



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Biorremediación con surfactantes naturales de *Aloe vera* y *Opuntia ficus-indica* para reducir plomo y cadmio de aguas residuales domésticas,
Tarapoto 2023

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

AUTORES:

Sangama Urrelo, Rosa Valeria (orcid.org/0000-0003-0722-3322)

Vasquez Miranda, Miranda Solymar (orcid.org/0000-0003-4372-8440)

ASESOR:

Dr. Vallejos Torres, Geomar (orcid.org/0000-0001-7084-977X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

CARÁTULA

TARAPOTO – PERÚ

2023

DEDICATORIA

Dedico este estudio de corazón a mis Padres y Hermanos, que me brindan su apoyo incondicional y son la base fundamental en el desarrollo de mi formación personal y profesional. A Dios por hacer realidad un logro más en el trayecto de mi vida.

Sangama Urrelo Rosa Valeria

Dedico este estudio a mi Madre, pues sin ella no lo habría logrado. Tu bendición a lo largo de mi vida me ha protegido y me lleva por el camino del bien. A mi Padre porque a pesar de la distancia me ha apoyado, también se lo dedico a mi Tía Luz, este estudio no fue fácil, pero fuiste una gran motivación.

Miranda Solymar Vásquez Miranda

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis Padres por ser parte fundamental en mi vida, apoyarme constantemente y darme valor para seguir adelante en este proceso de aprendizaje, a mis hermanos por estar ahí cuando más los necesito, docentes y finalmente a Dios por permitir que este proyecto se haga realidad y terminar con éxito una etapa más en mi vida.

Sangama Urrelo Rosa Valeria

Le agradezco a Dios por ayudarme a cumplir con todos mis objetivos, gracias por culminar con este estudio a todos mis amigos, ingenieros y docentes que ayudaron con las inquietudes durante el desarrollo de esta etapa.

Vásquez Miranda Miranda Solymar

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	10
3.1. Tipo y Diseño de Investigación.....	10
3.2. Variables y Operacionalización	10
3.3. Población, muestra y muestreo	11
3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos	12
3.5. Procedimiento	13
3.6. Método de análisis de datos.....	15
3.7. Aspectos éticos	15
IV. RESULTADOS	16
V. DISCUSIÓN.....	30
VI. CONCLUSIONES	33
VII. RECOMENDACIONES.....	34
REFERENCIAS	35
ANEXOS.....	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Análisis de varianza (ANOVA) para la dosis efectiva del surfactante Aloe vera en la remoción de plomo y cadmio.....	16
Tabla 2: Análisis de la prueba de Post hoc de los tratamientos del surfactante de Aloe vera en la remoción de plomo y cadmio	16
Tabla 3: Análisis de varianza (ANOVA) para la dosis efectiva del surfactante Opuntia ficus-indica en la remoción de plomo y cadmio	18
Tabla 4: Análisis de la prueba de Post hoc de los tratamientos con el surfactante de Opuntia ficus-indica en la remoción de plomo y cadmio.....	19
Tabla 5: Análisis de varianza (ANOVA) en la remoción de plomo, cadmio, pH, C.E y turbidez de las aguas residuales domésticas de Tarapoto	21
Tabla 6: Prueba de los efectos inter-sujetos en (ANOVA) de plomo, cadmio, pH, conductividad eléctrica y turbidez con los tratamientos Aloe vera y Opuntia ficus-Indica	22
Tabla 7. Matriz de Operacionalización de Variables.....	42
Tabla 8. Dosis de Tratamientos Aplicables	43
Tabla 9. Tratamientos Con Surfactante Aloe Vera	43
Tabla 10. Tratamientos Con Surfactante Opuntia ficus-indica.....	43

