), en su trabajo de tesis investigó el uso de *Escherichia Coli* y fibra de coco para la biorremediación de suelos agrícolas con presencia de plomo y cadmio en el distrito de Supe, provincia de Barranca. Obteniendo patrones del suelo contaminado se confirmó la presencia de cadmio y plomo. Aplicando la

Escherichia Coli en conjunto con fibra de coco como tratamiento a una muestra de 60 kg de suelo realizada tres veces. Aislado la Escherichia Coli del río Supe se cultivó en el laboratorio durante 14 días. Se utilizaron diferentes medios de cultivos para confirmar la presencia de la bacteria. Analizó las características del suelo, así como la presencia de cadmio y plomo semanalmente. Los resultados mostraron durante la primera semana de tratamiento una reducción de cadmio y plomo, lo que sugiere que la biorremediación con Escherichia Coli y fibra de coco tiene potencial para reducir la presencia de cadmio y plomo en suelos agrícolas.

Se presenta lo siguiente en cuanto a los trabajos realizados a nivel local:

Córdova (2019) en su investigación determinó el impacto de los efluentes de la PTAR Totorá en la contaminación con metales pesados (cromo, cadmio y plomo) en hortalizas de la Comunidad de Totorá durante los años 2017-2018. El diseño experimental usado fue la división por bloques aleatorizados de parcelas completas, usando rábano, espinaca y lechuga rociadas con dos fuentes diferentes (efluentes de la PTAR y agua de suministro de la comunidad). Se analizó la concentración de los metales pesados en las hortalizas utilizando la técnica ICP-OES. Los resultados revelaron que las plantas rociadas con agua de los efluentes presentaron absorción de metales pesados superiores a los LMP en algunos casos. La espinaca mostró una absorción de cadmio por encima del LMP, mientras que la lechuga y el rábano estuvieron por debajo; cromo fue elevada en todas las hortalizas regadas con agua de los efluentes, superando el LMP en espinaca, lechuga y rábano. Además, la presencia de plomo en las plantas rociadas con agua de los efluentes también excedió el LMP. Recomienda investigar adicionalmente en otras plantas u hortalizas, ya que los niveles de metales pesados superaron los LMP establecidos. Los resultados indican que los efluentes de PTAR Totorá tienen un impacto significativo en la contaminación de plantas por cadmio, cromo y plomo en la comunidad de Totorá-Ayacucho.

Agua residual: Son aguas cuyas propiedades fueron alteradas por acción antropogénica y debido a su condición requieren un tratamiento previo a su reutilización y/o diseminar a una fuente hídrica natural o alcantarillado (ANA 2019).

Contaminación del agua: Agua cuya composición ha sido alterada de manera que no cumple con las condiciones de uso en su estado natural. El agua contaminada generalmente contiene componentes químicos u otros elementos en concentraciones elevadas a su condición natural. (Alcora, 2022)

Contaminación Ambiental: La existencia de compuestos dañinos en el entorno ambiental, ya sean de origen biológico, químico u otro tipo, puede generar una alteración en el hábitat de los seres vivos. Estas sustancias son resultado de las acciones del ser humano, tanto directas como indirectas, y sus concentraciones superan los límites máximos permitidos. Esto provoca una alteración en las 7 características del cuerpo receptor, lo que tiene un impacto negativo en la naturaleza y en la salud humana. (Andaluz, 2012)

Estándar de Calidad Ambiental (ECA): Son pautas establecidas para determinar el grado de concentración de sustancias químicas, biológicas o parámetros físicos en el ambiente, con el objetivo de garantizar que no representen un riesgo significativo para la salud humana y el ambiente. (D.S. N°004-2017-MINAM)

Tabla 01. Categoría III: Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetros	Unidad de medida	“Riego de vegetales”	
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido
Fisicoquímicos			
Aceites y grasas	mg/L	5	10
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L	15	15
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L	40	40
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	≥4	≥5
Temperatura (T°)	°C	Δ 3	Δ3
Inorgánicos			
Cadmio	mg/L	0.01	
Plomo	mg/L	0.05	
Microbiológicos y Parasitológicos			

Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1000	2000
----------------------------	------------	------	------

Fuente: D.S. N°004-2017-MINAM

Tabla 02. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo

Parámetros en mg/kg PS	Usos del suelo			Métodos de ensayo
	Suelo agrícola	Suelo Residencial/ Parques	Suelo Comercial/ Industrial/ extractivo	
Cadmio	1.4	10	22	EPA 3050 EPA 3051
Plomo	70	140	800	EPA 3050 EPA 3051

Fuente: D.S. N°011-2017-MINAM

Límite Máximo Permisible (LMP): Es una referencia que determina la concentración máxima aceptable de elementos, sustancias o características físicas, químicas y biológicas en un efluente o una emisión con el propósito de salvaguardar la salud humana y el ambiente. Cuando un contaminante excede el LMP, puede causar daños significativos al ambiente y a la salud, por lo que se necesita tomar medidas para reducir su presencia en el medio ambiente. El LMP es establecido por las autoridades ambientales y puede variar según el tipo de contaminante, el medio ambiente receptor y los efectos que puede causar. (D.S. N° 003-2010-MINAM)

Tabla 03. Límite Máximo Permisible para los efluentes de PTAR Doméstica

Parámetro	Unidad	LMP De Efluentes para Vertidos a cuerpos de aguas
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
DBO	mg/L	100
DOQ	mg/L	200
pH	unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
T°	°C	<35

Fuente: (D.S. N° 003-2010-MINAM)

Metales Pesados: Son elementos químicos (Pb, Cd, Cr, etc.), que generalmente presentan ciertas características bioacumulativas, que hacen que sea nocivo para la salud humana y se pueden hallar presentes en cuerpos de agua. (FACSA 2017)

Plomo: Elemento presente en pequeñas dosis de forma natural en la tierra y cuenta con algunos usos beneficiosos. Sin embargo, su toxicidad trae efectos adversos en la salud de los seres vivos. (EPA 2023)

Cadmio: Metal pesado obtenido del procesamiento de metales como el zinc (Zn) y el cobre (Cu). Su presencia ambiental es resultado de las actividades industriales y tiende a acumularse. (Pan y col. 2009)

Tabla 04. Rango de concentraciones de metales pesados

Elemento	Rango Normal (ppm)
As	< 5-40
Cd	< 1-2
Co	< 0.05
Cu	< 60
Cr	< 280
Mn	< 0.20
Hg	< 23
Ni	2-100
Pb	10-150
Zn	25-200

Fuente: (Dinámica Ambiental, 2018)

Hortalizas: Son plantas herbáceas comestibles (hojas, tallos) que se puede usar como alimento, ya sea cocinado o crudo. Las hortalizas de consumo más frecuente son: zanahoria, cebolla, lechiga, espinaca, tomate, rabanito, coliflor, etc. (HERNANDEZ RODRIGUEZ, M. S. G. 2022)

Suelo: Es un componente importante para la tierra y ecosistemas, ya que es un medio natural para el desarrollo de plantas y está compuesto por minerales, materia orgánica y agua. (FAO, 2023).

Contaminación del suelo: Es un proceso que consiste en la pérdida de su productividad, ya que en el suelo se perciben sustancias tóxicas en altas concentraciones que modifican su capacidad natural de eliminar las sustancias (R. Jiménez, 2017)

III. METODOLOGÍA

III.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de Investigación:

Es aplicada, dado que esta investigación se enfocó en aplicar conocimientos y técnicas existentes para su evaluación, en la estimación de la influencia de la planta de tratamiento de aguas residuales de Totorá en la calidad del agua del Río Alameda distrito de Jesús Nazareno, si cumple con los parámetros establecidos en los ECAs y LMPs, de tal manera que lo obtenido nos ha

ayudado a reconocer, tasar, cotejar, deducir y generar soluciones específicas.

Diseño de investigación:

Es el diseño No experimental de tipo descriptiva comparativa por la técnica de contrastación, ya que se describirá y se analizará la realidad del problema en la que se representa en el campo y estructurar la información, teniendo en cuenta las variables involucradas. Mediante el registro, análisis y técnicas de recolección (toma de muestras), la observación y contrastar los resultados por la normatividad ambiental vigente.

III.2. Variables y operacionalización

Variable independiente:

- Estimación de la Influencia de la PTAR Totorá

Variable dependiente:

- Calidad del agua del Río Alameda
- Calidad del suelo agrícola de comunidades aledañas al Río Alameda.

Tabla 05. Matriz de operacionalización de variables

"Estimación de la Influencia de la PTAR Totora en la calidad del agua del río Alameda, Ayacucho 2023"						
Variable	Tipo	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Unidad de medida
Estimación de la influencia de la PTAR Totora	Independiente	Torres-Poveda, I. E. (2016). Las PTAR son estructuras fundamentales para el cuidado del medio natural y la salubridad, ya que permiten eliminar los contaminantes presentes en los efluentes de uso humano, los cuales pueden causar graves daños al ambiente y en la salubridad si se vierten sin tratar en los cuerpos de agua	Torres-Poveda, I. E. (2016). Para lograr la eliminación de los contaminantes, las PTARs emplean diversos procedimientos que dependen de las características del efluente a tratar. En cuanto a los parámetros son fundamentales para evaluar la calidad del efluente y compararla con la normatividad ambiental vigente	Parámetros físicos, químicos y biológicos del efluente de la PTAR	Aceites y grasas	mg/L
					DBO	mg/L
					DQO	mg/L
					pH	Unidad
					Coliformes termotolerantes	NMP/100
					Sólidos totales en suspensión	mL/L
	T°	°C				
Calidad del agua del río alameda	Dependiente	Rodrigo et al. 2018. La calidad del recurso hídrico se determina por parámetros establecidos para garantizar su adecuado uso y consumo, por lo que es importante garantizar su protección y conservación. Estos parámetros se basan en estándares y normas establecidas	D.S. N° 004-2017-MINAM. Los ECA son utilizados como referencia para evaluar la calidad del medio ambiente y determinan los efectos adversos que pueden producir los contaminantes en la salubridad y el ambiente, por lo que su cumplimiento es crucial	Parámetros físicos, químicos y biológicos de las aguas del Río Alameda	Aceites y grasas	mg/L
					DBO	mg/L
					DQO	mg/L
					pH	Unidad
					Cd	mg/L
					Pb	mg/L
	Coliformes termotolerantes	NMP/100				

		para lograr la protección ambiental y la salud pública.			
	Londoño-Franco, Londoño-Muñoz & Muñoz-García (2016) La acumulación de metales pesados en el suelo y el agua de riego agrícola puede ser el resultado de la actividad industrial y otras fuentes de contaminación ambiental. Estos metales pueden ser absorbidos por las plantas y luego transferidos a los animales y los humanos que los consumen, ocasionando efectos negativos en la salud humana	D.S. N° 004-2017-MINAM. Los ECA son utilizados como referencia para evaluar la calidad del medio ambiente y determinan los efectos adversos que pueden producir los contaminantes en la salubridad y el ambiente, por lo que su cumplimiento es crucial para garantizar la protección ambiental y la salubridad.	Parámetros inorgánicos del uso de suelo agrícola	Cd	mg/kg
				Pb	mg/kg

III.3. Población, muestra y muestreo

Población

La presente investigación tuvo como población al Río Alameda, PTAR Totorá y suelos agrícolas de la comunidad de Yuraq Chacra y Viña Chiquita.