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1: Planta de sábila (Aloe vera)	8
Figura 2: Planta de tuna (Opuntia ficus-indica).....	8
Figura 3: Análisis de medias en la dosis efectiva del surfactante de Aloe vera en la remoción de plomo.....	17
Figura 4: Análisis de medias en la dosis efectiva del surfactante de Aloe vera en la remoción de cadmio.....	18
Figura 5: Análisis de medias en la dosis efectiva del surfactante de Aloe vera en la remoción de plomo.....	20
Figura 6: Análisis de medias en la dosis efectiva del surfactante de Aloe vera en la remoción de cadmio.....	20
Figura 7: Prueba de Post hoc de las medias de plomo en las aguas residuales domésticas tratadas con surfactantes naturales.....	23
Figura 8: Prueba de Post hoc de las medias de cadmio en las aguas residuales domésticas tratadas con surfactantes naturales.....	24
Figura 9: Prueba de Post hoc de las medias de pH en las aguas residuales domésticas tratadas con surfactantes naturales	25
Figura 10: Prueba de Post hoc de las medias de Conductividad eléctrica en las aguas residuales domésticas tratadas con surfactantes naturales	26
Figura 11: Prueba de Post hoc de las medias de Turbidez en las aguas residuales domésticas tratadas con surfactantes naturales.....	27
Figura 12: Correlación entre la dosis y los surfactantes en la remoción de plomo.....	28
Figura 13: Correlación entre la dosis y los surfactantes en la remoción de cadmio...28	
Figura 14: Concentraciones iniciales y finales de plomo y cadmio en las aguas residuales domésticas del sector Chontamuyo.	29

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar a los surfactantes a base de *Aloe vera* y *Opuntia ficus-indica* para reducir las concentraciones de plomo y cadmio en aguas residuales domésticas de la ciudad de Tarapoto. El tipo de investigación fue aplicada con un enfoque cuantitativo, asimismo contó con un diseño de investigación experimental. La muestra estuvo conformada por 36 litros de aguas residuales domésticas tomadas del punto de descarga del sector Chontamuyo, establecida en 3 dosis por cada Surfactante natural (*Aloe vera*: T1 = 0 ml/L, T2 = 40 ml/L y T3 = 60 ml/L por litro de agua) y (*Opuntia ficus-indica*: T1 = 0 ml/L, T2 = 40 ml/L y T3 = 60 ml/L por litro de agua). Los resultados fueron determinados por el análisis de varianza (ANOVA) con significancia de $p < 0.05$, además de las pruebas de Post hoc con las medias de Tukey, donde se mostraron que la dosis óptima de *Aloe Vera* incorporada en la reducción de las concentraciones de los metales en las aguas residuales domésticas fue de 60 ml/L. También la dosis óptima de *Opuntia ficus – indica* fue de 60 ml/L ya que tuvo mejor respuesta en cuanto a remoción de plomo y cadmio. La correlación que existe entre la dosis y los surfactantes naturales mostraron que mayor dosis, las concentraciones de los metales en estudio disminuyen en un 41% y 35% respectivamente en una dosis efectiva de 60 ml/L. Se concluyó que los surfactantes en base a *Aloe vera* y *Opuntia ficus-indica* son eficientes para remover plomo y cadmio de las aguas residuales domésticas a una dosis de 60 ml/L, además que representa una alternativa como tratamiento ecológico que no demanda mayor inversión para su elaboración, ejecución y que también puede sustituir a los tratamientos fisicoquímicos que comúnmente se usan.

Palabras clave: Coagulantes naturales, cadmio, plomo y agua residual doméstica.

ABSTRACT

The objective of this research work was to evaluate Aloe vera and Opuntia ficus-indica-based surfactants to reduce lead and cadmium concentrations in domestic wastewater from the city of Tarapoto. The type of research was applied with a quantitative approach, it also had an experimental research design. The sample consisted of 36 liters of domestic wastewater taken from the discharge point of the Chontamuyo sector, established in 3 doses for each natural surfactant (*Aloe vera*: T1 = 0 ml/L, T2 = 40 ml/L and T3 = 60 ml/L per liter of water) and (*Opuntia ficus-indica*: T1 = 0 ml/L, T2 = 40 ml/L and T3 = 60 ml/L per liter of water). The results were determined by the analysis of variance (ANOVA) with significance of $p < 0.05$, in addition to the Post hoc tests with Tukey's means, where it was shown that the optimal dose of Aloe Vera incorporated in the reduction of the concentrations of lead and cadmium in domestic wastewater were 60 ml/L. Also, the optimal dose of *Opuntia ficus - indica* was 60 ml/L since it had a better response in terms of lead and cadmium removal. The correlation that exists between the dose and the natural surfactants showed that higher doses lead and cadmium concentrations decrease by 41 % and 35 %, respectively in an effective dose of 60 ml/L. It was concluded that surfactants based on *Aloe vera* and *Opuntia ficus-indica* are efficient to remove lead and cadmium from domestic wastewater at a dose of 60 ml/L, in addition that it represents an alternative as an ecological treatment that does not require greater investment for its elaboration, execution and that can also replace the physicochemical treatments that are commonly used.

Keywords: Natural coagulants, cadmium, lead and domestic wastewater.

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día el desarrollo industrial en relación al crecimiento poblacional a nivel internacional genera el 83% de cantidades de efluentes contaminados. Los contaminantes como metales pesados, residuos orgánicos e inorgánicos liberados en el medio ambiente dañan las aguas superficiales, lo que conlleva a una degradación de ecosistemas y riesgos en la salud (Benalia et al. 2021). Para reducir los problemas ambientales asociados con estos efluentes de aguas residuales domésticas, las autoridades de gestiones públicas y privadas utilizan varios métodos de tratamiento de aguas como sistema de filtración; sistema de sedimentación, coagulación y floculación química y operación de planta (PTAR). Dependiendo de las particularidades de las aguas residuales se puede aplicar una mezcla de una cadena de procesos químicos, biológicos y físicos, para remover diversos contaminantes como carbono, nitrógeno, turbidez, metales pesados, colorantes (Som et al. 2021).

Los métodos físicos incluyen principalmente las tecnologías de adsorción, intercambio iónico y membranas. El tratamiento químico induce reacciones químicas, coagulación, precipitación, oxidación avanzada, intercambio iónico, neutralización y estabilización. Sin embargo, los sistemas de tratamiento biológico involucran biorreactores de membrana, biofiltro, reactor discontinuo secuencial y lodos activados (Terrones, 2019). Si bien estos procesos son efectivos para remover contaminantes de varias aguas residuales, también pueden tener algunos inconvenientes como el uso de químicos en las técnicas de coagulación-floculación, que pueden causar problemas de salud como genotoxicidad y neurotoxicidad (Katubi et al. 2021).

Por lo tanto, dependiendo de las características del efluente, el proceso aplicado para remover contaminantes puede no ser económicamente justificado y sostenible, con un alto costo ambiental relacionado con las consecuencias adversas de su efluente secundario sobre el ambiente. Para ser sostenible el manejo de aguas residuales domésticas debe involucrar materiales biológicos con el objetivo de minimizar el consumo de energía y los impactos nocivos sobre el ambiente (Carril et al. 2020). La estrategia sustentable que involucra el uso de materiales biológicos constituye una solución promisoría para la remoción de contaminantes (Benalia et al. 2021). En el cual

se utilizó materiales biológicos naturales como el *Aloe vera* y *Opuntia ficus-indica* para un eventual uso en la reducción de contaminantes, entre ellos plomo y cadmio.

La disminución de varios contaminantes de tipo metales por parte del *Aloe vera* se han utilizado en muchos procesos (adsorción, coagulación-floculación, degradación). Considerando que el *A. vera* es biodegradable, seguro y abundante en varias regiones del país (Diestra et al. 2019). La literatura presenta investigaciones acerca del uso de varios métodos para preparar materiales basados en *A. vera*. Estos materiales se han adoptado para el tratamiento del agua y se evaluaron varios parámetros de calidad de las aguas residuales domésticas con concentración de metales pesados para determinar su efecto en la eliminación de contaminantes (Terrones, 2019).