Muestra

En esta investigación las muestras fueron el efluente de la PTAR de Totorá y el agua del río Alameda. Así como muestras del suelo agrícola aledaña al río y dos tipos de hortalizas.

Muestreo

Para realizar el muestreo del río se determinó en función al Protocolo Nacional según la R.J. N° 010-2016-ANA.

Para lo cual se tendrá en cuenta los siguientes aspectos:

- **Ubicación de los puntos de muestreo**

Para los puntos de muestreo se consideró aguas arriba a una distancia de 50 metros del punto de vertimiento, otra muestra del mismo efluente en el punto de vertimiento y otra muestra a una distancia de 200 metros aguas abajo del punto de vertimiento. Siendo un total de 3 puntos de muestreo.

- **Identificación de los puntos de muestreo**

Los puntos de muestreo fueron identificados de manera que permita su ubicación exacta para realizar la toma de muestra; y las coordenadas fueron expresadas en sistema UTM.

Tabla 06. Ubicación de puntos de muestreo de agua

Código	Descripción	Coordenadas UTM GS84 – 18S
AGAL-01	A 50 metros del efluente río arriba	N: 8547084 E: 0585976
AGAL-02	A 200 metros del efluente río abajo	N: 8547309 E: 0586074
EFAL-01	Efluente de la PTAR Totorá	N: 8547136 E: 0585988

Fuente: Elaboración propia

Para realizar la toma de muestras de suelo se determinó en función a la “Guía para el muestreo de suelos”, D.S. N° 002-2013-MINAM.

Para lo cual se tendrá en cuenta los siguientes aspectos:

- **Ubicación de los puntos de muestreo**

Para los puntos de muestreo según el uso de suelo agrícola, la toma de muestra superficial será de 0 – 30cm de profundidad de muestreo.

- **Determinación de los puntos de muestreo**

Al ser un muestreo de identificación se tomó como patrón de muestreo las rejillas regulares y considerando que el área de potencial interés es menor a 0,1 HA la cantidad total de puntos de muestreo fueron de 4 por terreno.

Tabla 07. Ubicación de puntos de muestreo de suelo

Código	Descripción	Coordenadas UTM GS84 – 18S
Margen derecho		
SUALL-01	Muestra de suelo correspondiente al cultivo de lechuga	N: 8547294 E: 0586087
SUALL-02	Muestra de suelo correspondiente al cultivo de lechuga	N: 8547300 E: 0586093
SUALL-03	Muestra de suelo correspondiente al cultivo de lechuga	N: 8547290 E: 0586094
SUALL-04	Muestra de suelo correspondiente al cultivo de lechuga	N: 8547297 E: 0586100
Margen izquierdo		
SUALR-01	Muestra de suelo correspondiente al cultivo de rabanito	N: 8547316 E: 0586048
SUALR-02	Muestra de suelo correspondiente al cultivo de rabanito	N: 8547315 E: 0586058
SUALR-03	Muestra de suelo correspondiente al cultivo de rabanito	N: 8547327 E: 0586055
SUALR-04	Muestra de suelo correspondiente al cultivo de rabanito	N: 8547326 E: 0586062

Fuente: Elaboración propia

Para la toma de muestra de las hortalizas lechuga y rabanito, se recolectará de las zonas de cultivo previa autorización de los dueños de las propiedades durante la mañana (5:00 am), debido a que dichas hortalizas son cosechadas a tempranas horas para ser comercializadas en los mercados de la ciudad de Ayacucho. Las muestras serán tomadas por triplicado durante el mes de ejecución del proyecto y serán transportadas en bolsas de polietileno denso con cierre hermético para su respectivo análisis en laboratorio.

- **Ubicación de los puntos de muestreo**

Para obtener las muestras se consideró las zonas de cultivos a partir de una distancia de 200 metros de aguas abajo del punto de vertimiento.

- **Identificación de los puntos de muestreo**

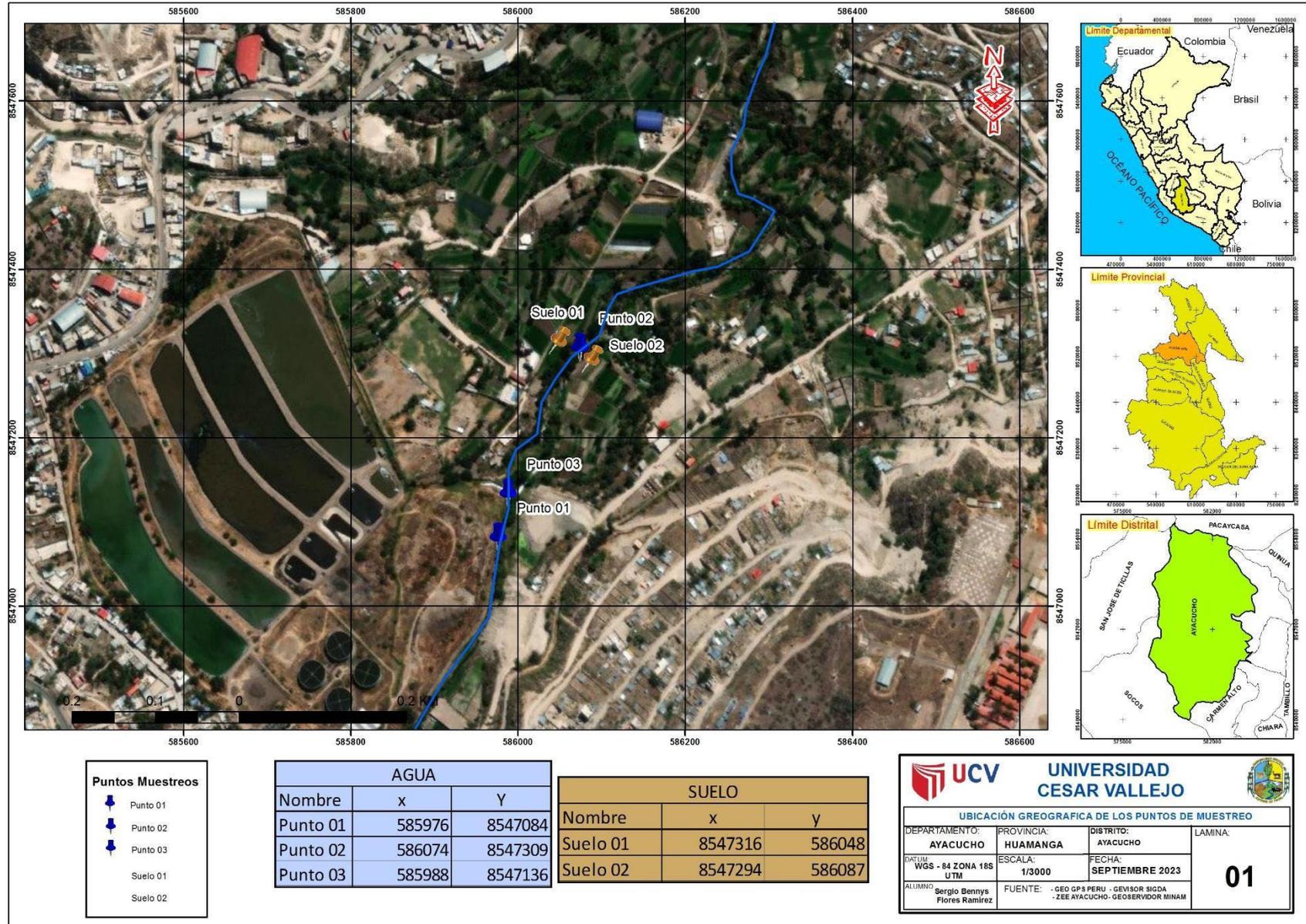
Los puntos de muestreo se identificaron de forma que permitiera su ubicación exacta mediante coordenadas expresadas en sistema UTM.

Tabla 08. Ubicación de puntos de muestreo de hortalizas

Código	Descripción	Coordenadas UTM GS84 – 18S
Margen derecho		
LECAL-01	Muestra de lechuga	N: 8547297 E: 0586089
LECAL-02	Muestra de lechuga	N: 8547295 E: 0586093
LECAL-03	Muestra de lechuga	N: 8547293 E: 0586097
Margen izquierdo		
RABAL-01	Muestra de rabanito	N: 8547320 E: 0586063
RABAL-02	Muestra de rabanito	N: 8547321 E: 0586056
RABAL-03	Muestra de rabanito	N: 8547321 E: 0586050

Fuente: Elaboración propia

Figura 01. Mapa de ubicación de puntos de muestreo de agua, suelo y hortalizas



Muestreo de aguas: Para efectos de análisis en laboratorio se recolectaron 8 muestras de agua, 6 muestras fueron del río Alameda y 3 muestras del efluente de la PTAR Totorá, las muestras fueron recolectadas en el mes de Julio.

Tabla 09. Parámetros de agua analizados en laboratorio

Fisicoquímico	Microbiológico	Metales
<ul style="list-style-type: none"> - Aceite y grasas - Conductividad - DBO - DQO - Oxígeno Disuelto - pH - Sólidos Totales Disueltos - Sólidos Totales en Suspensión - Temperatura 	<ul style="list-style-type: none"> - Coliformes - Termotolerantes 	<ul style="list-style-type: none"> - Cadmio - Plomo

Fuente: Elaboración propia

Muestreo de suelos: Para efectos de análisis en laboratorio se recolectaron 8 muestras de suelo, 4 muestras fueron del margen derecho del río Alameda y 4 muestras del margen izquierdo del río Alameda, las muestras fueron recolectadas en el mes de Julio. Los metales a analizar fueron Cadmio y Plomo.

Muestreo de hortalizas: Para efectos de análisis en laboratorio se recolectaron 6 muestras de hortalizas, 3 muestras fueron de lechuga del terreno agrícola ubicado en el margen derecho del río Alameda y 3 muestras fueron de rabanito del terreno agrícola ubicado en el margen izquierdo del río Alameda, las muestras fueron recolectadas en el mes de Julio. Los metales a analizar fueron Cadmio y Plomo.

Los análisis de laboratorio fueron realizados por la Empresa QUIMPETROL PERÚ S.A.C.

III.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

Se utilizó la técnica de análisis de documento, que nos permitirá analizar los resultados obtenidos por los instrumentos, en este caso los resultados de los análisis del efluente de la PTAR Totorá fueron contrastadas con el LMP; la calidad del agua del río Alameda y la calidad del suelo de uso agrícola de las comunidades de Viña Chiquita y Yuraq Chacra, fueron contrastados con los ECAs establecidos, que nos permitió interpretar los resultados.

Para recolectar las muestras de agua con el fin de su posterior análisis, se siguió como referencia los lineamientos establecidos en la R.J. N°010-2016-ANA. Estas directrices fueron aplicadas de manera in-situ durante el proceso de recolección de muestras.

Para recolectar muestras de suelo, se tomó como base las técnicas de muestreo y el manejo de las muestras de la “Guía para el muestreo de suelos”, D.S. N° 002-2013-MINAM, la cual se aplicará de manera in-situ.

Para la recolección de muestras de hortalizas, se tomó por triplicado utilizando el método de muestreo no probabilístico por conveniencia, el cual permite elegir la muestra por facilidad de acceso debido a la procedencia. (Otzen & Manterola, 2017)

Instrumentos

Para obtener datos del proyecto se utilizó los siguientes instrumentos:

- Ficha de campo
- Cadena de custodia

Estos instrumentos nos permitieron registrar y procesar los datos para así posteriormente obtener los resultados de laboratorio, que serán analizados y representados en tablas y gráficos.

III.5. Procedimientos

A continuación, se detalla los procedimientos realizados.

- Puntos de muestreo: Se hizo un recorrido por la zona de estudio y se ubicó los puntos de muestreo de agua en el río Alameda. Se realizó la toma de muestras del río y del efluente de la PTAR para su posterior análisis en laboratorio. De igual forma se realizó el procedimiento para las muestras de suelo y hortalizas.
- Interpretación de los datos: La información obtenida fue procesada mediante el análisis de resultados de laboratorio, elaboración de tablas y gráficos para su comparación, haciendo uso de herramientas de Office tales como Word y Excel. Así mismo, se hizo uso del software QGis para la ubicación de los puntos de muestreo de agua y suelos.

III.6. Método de análisis de datos

Método general de la investigación

Esta investigación se fundamentó en un enfoque científico particular que implica la observación detallada y el establecimiento de correlaciones entre los eventos para interpretar resultados. Además, su desarrollo y mejora están estrechamente vinculados con los avances tecnológicos. De hecho, muchos métodos de laboratorio dependen en gran medida de la disponibilidad de herramientas y equipos especializados. Estos instrumentos serán utilizados secuencialmente para analizar y verificar la hipótesis de investigación. (Piscoya, 2017).

Método específico de la investigación

En este estudio se empleó el método científico no experimental, ya que las muestras analizadas fueron recopiladas directamente en el campo y llevadas a laboratorio con el debido cuidado para evitar alteraciones. Además, se utilizó el método de observación para identificar y reconocer en el terreno el punto de vertimiento de aguas. (Hernández, 2014)

III.7. Aspectos éticos

En este trabajo, el autor se compromete a seguir cuidadosamente las directrices establecidas en la metodología de investigación y a respetar los principios del método científico. La investigación será completamente original y reflejará la autoría personal del autor. Durante la investigación, se mantendrá un estricto cumplimiento de la ética profesional en términos morales y sociales. Es importante destacar que la estructura del trabajo seguirá los estándares exigidos por la Universidad César Vallejo y se asegurará la veracidad de la información en todo momento.

IV. RESULTADOS

IV.1. Evaluación de la calidad del agua

Para la investigación y la estimación de la influencia de PTAR sobre la calidad del río Alameda, se realizó la toma de muestras en 2 puntos para su análisis de laboratorio, cuyos resultados aportan con determinar la cantidad de contaminantes presentes en el río.

Para la selección de los puntos de toma de muestra se tuvo como referencia la R.J. N° 010-2016-ANA que establece el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. Dicho protocolo establece que para establecer los puntos de muestreo frente a un efluente considerado como contaminante del cuerpo de agua a analizar se debe de establecer dos puntos para la toma de muestra, los cuales deben de ubicarse a 50 metros antes de la descarga del efluente y 200 metros después de la descarga del efluente, río arriba y río abajo respectivamente. Así mismo, se tuvo en cuenta que la toma de muestra se realice en época seca debido a la variación de la concentración de los contaminantes influenciada por la precipitación y aumento del nivel de agua. A continuación, se detalla los resultados obtenidos por los 2 puntos de muestreo, siendo uno de ellos una muestra del efluente de la PTAR Totorá.

Punto 01: Muestra obtenida a 50 metros del efluente río arriba. Los resultados del análisis en laboratorio son los siguientes:

Tabla 10. Características fisicoquímicas, microbiológicas y metales del Punto 01.

Parámetro	Unidad	L.C.M.	Resultados	ECA Agua
Fisicoquímico				
Aceites y Grasas	mg/L	5.0	7.96	5
Conductividad	µS/cm	-	494.65	2500
DBO	mg O2/L	10	10	15
DQO	mg O2/L	5	7.50	40
Oxígeno Disuelto	mg O2/L	-	4.70	≥4
pH	Unid. de pH	-	7.10	6.5-8.5
Sólidos Totales Disueltos	mL/L	0	443.29	-
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	0	50	-
Temperatura	°C	-	20.67	Δ3
Microbiológico				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	0	3150	1000
Metales Totales				
Cadmio	mg/L	0.00025	0.00150	0.01
Plomo	mg/L	0.0025	0.00750	0.05

Fuente: Elaboración propia

L.C.M.: Límite de Cuantificación del Método

Δ3: Significa variación de 3°C respecto al promedio mensual multianual del área evaluada. (D.S. 004-2017-MINAM)

En la tabla 10 se logra evidenciar una superación de los resultados frente al ECA Agua en los parámetros de Aceites y grasas, y Coliformes Termotolerantes.

Punto 02: Muestra obtenida a 200 metros del efluente río abajo. Los resultados del análisis de laboratorio son los siguientes:

Tabla 11. Características fisicoquímicas, microbiológicas y metales del Punto 02.

Parámetro	Unidad	L.C.M.	Resultados	ECA Agua
Fisicoquímico				
Aceites y Grasas	mg/L	5.0	9.0	5
Conductividad	µS/cm	-	818.75	2500
DBO	mg O2/L	10	79	15
DQO	mg O2/L	5	120.4	40
Oxígeno Disuelto	mg O2/L	-	3.0	≥4
pH	Unid. de pH	-	7.7	6.5-8.5
Sólidos Totales Disueltos	mL/L	0	267.71	-
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	0	77	-
Temperatura	°C	-	20.87	Δ3
Microbiológico				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	0	4850	1000
Metales Totales				
Cadmio	mg/L	0.00025	0.003	0.01
Plomo	mg/L	0.0025	0.037	0.05

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 11 se logra evidenciar una superación de los resultados al compararlos con el ECA Agua en los parámetros de Aceites y grasas, DBO, DQO y Coliformes Termotolerantes, así como el incremento de la presencia de plomo en el río frente a la tabla 10.

IV.2. Evaluación de la calidad del efluente de la PTAR

Para efectos de la investigación y la estimación de la influencia de PTAR Totora sobre la calidad del río Alameda, se realizó la toma de muestras de la

descarga del efluente de la PTAR Totorá para su respectivo análisis de laboratorio, cuyos resultados ayudan a determinar la cantidad de contaminantes aportados al río.

Muestra obtenida del efluente de la PTAR Totorá. Los resultados del análisis de laboratorio son los siguientes:

Tabla 12. Características fisicoquímicas, microbiológicas y metales del efluente de la PTAR.

Parámetro	Unidad	L.C.M.	Resultados	LMP PTAR
Fisicoquímico				
Aceites y Grasas	mg/L	5.0	13.25	20
Conductividad	µS/cm	-	1070.13	-
DBO	mg O ₂ /L	10	74	100
DQO	mg O ₂ /L	5	111.7	200
Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /L	-	3.7	-
pH	Unid. de pH	-	7.8	6.5-8.5
Sólidos Totales Disueltos	mL/L	0	545	-
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	0	97.50	150
Temperatura	°C	-	21.22	<35
Microbiológico				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	0	5500	10000
Metales Totales				
Cadmio	mg/L	0.00025	0.003	-
Plomo	mg/L	0.0025	0.046	-

Fuente: Elaboración propia

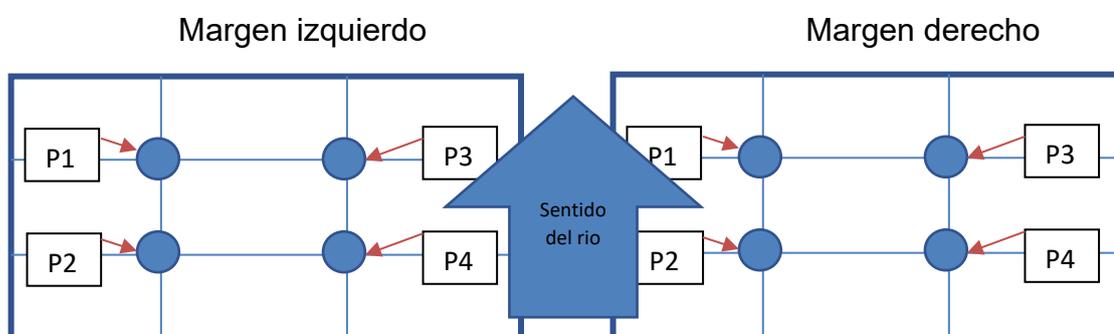
En la tabla 12 no se evidencia superación alguna del LMP para efluentes de PTAR doméstica.