En este contexto, la contaminación de aguas domésticas es muy notorio y la ciudad de Tarapoto no es ajeno a dicha problemática, debido al acelerado crecimiento demográfico que presenta la ciudad; generando mayor producción de residuos domiciliarios exponiendo la salud poblacional y la del medio ambiente. Se conoce que muchas de las empresas y viviendas de la ciudad no cuentan con una adecuada educación en segregación de residuos domésticos, generando desperdicios poco aprovechables que a su vez contaminan el entorno.

Seguidamente, es importante formular el **problema general**: ¿En qué medidas los surfactantes en base a *Aloe vera* y *Opuntia ficus-indica* reducen concentraciones de plomo y cadmio en aguas residuales domésticas de la ciudad de Tarapoto? Con ello, se mencionan **problemas específicos**: ¿Cuál es la dosis óptima de *Aloe vera* para reducir las concentraciones de plomo y cadmio en las aguas residuales domésticas?; ¿Cuál es la dosis óptima de *Opuntia ficus-indica* para reducir las concentraciones de plomo y cadmio en las aguas residuales domésticas?; ¿Cuál es la correlación que existe entre las dosis empleadas y los surfactantes naturales en la reducción de la concentración de cadmio y plomo en aguas residuales domésticas?

La **justificación teórica** de este proyecto se desarrolla en la adquisición de nuevos conocimientos generados a partir de la búsqueda de información. Además, permite conocer el comportamiento de las variables y sus relaciones entre sí para los resultados efectivos de los tratamientos de las aguas residuales domésticas. Por otra

parte, la **justificación práctica** está enfocada en la aplicación del surfactante de *Aloe vera* y *Opuntia ficus-indica* para los tratamientos de las aguas residuales domésticas mediante diferentes dosis que puedan reducir plomo y cadmio, de ese modo disminuir los daños ocasionados en los organismos de seres humanos y especies acuáticas.

Por otro lado, la **justificación social** de la investigación se basó en el empleo de surfactantes naturales enfocándose en optimizar los indicadores de salud de la sociedad, por ello es necesario implementar medidas dirigidas a su tratamiento de las aguas residuales domésticas empleando dichas especies que son de fácil disponibilidad y mejora la calidad del agua sin costos excesivos. Finalmente, la **justificación metodológica** del estudio se fundamenta de acuerdo a las investigaciones científicas que alimenten el procedimiento del tratamiento por surfactante de *Aloe vera* y *Opuntia ficus-indica* en aguas residuales domésticas.

De esta manera, se planteó los siguientes objetivos del presente proyecto de investigación, teniendo como **objetivo general**: Evaluar a los surfactantes a base de *Aloe vera* y *Opuntia ficus-indica* para reducir las concentraciones de plomo y cadmio en aguas residuales domésticas de la ciudad de Tarapoto; y como **objetivos específicos**: Determinar la dosis óptima de *Aloe vera* para reducir las concentraciones de plomo y cadmio en las aguas residuales domésticas; Determinar la dosis óptima de *Opuntia ficus-indica* para reducir las concentraciones de plomo y cadmio en las aguas residuales domésticas; Conocer la correlación que existe entre las dosis empleadas y los surfactantes naturales en la reducción de la concentración de cadmio y plomo en aguas residuales domésticas.

Seguidamente se formula la **hipótesis general**: Mediante la aplicación de surfactantes a base de *Aloe vera* y *Opuntia ficus-indica* permitirá reducir las concentraciones de plomo y cadmio en aguas residuales domésticas de la ciudad de Tarapoto. Asimismo, se planteó las **hipótesis específicas**: Mediante la aplicación de 60 ml/L de *Aloe vera* permitirá reducir las concentraciones de plomo y cadmio en las aguas residuales domésticas; Mediante la aplicación de 60 ml/L de *Opuntia ficus-indica* permitirá reducir las concentraciones de plomo y cadmio en las aguas residuales domésticas; Las dosis de 60 ml/L de *Aloe vera* y *Opuntia ficus-indica* como surfactantes naturales permitirá la reducción de la concentración de cadmio y plomo en aguas residuales domésticas.