IV.3. Evaluación de la calidad del suelo

Para efectos de la investigación y la estimación de la influencia de PTAR sobre la calidad del río Alameda, se realizó la toma de muestras de suelo de 2 terrenos adyacentes al Punto 02 de muestreo de agua, de cada terreno se recolectó 4 muestras de suelo, teniendo una totalidad de 8 muestras para sus respectivos análisis de laboratorio, cuyos resultados aportan con determinar la presencia de Cadmio y Plomo en el suelo agrícola y su posible relación con el uso del agua de río Alameda para riego.

Para la selección de los puntos de toma de muestra se tuvo como referencia la Guía de Muestreo de Suelos en el marco del D.S. N° 002-2013-MINAM. Dicha guía establece que para determinar los puntos de muestreo y cuya área de potencial interés es de 0.1Ha se realizará 04 puntos de muestreo en total y aplicar un patrón de muestreo del tipo Rejillas Regulares el cual es recomendado ampliamente para la identificación y caracterización de suelos, así como para su remediación.

Figura 02. Ubicación de los puntos de muestreo de suelos



Fuente: Elaboración propia

La mencionada Guía también establece que para suelos de uso agrícola la profundidad de muestreo debe de ser 0 – 30 cm por ser la profundidad de aradura.

Para el almacenamiento de las muestras se optó por la bolsa de polietileno densa, ya que esta está recomendada como recipiente para muestras cuyo parámetro de análisis son metales pesados.

Así mismo, se tuvo en cuenta que la toma de muestra se realice en época seca debido a la variación de la concentración de los contaminantes influenciada por la precipitación.

A continuación, se detalla los resultados obtenidos por los 8 puntos de muestreo, siendo divididos en los 2 terrenos adyacentes al río Alameda, uno al margen derecho y el otro al margen izquierdo río abajo.

Margen derecho

Muestras de suelo obtenidas del margen derecho del río, ubicado en el cultivo de lechuga. Los resultados del análisis de laboratorio son los siguientes:

Tabla 13. Metales pesados en muestras de suelo del margen derecho.

Parámetro	Unidad	L.C.M.	Resultados				ECA Suelo
			SUALL-01	SUALL-02	SUALL-03	SUALL-04	
Fisicoquímico							
Cadmio	mg/Kg	0.003	1.90	2.05	2.16	2.46	1.4
Plomo	mg/Kg	0.02	11.65	12.16	12.23	12.14	70

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 13 se evidencia la superación de los valores de cadmio en las cuatro muestras frente al ECA de Suelo.

Margen izquierdo

Muestras de suelo obtenidas del margen izquierdo del río, ubicado en el cultivo de lechuga. Los resultados del análisis de laboratorio son los siguientes:

Tabla 14. Metales pesados en muestras de suelo del margen izquierdo.

Parámetro	Unidad	L.C.M.	Resultados				ECA Suelo
			SUALR-01	SUALR-02	SUALR-03	SUALR-04	
Fisicoquímico							
Cadmio	mg/Kg	0.003	2.48	2.13	2.7	2.46	1.4
Plomo	mg/Kg	0.02	13.20	11.17	13.5	14.66	70

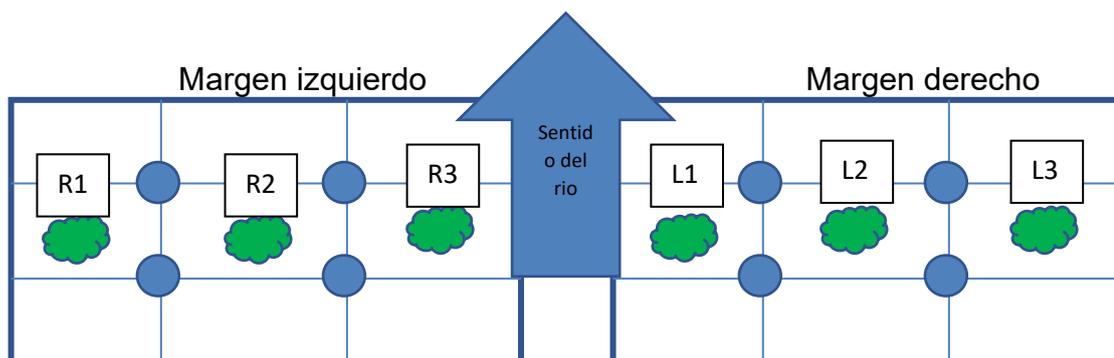
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 14 de igual forma se observa la superación de los valores de cadmio en las otras cuatro muestras frente al ECA de Suelo.

IV.4. Evaluación de metales en hortalizas

Para efectos de la investigación y la estimación de la influencia de PTAR sobre la calidad del río Alameda, se realizó la toma de muestras de las hortalizas rabanito y lechuga de los 2 terrenos adyacentes al Punto 02 de muestreo de agua, de cada terreno se recolectó 3 muestras de hortalizas, teniendo una totalidad de 6 muestras para sus respectivos análisis de laboratorio, cuyos resultados aportan con determinar la presencia de Cadmio y Plomo en las hortalizas y su posible relación con el uso del agua de río Alameda para riego. La recolección de las muestras se realizó de la siguiente manera, 3 muestras de lechuga del terreno del margen derecho y 3 muestras de rabanito del terreno del margen izquierdo, río abajo. Estas muestras fueron recolectadas de los terrenos adyacentes a la ubicación del Punto 02 de monitoreo de agua.

Figura 03. Ubicación de los puntos de muestreo de hortalizas



Fuente: Elaboración propia

Para el almacenamiento de las muestras se optó por la bolsa de polietileno densa, ya que esta está recomendada como recipiente para muestras cuyo parámetro de análisis son metales pesados.

Así mismo, se tuvo en cuenta que la toma de muestra se realice en época seca debido a la variación de la concentración de los contaminantes influenciada por la precipitación.

A continuación, se detalla los resultados de las 6 muestras de hortalizas, siendo divididos en los 2 terrenos adyacentes al río Alameda, uno al margen derecho y el otro al margen izquierdo río abajo.

Margen derecho

Muestras de lechuga obtenidas del terreno agrícola ubicado en el margen derecho del río. Los resultados del análisis de laboratorio son los siguientes:

Tabla 15. Metales pesados en muestras de lechuga del margen derecho.

Parámetro	Unidad	L.C.M.	Resultados			Codex Alimentarius
			LECAL-01	LECAL-02	LECAL-03	
Fisicoquímico						
Cadmio	mg/Kg	0.01	0.20	0.19	0.17	0.2
Plomo	mg/Kg	0.01	0.26	0.17	0.19	0.1

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 15 se observó que los resultados de Cadmio en las lechugas están bordeando el límite establecido por el Codex Alimentarius, mientras que los resultados de Plomo superan dichos límites.

Margen izquierdo

Muestras de rabanito obtenidas del terreno agrícola ubicado en el margen izquierdo del río. Los resultados del análisis de laboratorio son los siguientes:

Tabla 16. Metales pesados en muestras de rabanito del margen izquierdo.

Parámetro	Unidad	L.C.M.	Resultados			Codex Alimentarius
			RABAL-01	RABAL-02	RABAL-03	
Fisicoquímico						
Cadmio	mg/Kg	0.01	0.09	0.09	0.12	0.2
Plomo	mg/Kg	0.01	0.22	0.25	0.29	0.1

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 15 se observó que los niveles de Cadmio en los rabanitos están por debajo del límite establecido por el Codex Alimentarius, mientras que los resultados de Plomo superan dichos límites.

V. DISCUSIÓN

La ley General del Ambiente, 28611, hace referencia a lineamientos para el manejo adecuado de las aguas servidas cuyos parámetros deben de estar por debajo de los LMP de PTAR con el fin de no afectar el cuerpo receptor por el vertimiento de su efluente y la posibilidad del reúso sin afectar la salud humana. Mediante la observación de las condiciones en las que se encuentra el río Alameda y su entorno se puede evidenciar que parte de esta ley no se respeta, existe deterioro ambiental en las riberas del río, en el río mismo, en los cultivos cercanos, en los consumidores finales de estos cultivos y en la población aledaña al río. Parte de estas afirmaciones son corroboradas en los análisis de laboratorio que muestran como resultado el deterioro de la calidad del río Alameda, la presencia de metales pesados en el río, en el suelo agrícola y en parte de los cultivos que son de consumo local en los mercados de la ciudad.

Actualmente no existe un reglamento nacional que tenga los LMP de metales pesados en alimentos, hortaliza de forma específica, pero existe el Reglamento (CE) N° 333/2007 de la Unión Europea, el cual establece niveles máximos de cadmio y plomo en hortalizas. La Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), por su parte, usa como referencia los límites máximos establecidos por el Codex Alimentarius. Como toda normativa nacional que ha sido inspirada o guiada a través de normativas internacionales, es por ello que se hace uso de este Codex para contrastar los resultados obtenidos en las muestras de las hortalizas recolectadas, donde se pudo evidenciar la presencia de plomo en lechuga y rabanito siendo el promedio de 0.19 mg/Kg y 0.25 mg/Kg respectivamente, ambos valores están por encima del límite establecido por el Codex Alimentarius que es de 0.1 mg/Kg.

Según Córdova (2019), una considerable proporción de las verduras que se cultivan en la comunidad de Totorá son regadas con las aguas residuales tratadas de la PTAR Totorá, sin tener información acerca de la presencia de metales pesados, como el cadmio, cromo y plomo. Siendo esto acorde a la investigación que se ha realizado se demuestra una constante presencia de estos metales en las zonas de cultivo y en los productos.

Las actividades que generan impactos ambientales donde se ve involucrado el humano repercute en la alteración de los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos e inorgánicos, como en este caso de estudio no se tiene en cuenta lo perjudicial que resulta el regar cultivos con aguas provenientes de los efluentes de una PTAR o incluso del río mismo que ya se vio contaminada con dicho efluente.

La descarga del efluente de la PTAR Totorá ocasionan un daño ambiental al río Alameda, el cual es notorio a simple vista, se observa la aparición de espumas en el agua que es producto de la elevada presencia de aceites y grasas cuyo resultado de los análisis de laboratorio arrojaron el valor de 7.96 mg/mL y 9 mg/mL para antes y después del punto de vertimiento del efluente respectivamente, ambos valores están por encima del ECA Agua. El olor del río Alameda es fétido, además de que no hay vida acuática en el río. Versiones de adultos mayores aseguran que, anteriormente, en el río Alameda había bagres y peces pequeños que se podían observar fácilmente y que en la actualidad solo son recuerdos. No se puede acaparar toda la responsabilidad para la PTAR Totorá, ya que existen viviendas en la ribera del río que vierten sus aguas negras directamente, y sin tratamiento previo, al río Alameda, así como otras fuentes contaminantes

En esta investigación se pudo observar que la calidad natural del río Alameda se ve afectada conforme se avanza con el punto de monitoreo, cuya variación se relaciona a la descarga del efluente de la PTAR Totorá. Así mismo, siendo esta agua usada para riego atenta contra la salud de personas, así como de animales que llegan a beber el agua río abajo. Algo similar se realizó en el estudio de Zhou et al. (2019) donde examinaron la presencia y emisión de contaminantes tradicionales (metales pesados) y emergentes en seis PTAR en el río Yanghe, China. Determinando que la presencia de una PTAR cambia la composición natural del entorno donde se instala, afectando directa o indirectamente el cuerpo receptor donde descarga su efluente.

Los constantes monitoreos de la Autoridad Nacional del Agua mediante su oficina instalada en la Dirección Regional Agraria de Ayacucho, publica los resultados de sus monitoreos anuales, pero estos monitoreos, en su mayoría, detallan a grandes rasgos los contaminantes que han sido arrastrados hasta sus puntos de monitoreo,

existiendo la posibilidad de que parte de estos contaminantes queden en otros lugares como por ejemplo los suelos agrícolas que existen a la ribera del río.

En el D.S. N° 011-2017-MINAM, ECA Suelo, en su artículo 3 menciona que si se supera los parámetros las persona naturales y jurídicas a cargo de las actividades productivas deben de realizar acciones de evaluación y también de remediación si surge el caso. Pero para determinar responsabilidades se necesita un control constante y esto implica mayor inversión en investigación cuando se trata de terrenos de cultivo y más aún si las fuentes contaminantes son varias o asociadas como es en este caso, cuya contaminación del suelo agrícola se pueda estar dando por el riego con agua residual, con agua de río o con agua potable, también quizás por el uso de pesticidas, la presencia de mecánicas para autos, autolavados y otros negocios que se ubican en la zona alta y que descargan sus aguas residuales al río Alameda. En esta tesis se recolectaron muestras de suelo de dos terrenos agrícolas para buscar la presencia de plomo y cadmio para luego contrastar con los límites que establece el ECA Suelo, para el terreno ubicado en el margen izquierdo del río se obtuvo 2.1 mg/kg y en el margen derecho 2.4 mg/Kg, ambos resultados son de cadmio que superan el ECA Suelo que contempla el valor máximo de 1.4 mg/kg.

En el estudio realizado por Kienle et al. (2019), donde evalúa cómo las PTAR afectan la ecotoxicidad de los arroyos cercanos de Suiza, hacen hincapié en la reducción de los contaminantes vertidos a los cuerpos de agua. En Perú, en el D.S. N° 004-2017-MINAM dentro de sus disposiciones complementarias se menciona que la Autoridad Nacional del Agua (ANA) toma en cuenta los ECA para Agua para dar autorización de vertimiento de aguas residuales tratadas, siendo así, ¿qué sucede cuando una PTAR doméstica incrementa los valores del ECA con su descarga? Al parecer nada, se sigue trabajando de la misma forma año tras año. Los resultados obtenidos en esta investigación son prueba de ello, los valores de aceites y grasas, DBO, DQO y Coliformes Termotolerantes están por encima del ECA Agua. Mientras la PTAR cumpla con los LMP para PTAR doméstico sigue estando dentro de lo normado.

Crini y Lichtfouse (2019), en su artículo ofrecen una descripción general del tratamiento de aguas residuales, las tecnologías disponibles, las ventajas y desventajas de cada una de ellas. Actualmente en Perú la tecnología más usada en las PTAR son los tanques Imhoff, así como las lagunas de maduración y estabilización, todo debido a los costos reducidos de operación. La PTAR de Totorá no es ajena a esta situación ya que cuenta con estos sistemas para depurar el agua residual doméstica que recibe a diario de varios distritos de la provincia de Huamanga. Donde muchas veces, hasta antes de su remodelación y construcción de más estructuras depuradoras, sufría con la superación de su capacidad y se daban en aquellos momentos denuncias ambientales sobre el desvío del afluente sin tratar hacia el río Alameda.

En el estudio realizado por Jin et al. (2017) se encontró que el efluente de la PTAR de un río en Dianchi disminuyó y aumentó las concentraciones de ciertos parámetros. Lo mismo se pudo evidenciar en esta tesis mediante sus resultados donde se observó el incremento de algunos y disminución de otros parámetros. Tal es el caso de la DBO y DQO de la muestra del río Alameda que se obtuvo a 200 metros río abajo del punto de descarga del efluente, donde sus valores fueron de 79 mg O₂/L y 120.4 mg O₂/L respectivamente. Ambos valores están por encima del ECA de Agua, así como los coliformes Termotolerantes cuyo valor fue de 4850 NMP/100mL. Estos datos nos dan a entender que la vida acuática está mermada en el río Alameda y da paso a la aparición de otros microorganismos que no son beneficiosos para el río y tampoco para la salud de la población cercana y animales.

El Decreto Supremo N°007-2010-AG tiene como propósito principal declarar el interés nacional en la protección del agua, tanto en su calidad como en sus fuentes naturales, como los ríos, playas y cursos de agua, así como en las infraestructuras hidráulicas. Este enfoque busca prevenir peligros y daños irreversibles al ambiente y a la población. Los resultados de los análisis del agua indican un deterioro, principalmente debido a la liberación de aguas residuales, que aumenta la carga microbiana a medida que se concentran los vertimientos.

VI. CONCLUSIONES

La descarga del efluente de la PTAR Totorá ocasiona daños y alteraciones ambientales al río Alameda, se observa la aparición de espumas en el agua que es producto de la elevada presencia de aceites y grasas, también se emana un fuerte olor y hay poca o casi nula presencia de vida acuática. También existen viviendas en la ribera del río que vierten sus aguas negras directamente al río Alameda, así como otras fuentes contaminantes.

Contrastando los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y metales de la calidad del agua del río Alameda, se encontró la superación de ciertos parámetros con respecto al ECA-Agua de categoría III que es para riego de vegetales. Se dio un incremento significativo de los parámetros de DBO y DQO, ocasionando la reducción del Oxígeno Disuelto del río Alameda, la cual es un parámetro importante para la vida acuática. Así mismo, se observó un incremento de Coliformes Termotolerantes los cuales ya estaban presentes en el río sobrepasando el ECA-Agua. Por último, existe un notable incremento de la presencia de Cadmio y Plomo en el agua del río Alameda, aunque sigue estando por debajo del ECA-Agua.

Mediante el análisis de muestras de suelo y hortalizas se detectó la presencia de Cadmio y Plomo en cultivos de Lechuga y Rabanito. Estas muestras fueron tomadas de terrenos que usan el agua del río Alameda para el riego de sus vegetales. En las muestras de suelo se encontró Cadmio y Plomo, siendo el Cadmio el que sobrepasa el ECA-Suelo. Mientras que en las muestras de hortalizas al analizar el Cadmio y Plomo en lechuga y rabanito se logró evidenciar que el Plomo está sobrepasando el límite establecido por el Codex Alimentarius. Todo esto ocasionaría un deterioro en la salud del consumidor a mediano y largo plazo.

Respecto al análisis del efluente de la PTAR Totorá, este se encuentra dentro de los LMP de PTAR Doméstica, pero eso no significa que no ocasiona una alteración de la calidad del río Alameda, ya que como se vio anteriormente los parámetros del río Alameda se ven incrementados y algunos sobrepasan los niveles del ECA-Agua, exactamente a 200 metros del punto de vertimiento del efluente río abajo.

VII. RECOMENDACIONES

Se debería implementar un control o límite máximo permisible de metales pesados para las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas, ya que muchas veces estas PTAR también reciben efluentes de lavaderos de autos, mecánicas, negocios de venta de fertilizantes y pesticidas, venta y reparación de baterías para autos, entre otros; quienes también contamina el recurso hídrico con metales pesados debido a su actividad diaria.

Realizar campañas y controles a estos tipos de negocios ya mencionados para que realicen un tratamiento previo a sus aguas servidas antes de disponerlas al desagüe comunitario.

Sensibilizar a los agricultores con la reducción de uso de fertilizantes y pesticidas para uso agrícola, los cuales saturan y contaminan los suelos, y posteriormente, mediante la infiltración, contaminan el río Alameda.

Se recomienda considerar esta tesis para posteriores investigaciones relacionadas, también para analizar y profundizar otras posibles causas de contaminación del río y de los suelos agrícolas, las cuales no fueron vistas en este proyecto.

REFERENCIAS

- AGORO, M.A., ADENIJI, A.O., ADEFISOYE, M.A. and OKOH, O.O., 2020. Heavy metals in wastewater and sewage sludge from selected municipal treatment plants in Eastern Cape Province, South Africa. *Water* [en línea], vol. 12, no. 10, pp. 2746. [Consulta: 25 March 2023]. ISSN 2073-4441. DOI 10.3390/w12102746. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4441/12/10/2746>.
- ALI, H., KHAN, E. and ILAHI, I., 2019. Environmental chemistry and ecotoxicology of hazardous heavy metals: Environmental persistence, toxicity, and bioaccumulation. *Journal of chemistry* [en línea], vol. 2019, pp. 1–14. [Consulta: 25 March 2023]. ISSN 2090-9063. DOI 10.1155/2019/6730305. Disponible en: <https://www.hindawi.com/journals/jchem/2019/6730305/>.
- ALYGIZAKIS, N.A., BESSELINK, H., PAULUS, G.K., OSWALD, P., HORNSTRA, L.M., OSWALDOVA, M., MEDEMA, G., THOMAIDIS, N.S., BEHNISCH, P.A. and SLOBODNIK, J., 2019. Characterization of wastewater effluents in the Danube River Basin with chemical screening, in vitro bioassays and antibiotic resistant genes analysis. *Environment international* [en línea], vol. 127, pp. 420–429. ISSN 0160-4120. DOI 10.1016/j.envint.2019.03.060. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412019304052>.
- AMOAH, I.D., KUMARI, S., REDDY, P., STENSTRÖM, T.A. and BUX, F., 2020. Impact of informal settlements and wastewater treatment plants on helminth egg contamination of urban rivers and risks associated with exposure. *Environmental monitoring and assessment* [en línea], vol. 192, no. 11, pp. 713. ISSN 0167-6369. DOI 10.1007/s10661-020-08660-0. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-020-08660-0>.
- ASHAUER, R., 2016. Post-ozonation in a municipal wastewater treatment plant improves water quality in the receiving stream. *Environmental sciences Europe* [en línea], vol. 28, no. 1, pp. 1. ISSN 2190-4715. DOI 10.1186/s12302-015-0068-z. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1186/s12302-015-0068-z>.