II. MARCO TEÓRICO

Abiyu et al. (2018) evaluaron la eficacia de los polvos de semillas de *Moringa oleifera* y *M. stenopetala* como coagulantes alternativos en el manejo y control de aguas en la Universidad de Donghua. El método usado por los autores fue mediante un sistema de tratamiento de coagulación entre el agua contaminada y semilla de *Moringa oleifera* y *Moringa stenopetala*. Los resultados encontrados por los autores indican que los iones metálicos variaron del 70 al 89 % para plomo; del 66 al 92 % para hierro y del 44 al 47 % para cadmio utilizando semillas de *M. oleifera* y tortas prensadas con una concentración inicial de metal de 7 ppm y una dosis de solvente de 120 mg/L. Los autores concluyeron que los tratamientos con soluciones de *Moringa* eliminaron entre el 90 y el 99.9 % de las impurezas del agua, además, el polvo de semilla de *M. stenopetala* a dosis de 1 g/100 ml, mantuvo un pH de 9.5 y disminuyó la concentración de cromo en un 99.86 %.

Mohammad (2018) evaluó el efecto del proceso de coagulación/floculación/precipitación usando alumbre junto con proteína de coagulación de *M. oleifera* como coagulante en Irán. En este estudio la metodología fue el uso de la proteína coagulante de *M. oleifera* (MOCP) como un nuevo método para tratar el agua turbia. La dosis óptima de MOCP se encontró a un pH de 7 a 7.5 para todas las turbideces. Los resultados encontrados por los autores hacen referencia a la eliminación máxima de turbidez del 99%. Además, el MOCP redujo significativamente la dosis requerida de alumbre. Los valores de carbono orgánico total (COT) para agua tratada con turbidez baja, media y alta fueron 0.55, 0.5 y 0.65 mg* L⁻¹, proporcionalmente; la eficacia de remoción de iones metálicos en este artículo fue: Fe²⁺>Cu²⁺>Zn²⁺>Mn²⁺. El autor concluyó que el método es una forma efectiva de optimizar el proceso de coagulación-floculación en el manejo de agua cruda.

Tawfiq et al. (2019) evaluaron el diseño factorial y optimización del tratamiento de lixiviados de aguas residuales utilizando coagulantes naturales en Malasia. Usaron un coagulante natural a base de tanino para tratar el lixiviado de vertedero mediante un diseño compuesto central (CCD). Los resultados encontrados por los autores en cuanto a la eficacia de remoción para DQO, SST, NH₃-N y color fueron 60.26 %, 53.50

% y 91.39 %. Además, la eliminación de metales pesados en cuanto al Fe^{2+} , As^{3+} , Zn^{2+} , Cr^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Cd^2 y cobalto Co^{2+} fueron 89.76 %, 94.15 %, 89.94 %, 86.43 %, 17.26 %, 94.61 %, 93.78 %, y 84.19 %, respectivamente. Los autores concluyeron que el coagulante natural a base de taninos eliminó de forma eficaz los compuestos orgánicos y los metales pesados de los lixiviados de vertederos estabilizados.

Tawakkoly et al (2019) evaluaron el extracto de mucílago de *salvia española* (chía) como coagulante natural activo durante el tratamiento de lixiviados en el país de Irán. Utilizaron un método de proceso de coagulación-floculación (CF) basado en una superficie de respuesta (RSM) de esbozo combinado céntrico (ECD). Los autores obtuvieron resultados que incluyen el tiempo de exposición, el pH y la dosis de coagulantes naturales para disminuir la demanda química de oxígeno (DQO) y prevenir la turbidez empleando 40 g/L de *salvia española* a pH 7 en condiciones óptimas. Los autores concluyeron que el uso de *salvia española* como coagulante para contaminantes en el tratamiento es muy eficaz para los investigadores en las dosis prescritas.