- BLUM, K.M., ANDERSSON, P.L., AHRENS, L., WIBERG, K. and HAGLUND, P., 2018. Persistence, mobility and bioavailability of emerging organic contaminants discharged from sewage treatment plants. *The Science of the total environment* [en línea], vol. 612, pp. 1532–1542. ISSN 0048-9697. DOI 10.1016/j.scitotenv.2017.09.006. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969717323483>.
- CHENG, X., WEI, Cong, KE, X., PAN, J., WEI, G., CHEN, Y., WEI, Chaohai, LI, F. y PREIS, S., 2022. Nationwide review of heavy metals in municipal sludge wastewater treatment plants in China: Sources, composition, accumulation and risk assessment. *Journal of hazardous materials* [en línea], vol. 437, no. 129267, ISSN 0304-3894. DOI 10.1016/j.jhazmat.2022.129267. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389422010573>.
- Comisión del Codex Alimentarius. Norma general para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos (CXS 193-1995) [en línea]. [Consultado el 25 de junio de 2023]. Disponible en: https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B193-1995%252FCXS_193s.pdf
- CÓRDOVA, ALCIRA. Efluentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Totorá y la Contaminación de las Hortalizas por Metales Pesados en la Comunidad de Totorá [tesis doctoral en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible]. Universidad Nacional Federico Villareal. Lima, 2019. <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/3618>
- CRINI, G. and LICHTFOUSE, E., 2019. Advantages and disadvantages of techniques used for wastewater treatment. *Environmental chemistry letters* [en línea], vol. 17, no. 1, pp. 145–155. ISSN 1610-3653. DOI 10.1007/s10311-018-0785-9. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s10311-018-0785-9>.
- DELANKA-PEDIGE, H.M.K., MUNASINGHE-ARACHCHIGE, S.P., ABEYSIRIWARDANA-ARACHCHIGE, I.S.A. and NIRMALAKHANDAN, N., 2021. Wastewater infrastructure for sustainable cities: assessment based on

UN sustainable development goals (SDGs). *International journal of sustainable development and world ecology* [en línea], vol. 28, no. 3, pp. 203–209. ISSN 1350-4509. DOI 10.1080/13504509.2020.1795006. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/13504509.2020.1795006>.

DI MARIA, F., DASKAL, S. y AYALON, O., 2020. A methodological approach for comparing waste water effluent's regulatory and management frameworks based on sustainability assessment. *Ecological indicators* [en línea], vol. 118, no. 106805, ISSN 1470-160X. DOI 10.1016/j.ecolind.2020.106805. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X20307433>.

DU, P., ZHANG, L., MA, Y., LI, Xinyue, WANG, Z., MAO, K., WANG, N., LI, Y., HE, J., ZHANG, X., HAO, F., LI, Xiqing, LIU, M. and WANG, X., 2020. Occurrence and fate of heavy metals in municipal wastewater in Heilongjiang Province, China: A monthly reconnaissance from 2015 to 2017. *Water* [en línea], vol. 12, no. 3, pp. 728. [Consulta: 25 March 2023]. ISSN 2073-4441. DOI 10.3390/w12030728. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4441/12/3/728>.

EBRAHIMI, M., GERBER, E.L. and ROCKAWAY, T.D., 2017. Temporal performance assessment of wastewater treatment plants by using multivariate statistical analysis. *Journal of environmental management* [en línea], vol. 193, pp. 234–246. ISSN 0301-4797. DOI 10.1016/j.jenvman.2017.02.027. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479717301354>.

GAURAV, G.K., MEHMOOD, T., KUMAR, M., CHENG, L., SATHISHKUMAR, K., KUMAR, A. and YADAV, D., 2021. Review on polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) migration from wastewater. *Journal of contaminant hydrology* [en línea], vol. 236, no. 103715, pp. 103715. ISSN 0169-7722. DOI 10.1016/j.jconhyd.2020.103715. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169772220303041>.

GUADIE, A., YESIGAT, A., GATEW, S., WORKU, A., LIU, W., MINALE, M. y WANG, A., 2021. Effluent quality and reuse potential of urban wastewater treated with aerobic-anoxic system: A practical illustration for environmental

contamination and human health risk assessment. *Journal of water process engineering* [en línea], vol. 40, no. 101891, ISSN 2214-7144. DOI 10.1016/j.jwpe.2020.101891. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214714420307686>.

HARGREAVES, A.J., CONSTANTINO, C., DOTRO, G., CARTMELL, E. and CAMPO, P., 2018. Fate and removal of metals in municipal wastewater treatment: a review. *Environmental technology reviews* [en línea], vol. 7, no. 1, pp. 1–18. ISSN 2162-2515. DOI 10.1080/21622515.2017.1423398. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/21622515.2017.1423398>.

JIN, Z., ZHANG, X., LI, J., YANG, F., KONG, D., WEI, R., HUANG, K. and ZHOU, B., 2017. Impact of wastewater treatment plant effluent on an urban river. *Journal of freshwater ecology* [en línea], vol. 32, no. 1, pp. 697–710. ISSN 0270-5060. DOI 10.1080/02705060.2017.1394917. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/02705060.2017.1394917>.

JONES, L., SULLIVAN, T., KINSELLA, B., FUREY, A. and REGAN, F., 2017. Occurrence of selected metals in wastewater effluent and surface water in Ireland. *Analytical letters* [en línea], vol. 50, no. 4, pp. 724–737. ISSN 0003-2719. DOI 10.1080/00032719.2016.1194854. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/00032719.2016.1194854>.

KIENLE, C., VERMEIRSEN, E.L.M., SCHIFFERLI, A., SINGER, H., STAMM, C. and WERNER, I., 2019. Effects of treated wastewater on the ecotoxicity of small streams - Unravelling the contribution of chemicals causing effects. *PLoS one* [en línea], vol. 14, no. 12, pp. e0226278. ISSN 1932-6203. DOI 10.1371/journal.pone.0226278. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0226278>.

KINUTHIA, G.K., NGURE, V., BETI, D., LUGALIA, R., WANGILA, A. and KAMAU, L., 2020. Levels of heavy metals in wastewater and soil samples from open drainage channels in Nairobi, Kenya: community health implication. *Scientific reports* [en línea], vol. 10, no. 1, pp. 8434. [Consulta: 25 March 2023]. ISSN 2045-2322. DOI 10.1038/s41598-020-65359-5. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-65359-5>.

KOLAWOLE, T.O., OLATUNJI, A.S., JIMOH, M.T. and FAJEMILA, O.T., 2018. Heavy metal contamination and ecological risk assessment in soils and sediments of an industrial area in southwestern Nigeria. *Journal of health & pollution* [en línea], vol. 8, no. 19, pp. 180906. ISSN 2156-9614. DOI 10.5696/2156-9614-8.19.180906. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5696/2156-9614-8.19.180906>.

LIU, Y., LI, F., LI, H., TONG, Y., LI, W., XIONG, J. y YOU, J., 2022. Bioassay-based identification and removal of target and suspect toxicants in municipal wastewater: Impacts of chemical properties and transformation. *Journal of hazardous materials* [en línea], vol. 437, no. 129426, ISSN 0304-3894. DOI 10.1016/j.jhazmat.2022.129426. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389422012195>.

LU, Q., MAO, J., XIA, H., SONG, S., CHEN, W. y ZHAO, D., 2022. Effect of wastewater treatment plant discharge on the bacterial community in a receiving river. *Ecotoxicology and environmental safety* [en línea], vol. 239, no. 113641, ISSN 0147-6513. DOI 10.1016/j.ecoenv.2022.113641. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014765132200481X>.

Ministerio del Ambiente. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias [en línea]. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. [Consultado el 25 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-004-2017-minam/>

Ministerio del Ambiente. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo y establecen Disposiciones Complementarias [en línea]. Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM. [Consultado el 25 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-011-2017-minam/>

Ministerio del Ambiente. Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR), para el sector Vivienda [en línea]. Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. [Consultado el 25 de mayo de 2023]. Disponible en:

<https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2015/01/DS-N%C2%BA-003-2010-MINAM-LMP-PTARD-O-MUNICIPALES.pdf>

MOHAMED, B.A., HAMID, H., MONTOYA-BAUTISTA, C.V. y LI, L.Y., 2023. Circular economy in wastewater treatment plants: Treatment of contaminants of emerging concerns (CECs) in effluent using sludge-based activated carbon. *Journal of cleaner production* [en línea], vol. 389, no. 136095, ISSN 0959-6526. DOI 10.1016/j.jclepro.2023.136095. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652623002536>.

MOLOI, M., OGBEIDE, O. and VOUA OTOMO, P., 2020. Probabilistic health risk assessment of heavy metals at wastewater discharge points within the Vaal River Basin, South Africa. *International journal of hygiene and environmental health* [en línea], vol. 224, no. 113421, pp. 113421. ISSN 1438-4639. DOI 10.1016/j.ijheh.2019.113421. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1438463919306479>.

NYAMUKAMBA, P., MOLOTO, M., TAVENGWA, N. and EJIDIKE, I., 2019. Evaluating physicochemical parameters, heavy metals, and antibiotics in the influents and final effluents of south African wastewater treatment plants. *Polish journal of environmental studies* [en línea], vol. 28, no. 3, pp. 1305–1312. [Consulta: 25 March 2023]. ISSN 1230-1485. DOI 10.15244/pjoes/85122. Disponible en: <http://www.pjoes.com/Evaluation-of-physicochemical-parameters-heavy-metals-and-antibiotics-in-the-influents,85122,0,2.html>.

PISCOYA HERMOZA, LUIS. Educación científica educacional [en línea]. Lima: Mantaro, 2017 [Consulta: 8 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/394896106/Luis-Piscoya-Investigacion-Cientifica-y-Educacional-Un-Enfoque-Epistemologico-pdf>

PHUNGELA, T.T., MAPHANGA, T., CHIDI, B.S., MADONSELA, B.S. and SHALE, K., 2022. The impact of wastewater treatment effluent on Crocodile River quality in Ehlanzeni District, Mpumalanga Province, South Africa. *South African journal of science* [en línea], vol. 118, no. 7/8. [Consulta: 25 March

2023]. ISSN 0038-2353. DOI 10.17159/sajs.2022/12575. Disponible en: <https://sajs.co.za/article/view/12575>.