Benalia et al. (2021) investigaron el potencial del *A. vera* como coagulante para el tratamiento del agua potable. Fue empleada en dos formas diferentes: tanto en polvo como en líquido; este último se extrajo con agua destilada utilizada como solvente. Los resultados obtenidos mostraron que el uso del coagulante natural *Aloe vera* tanto en polvo (AV-Powder) como líquido (AV-H₂O) redujeron la turbidez del agua a pH natural en un 28.23 % y un 87.84 %, respectivamente. El estudio del efecto del pH en el desempeño del proceso usando biocoagulante demostró que la máxima eficiencia de remoción de turbidez fue del 53.53 % y 88.23 % usando AV-Powder y AV-H₂O, respectivamente, a pH óptimo 6. Los autores concluyeron que el *A. vera* se puede utilizar con éxito como coagulante natural para el tratamiento del agua potable, tanto en AV-Powder como AV-H₂O pueden mejorar la calidad final del agua.

Pacheco et al. (2023), realizaron un proceso combinado de coagulación-electrocoagulación utilizando un biocoagulante de *O. ficus-indica* en tratamiento de aguas residuales de suero de queso. Emplearon un diseño de Box-Behnken, teniendo

como respuestas porcentajes de remoción de turbidez y demanda química de oxígeno (DQO). Los resultados demostraron que la función de deseabilidad se utilizó para la optimización del proceso, y los valores sugeridos fueron pH 10.0, dosis de coagulante de 4.4 g. L⁻¹ y densidad de corriente de 31.5 mA cm⁻², que mostró remociones de turbidez y DQO de 98.9 % y 83.8 %, respectivamente. Los autores concluyeron que el uso del biocoagulante de *O. ficus-indica* representa una alternativa ecológica para el tratamiento de efluentes residuales, pues alcanza a disminuir o remover en mayor porcentaje.

Cabrejos (2019) Evaluó la efectividad de las ciruelas como coagulante natural y la calidad del agua, el uso del coagulante en el manejo y control de aguas residuales pasó una prueba de jarra seguida de parada en la ciudad de Chiclayo. Los resultados de la validación en laboratorio de la eficiencia de coagulación de aguas residuales fueron validados en diversas aguas residuales de mataderos, tintorerías, textiles, etc., por lo que redujo los parámetros de turbidez en un 98.73 % en aguas residuales de matadero, aguas residuales de teñido 99.80 %, aguas residuales textiles 99.63 %. Los autores concluyeron que las semillas de durazno y ciruela como coagulantes naturales pueden eliminar de manera muy efectiva los contaminantes que están en cuerpos hídricos de diversas actividades urbanas debido a las aguas residuales vertidas.

Camarena (2022) el propósito del estudio fue determinar la eficacia de la concentración de *Aloe vera*, el período de coagulación y el período de floculación en la disminución de DBO en el manejo y control de aguas residuales domésticas. El coagulante de *A. vera* se extrae mediante una metodología experimental de tipo aplicada. Los resultados reportados se obtuvieron a una concentración de coagulante de 2000 ppm, un tiempo de coagulación de 2 min y un tiempo de floculación de 15 min, este tratamiento promedió 95 ppm DBO₅, y el tratamiento estadístico 1 demostró un mayor porcentaje de reducción de oxígeno bioquímico, la demanda (DBO) fue del 72.5 %. El autor concluyó que en la purificación de agua domiciliaria la concentración de *A. vera* 2000 ppm presenta un tiempo de coagulación de 2 min y el tiempo de floculación fue de 15 min, por lo que el efecto es mejor.