PRIVETTE, C.V. and SMINK, J., 2017. Assessing the potential impacts of WWTP effluent reductions within the Reedy River watershed. *Ecological engineering* [en línea], vol. 98, pp. 11–16. ISSN 0925-8574. DOI 10.1016/j.ecoleng.2016.10.058. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857416305869>.

RIBEIRO, R.X., DA SILVA BRITO, R., PEREIRA, A.C., MONTEIRO, K.B. e. S., GONÇALVES, B.B. y ROCHA, T.L., 2020. Ecotoxicological assessment of effluents from Brazilian wastewater treatment plants using zebrafish embryotoxicity test: A multi-biomarker approach. *The Science of the total environment* [en línea], vol. 735, no. 139036, ISSN 0048-9697. DOI 10.1016/j.scitotenv.2020.139036. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720325535>.

SEKIZUKA, T., ITOKAWA, K., TANAKA, R., HASHINO, M., YATSU, K. and KURODA, M., 2022. Metagenomic analysis of urban wastewater treatment plant effluents in Tokyo. *Infection and drug resistance* [en línea], vol. 15, pp. 4763–4777. [Consulta: 25 March 2023]. ISSN 1178-6973. DOI 10.2147/IDR.S370669. Disponible en: <https://www.dovepress.com/metagenomic-analysis-of-urban-wastewater-treatment-plant-effluents-in--peer-reviewed-fulltext-article-IDR>.

SHANMUGAM, K., GADHAMSHETTY, V., TYSKLIND, M., BHATTACHARYYA, D. y UPADHYAYULA, V.K.K., 2022. A sustainable performance assessment framework for circular management of municipal wastewater treatment plants. *Journal of cleaner production* [en línea], vol. 339, no. 130657, ISSN 0959-6526. DOI 10.1016/j.jclepro.2022.130657. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652622002979>.

SILVA, C., CACHADA, A., GONÇALVES, F.J.M., NANNOU, C., LAMBROPOULOU, D., PATINHA, C., ABRANTES, N. and PEREIRA, J.L., 2022. Chemical characterization of riverine sediments affected by wastewater treatment plant effluent discharge. *The Science of the total environment* [en

línea], vol. 839, no. 156305, pp. 156305. ISSN 0048-9697. DOI 10.1016/j.scitotenv.2022.156305. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722034027>.

SZKLAREK, S., KIEDRZYŃSKA, E., KIEDRZYŃSKI, M., MANKIEWICZ-BOCZEK, J., MITSCH, W.J. y ZALEWSKI, M., 2021. Comparing ecotoxicological and physicochemical indicators of municipal wastewater effluent and river water quality in a Baltic Sea catchment in Poland. *Ecological indicators* [en línea], vol. 126, no. 107611, ISSN 1470-160X. DOI 10.1016/j.ecolind.2021.107611. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X21002764>.

TUREK, A., WIECZOREK, K. and WOLF, W.M., 2019. Digestion procedure and determination of heavy metals in sewage sludge—an analytical problem. *Sustainability* [en línea], vol. 11, no. 6, pp. 1753. [Consulta: 25 March 2023]. ISSN 2071-1050. DOI 10.3390/su11061753. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/6/1753>.

ZHANG, X., WANG, X.-Q. and WANG, D.-F., 2017. Immobilization of heavy metals in sewage sludge during land application process in China: A review. *Sustainability* [en línea], vol. 9, no. 11, pp. 2020. [Consulta: 25 March 2023]. ISSN 2071-1050. DOI 10.3390/su9112020. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2071-1050/9/11/2020>.

ZHOU, Y., MENG, J., ZHANG, M., CHEN, S., HE, B., ZHAO, H., LI, Q., ZHANG, S. and WANG, T., 2019. Which type of pollutants need to be controlled with priority in wastewater treatment plants: Traditional or emerging pollutants? *Environment international* [en línea], vol. 131, no. 104982, pp. 104982. ISSN 0160-4120. DOI 10.1016/j.envint.2019.104982. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412019311699>.

ANEXOS

ANEXO 01. ANÁLISIS DE LABORATORIO



INFORME DE ENSAYO N°: IE-MA-23-0213-1

I. DATOS DEL SERVICIO

1. RAZÓN SOCIAL	: SERGIO BENNY FLORES RAMIREZ
2. DIRECCIÓN	: URB. TUPAC AMARU Mz. A Lote 14 AYACUCHO - HUAMANGA - AYACUCHO
3. PROYECTO	: ESTIMACION DE LA INFLUENCIA DE LA PTAR TOTORA EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO ALAMEDA, AYACUCHO 2023
4. PROCEDENCIA	: JESUS NAZARENO – AYACUCHO
5. SOLICITANTE	: SERGIO BENNY FLORES RAMÍREZ
6. ORDEN DE SERVICIO N°	: OSI N°030062023
7. FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2022-07-21

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1. MATRIZ	: AGUA
2. NÚMERO DE MUESTRAS	: 3
3. FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA	: 2022-07-03
4. PERÍODO DE ENSAYO	: 2022-07-04 al 2022-07-18

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

ENSAYO	NORMA REFERENCIA	TÍTULO
Temperatura	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd Ed. (2017)	Temperature. Laboratory and Field Methods
Potencial de Hidrógeno	SSMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. (2017)	pH Value. Electrometric Method.
Conductividad	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed. (2017)	Conductivity. Laboratory Method.
Oxígeno Disuelto	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O G, 23rd Ed. (2017)	Oxygen (Dissolved). Membrane Electrode Method
Aceites y grasas	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23 rd Ed. (2017)	Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method
DBO	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 23rd Ed. (2017)	Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
DQO	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. (2017)	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
Sólidos Totales Disueltos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 C, 23 rd Ed. (2017)	Solids. Total Dissolved Solids Dried at 180°C
Sólidos Totales en Suspensión	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed. (2017)	Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C
Coliformes Termotolerantes	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B y C, 23 rd Edition. (2017)	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique
Cadmio	EPA Method 200.8, Revision 5.4 1994	Determination of trace elements in waters and wastes by Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry
Plomo	EPA Method 200.8, Revision 5.4 1994	Determination of trace elements in waters and wastes by Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry


 CHRISTOPHER LEE MERCADO PUENTE
 JEFE DE LABORATORIO Y OPERACIONES
 QUIMPETROL PERU S.A.C.

QUIMPETROL PERÚ S.A.C., Mz. A, Lt. 62 zona industrial – Talara Alta – Piura, Talara, Paríñas.

Telf. +51 073-381778- Cel 961 296 169 / 961 293 883 E-mail: cotizaciones@quimpetrolperu.pe; informes@quimpetrolperu.pe; cmmercado@quimpetrolperu.pe

Página 1 de 2

IV. RESULTADOS

ITEM			1	2	3
CÓDIGO DE LABORATORIO:			AGAL - 01	AGAL - 02	EFAL - 01
COORDENADAS: UTM WGS 84			N: 8547084 E: 0585976	N: 8547309 E: 0586074	N: 8547136 E: 0585988
MATRIZ:			AGUA	AGUA	AGUA
MUESTREO	FECHA:		2023-07-02	2023-07-02	2023-07-02
	HORA:		08:35	08:47	09:12
ENSAYO	UNIDAD	L.C.M.	RESULTADOS	RESULTADOS	RESULTADOS
Fisicoquímico					
Aceites y Grasas	mg/L	5.0	7.96	9.0	13.25
Conductividad	µS/cm	-	494.65	818.75	1070.13
DBO	mg O2/L	10	10	79	74
DQO	mg O2/L	5	7.5	120.4	111.7
Oxígeno Disuelto	mg DO/L	-	4.7	3.0	3.7
pH	Unid. de pH	-	7.10	7.7	7.8
Sólidos Totales Disueltos	mL/L	0	443.29	267.71	545
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	0	50	77	97.50
Temperatura	°C	-	20.67	20.87	21.22
Microbiológico					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	0	3150	4850	5500
Metales Totales					
Cadmio	mg/L	0.00025	0.00150	0.003	0.003
Plomo	mg/L	0.0025	0.00750	0.037	0.046

"L.C.M.": Límite de Cuantificación del Método

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Quimpetrol Perú SAC.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

"FIN DEL INFORME"

INFORME DE ENSAYO N°: IE-MA-23-0213-2

I. DATOS DEL SERVICIO

1. RAZÓN SOCIAL	: SERGIO BENNYS FLORES RAMIREZ
2. DIRECCIÓN	: URB. TUPAC AMARU Mz. A Lote 14 AYACUCHO - HUAMANGA - AYACUCHO
3. PROYECTO	: ESTIMACION DE LA INFLUENCIA DE LA PTAR TOTORA EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO ALAMEDA, AYACUCHO 2023
4. PROCEDENCIA	: JESUS NAZARENO – AYACUCHO
5. SOLICITANTE	: SERGIO BENNYS FLORES RAMÍREZ
6. ORDEN DE SERVICIO N°	: OSI N°030062023
7. FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2023-07-21

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1. MATRIZ	: SUELO
2. NÚMERO DE MUESTRAS	: 4
3. FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA	: 2023-07-03
4. PERÍODO DE ENSAYO	: 2023-07-04 al 2023-07-18

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

ENSAYO	NORMA REFERENCIA	TITULO
Cadmio	EPA METHOD 3050 B Rev2 / EPA METHOD 6020 B. Rev.2 (2014)	Acid Digestion of sediments,sludges and soils / Inductively Coupled Plasma- Mass Spectrometry.
Plomo	EPA METHOD 3050 B Rev2 / EPA METHOD 6020 B. Rev.2 (2014)	Acid Digestion of sediments,sludges and soils / Inductively Coupled Plasma- Mass Spectrometry.


CHRISTOPHER LEE MERCADO PUENTE
JEFE DE LABORATORIO Y OPERACIONES
QUIMPETROL PERU S.A.C.

IV. RESULTADOS

ITEM		1	2	3	4	
CÓDIGO DE LABORATORIO:		SUALL - 01	SUALL - 02	SUALL - 03	SUALL - 04	
COORDENADAS:		N: 8547294	N: 8547300	N: 8547290	N: 8547297	
UTM WGS 84		E: 0586087	E: 0586093	E: 0586094	E: 0586100	
MATRIZ:		SUELO	SUELO	SUELO	SUELO	
MUESTREO	FECHA:	2023-07-02	2023-07-02	2023-07-02	2023-07-02	
	HORA:	09:15	09:22	09:28	09:34	
ENSAYO	UNIDAD	L.C.M.	RESULTADOS	RESULTADOS	RESULTADOS	RESULTADOS
Metales Totales						
Cadmio	mg/Kg	0.003	1.90	2.05	2.16	2.46
Plomo	mg/Kg	0.02	11.65	12.16	12.23	12.14

"L.C.M." : Limite de Cuantificación del Método

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Quimpetrol Perú SAC.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

"FIN DEL INFORME"



INFORME DE ENSAYO N°: IE-MA-23-0213-3

I. DATOS DEL SERVICIO

1. RAZÓN SOCIAL	: SERGIO BENNYS FLORES RAMIREZ
2. DIRECCIÓN	: URB. TUPAC AMARU Mz. A Lote 14 AYACUCHO - HUAMANGA - AYACUCHO
3. PROYECTO	: ESTIMACION DE LA INFLUENCIA DE LA PTAR TOTORA EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO ALAMEDA, AYACUCHO 2023
4. PROCEDENCIA	: JESUS NAZARENO – AYACUCHO
5. SOLICITANTE	: SERGIO BENNYS FLORES RAMÍREZ
6. ORDEN DE SERVICIO N°	: OSI N°030062023
7. FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2023-07-21

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1. MATRIZ	: SUELO
2. NÚMERO DE MUESTRAS	: 4
3. FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA	: 2023-07-03
4. PERÍODO DE ENSAYO	: 2023-07-04 al 2023-07-18

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

ENSAYO	NORMA REFERENCIA	TITULO
Cadmio	EPA METHOD 3050 B Rev2 / EPA METHOD 6020 B. Rev.2 (2014)	Acid Digestion of sediments, sludges and soils / Inductively Coupled Plasma- Mass Spectrometry.
Plomo	EPA METHOD 3050 B Rev2 / EPA METHOD 6020 B. Rev.2 (2014)	Acid Digestion of sediments, sludges and soils / Inductively Coupled Plasma- Mass Spectrometry.


CHRISTOPHER LEE MERCADO PUENTE
JEFE DE LABORATORIO Y OPERACIONES
QUIMPETROL PERU S.A.C.

QUIMPETROL PERÚ S.A.C., Mz. A, Lt. 62 zona industrial – Talara Alta – Piura, Talara, Paríftas.

Telf. +51 073-381778- Cel 961 296 169 / 961 293 883 E-mail: cotizaciones@quimpetrolperu.pe; informes@quimpetrolperu.pe; mercado@quimpetrolperu.pe

Página 1 de 2

IV. RESULTADOS

ITEM		1	2	3	4	
CÓDIGO DE LABORATORIO:		SUALR - 01	SUALR - 02	SUALR - 03	SUALR - 04	
COORDENADAS:		N: 8547316	N: 8547315	N: 8547327	N: 8547326	
UTM WGS 84		E: 0586048	E: 0586058	E: 0586055	E: 0586062	
MATRIZ:		SUELO	SUELO	SUELO	SUELO	
MUESTREO	FECHA:	2023-07-02	2023-07-02	2023-07-02	2023-07-02	
	HORA:	09:15	09:20	09:25	09:31	
ENSAYO	UNIDAD	L.C.M.	RESULTADOS	RESULTADOS	RESULTADOS	RESULTADOS
Metales Totales						
Cadmio	mg/Kg	0.003	2.48	2.13	2.7	2.68
Plomo	mg/Kg	0.02	13.20	11.17	13.5	14.66

"L.C.M." : Límite de Cuantificación del Método

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Quimpetrol Perú SAC.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

"FIN DEL INFORME"



INFORME DE ENSAYO N°: IE-MA-23-0213-5

I. DATOS DEL SERVICIO

1. RAZÓN SOCIAL	: SERGIO BENNY FLORES RAMIREZ
2. DIRECCIÓN	: URB. TUPAC AMARU Mz. A Lote 14 AYACUCHO - HUAMANGA - AYACUCHO
3. PROYECTO	: ESTIMACION DE LA INFLUENCIA DE LA PTAR TOTORA EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO ALAMEDA, AYACUCHO 2023
4. PROCEDENCIA	: JESUS NAZARENO – AYACUCHO
5. SOLICITANTE	: SERGIO BENNY FLORES RAMIREZ
6. ORDEN DE SERVICIO N°	: OSI N°030062023
7. FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2023-07-21

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1. MATRIZ	: VEGETAL
2. NÚMERO DE MUESTRAS	: 3
3. FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA	: 2023-07-03
4. PERÍODO DE ENSAYO	: 2023-07-04 al 2023-07-18

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

ENSAYO	NORMA REFERENCIA	TITULO
Cadmio	AOAC Official Method 2015.01 (2019)	Heavy Metals in Food Inductively Coupled Plasma - Mas Spectrometry First Action 2015
Plomo	AOAC Official Method 2015.01 (2019)	Heavy Metals in Food Inductively Coupled Plasma - Mas Spectrometry First Action 2015


CHRISTOPHER LEE MERCADO PUENTE
JEFE DE LABORATORIO Y OPERACIONES
QUIMPETROL PERU S.A.C.

QUIMPETROL PERÚ S.A.C., Mz. A, Lt. 62 zona industrial – Talara Alta – Piura, Talara, Paríftas.

Telf. +51 073-381778- Cel 961 296 169 / 961 293 883 E-mail: cotizaciones@quimpetrolperu.pe; informes@quimpetrolperu.pe; mercado@quimpetrolperu.pe

Página 1 de 2

IV. RESULTADOS

ITEM		1	2	3	
CÓDIGO DE LABORATORIO:		LECAL - 01	LECAL - 02	LECAL - 03	
COORDENADAS:		N: 8547297	N: 8547295	N: 8547293	
UTM WGS 84		E: 0586089	E: 0586093	E: 0586097	
MATRIZ:		VEGETAL	VEGETAL	VEGETAL	
MUESTREO	FECHA:	2023-07-01	2023-07-01	2023-07-01	
	HORA:	05:32	05:35	05:40	
ENSAYO	UNIDAD	L.C.M.	RESULTADOS	RESULTADOS	RESULTADOS
Metales Totales					
Cadmio	mg/Kg	0.01	0.20	0.19	0.17
Plomo	mg/Kg	0.01	0.26	0.17	0.19

"L.C.M." : Limite de Cuantificación del Método

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Quimpetrol Perú SAC.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

"FIN DEL INFORME"



INFORME DE ENSAYO N°: IE-MA-23-0213-4

I. DATOS DEL SERVICIO

1. RAZÓN SOCIAL	: SERGIO BENNYS FLORES RAMIREZ
2. DIRECCIÓN	: URB. TUPAC AMARU Mz. A Lote 14 AYACUCHO - HUAMANGA - AYACUCHO
3. PROYECTO	: ESTIMACION DE LA INFLUENCIA DE LA PTAR TOTORA EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO ALAMEDA, AYACUCHO 2023
4. PROCEDENCIA	: JESUS NAZARENO – AYACUCHO
5. SOLICITANTE	: SERGIO BENNYS FLORES RAMÍREZ
6. ORDEN DE SERVICIO N°	: OSI N°030062023
7. FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2023-07-21

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1. MATRIZ	: VEGETAL
2. NÚMERO DE MUESTRAS	: 3
3. FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA	: 2023-07-03
4. PERÍODO DE ENSAYO	: 2023-07-04 al 2023-07-18

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

ENSAYO	NORMA REFERENCIA	TITULO
Cadmio	AOAC Official Method 2015.01 (2019)	Heavy Metals in Food Inductively Coupled Plasma - Mas Spectrometry First Action 2015
Plomo	AOAC Official Method 2015.01 (2019)	Heavy Metals in Food Inductively Coupled Plasma - Mas Spectrometry First Action 2015


CHRISTOPHER LEE MERCADO PUENTE
JEFE DE LABORATORIO Y OPERACIONES
QUIMPETROL PERU S.A.C.

QUIMPETROL PERÚ S.A.C., Mz. A, Lt. 62 zona industrial – Talara Alta – Piura, Talara, Paríftas.

Telf. +51 073-381778- Cel 961 296 169 / 961 293 883 E-mail: cotizaciones@quimpetrolperu.pe; informes@quimpetrolperu.pe; mercado@quimpetrolperu.pe

Página 1 de 2

IV. RESULTADOS

ITEM		1	2	3	
CÓDIGO DE LABORATORIO:		RABAL - 01	RABAL - 02	RABAL - 03	
COORDENADAS:		N: 8547320	N: 8547321	N: 8547321	
UTM WGS 84		E: 0586063	E: 0586056	E: 0586050	
MATRIZ:		VEGETAL	VEGETAL	VEGETAL	
MUESTREO	FECHA:	2023-07-01	2023-07-01	2023-07-01	
	HORA:	06:00	06:05	06:08	
ENSAYO	UNIDAD	L.C.M.	RESULTADOS	RESULTADOS	RESULTADOS
Metales Totales					
Cadmio	mg/Kg	0.01	0.09	0.09	0.12
Plomo	mg/Kg	0.01	0.22	0.25	0.29

"L.C.M." : Límite de Cuantificación del Método

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Quimpetrol Perú SAC.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

"FIN DEL INFORME"

PANEL FOTOGRAFICO



Foto N° 01. Nivel de Agua y condiciones del alrededor del río Alameda



Foto N° 02. Formación de espumas presuntamente por el efluente de la PTAR Totorá



Foto N° 03. Desfogue de aguas servidas de viviendas aledañas al río Alameda



Foto N° 04. Preparación para la medición de parámetros in-situ del río Alameda haciendo uso de multiparámetro



Foto N° 05. Medición in situ con multiparámetro del río Alameda



Foto N° 06. Registro de coordenadas mediante GPS del Punto 01



Foto N° 07. Registro de coordenadas mediante GPS del Punto 02



Foto N° 08. GPS Garmin usado



Foto N° 09. Recolección de muestras del río Alameda



Foto N° 10. Recolección de muestras del río Alameda



Foto N° 11. Muestras recolectadas del Punto 01



Foto N° 12. Muestras recolectadas del Punto 02



Foto N° 13. Uso de reactivos para preservación de muestras