En relación a las bases teóricas con las variables independientes y dependientes, refiere que las aguas contaminadas es la acumulación de una o más sustancias no acuosas teniendo varias consecuencias, incluidos los desequilibrios en la vida de los organismos vivos tales como animales, plantas y humanos (Malkapuram et al. 2021). Las aguas residuales domiciliarias, agrícolas, ganaderas e industriales sin tratar, degradan la calidad de las aguas subterráneas, superficiales y ponen en peligro la salud poblacional y la integridad del entorno (Mohammad et al. 2018). Los cuerpos de aguas contaminadas se definen como aguas en los que luego del uso humano en diversas actividades se mezclan sustancias que cambian su masa original, por lo que representan un peligro (Olivera, 2018). Es por ello que, la influencia humana afecta negativamente la calidad de las aguas residuales (Mathuram et al. 2018). Por tanto, es agua que, por su calidad, cantidad o disponibilidad; no tiene valor directo ni para el fin al que se destina ni para su producción (Righetto et al. 2021).

Las aguas residuales domiciliarias se basan en estudios de tipos de aguas mezcladas con aguas industriales o escorrentía de aguas pluviales, donde se dan en áreas residenciales y de las que brindan servicios, formado como resultado del metabolismo humano (Nath et al. 2021). Según otro autor, las aguas residuales son las que se vierten en lugares destinados a cualquier actividad industrial o comercial y no las aguas residuales domésticas o cloacales (Carril, 2020). Por otro lado, según Bordino (2021), menciona que la biorremediación es una técnica biotecnológica donde se emplean microorganismos vivos para extraer, degradar o transformar contaminantes con el fin de reducir su impacto en el agua, aire y suelo. Generalmente, los organismos más empleados en este desarrollo son bacterias, hongos y plantas.

Los tensioactivos naturales son productos elaborados a partir de sustancias naturales o artificiales adicionados a aguas homogéneas que contienen diversos contaminantes, son precursores que crean afinidad entre ellos, favorecen la formación de coágulos sanguíneos y reducen el grado de contaminación (Benalia et al. 2021). Por lo tanto, la especie vegetal de *Aloe* proviene de la palabra *Alloeh*, que se denota como una sustancia amarga y brillante; mientras que *vera* significa arena. Representa a la familia *Asphodelaceae* (*Liliaceae*) y es un vegetal arbustivo, duradero, xerófila, suculenta,

suave de coloración verdoso guisante (Sunzid et al. 2021). Tiene hojas carnosas triangulares, flores amarillas y tres capas donde la primera tiene un gel interior transparente que contiene 99 % agua y 1 % aminoácidos, esteroides, lípidos y vitaminas; la segunda es amarilla savia con una gruesa capa externa de 15 – 20 células llamada corteza que sintetiza carbohidratos y proteínas (Terrones, 2019).

Figura 1: Planta de sábila (Aloe vera)



Fuente: Gómez, Jaime 2021

Asimismo, la *Opuntia ficus-indica* también conocida como nopal o tuna, es un cactus de aproximadamente tres metros de altura con tallos planos y suculentos que consisten en una serie de hojas ovaladas, de 30 a 40 cm de largo y 20 cm de ancho, cubiertas con espinas que presentan las hojas, flores grandes ubicadas en el borde. El fruto de un cactus se muestra en los pétalos rojos o amarillos lo que son utilizados para setos vivos (Villacrez, 2018).

Figura 2: Planta de tuna (Opuntia ficus-indica)



Fuente: Zudaire, Maite 2018

El proceso de floculación sigue a la coagulación, que consiste en remover el material coagulado para que crezcan y coagule los flóculos recién formados para aumentar el tamaño y el peso necesario para que se asienten fácilmente (Som et al. 2021).

La coagulación es un proceso químicamente inestable de partículas coloidales que ocurre al agregar coagulantes químicos y usar la energía de la mezcla para neutralizar las fuerzas que las separan (Precious et al. 2021). Además, da como resultado la formación de núcleos microscópicos debido a la eliminación de la doble capa eléctrica que envuelve a todas las partículas coloidales (Jaouadi et al. 2020). Empieza desde el momento en que se agrega el coagulante al agua y dura solo una fracción de segundo. Radica en una serie de resistencias fisicoquímicas entre los coagulantes, las superficies de las partículas, el agua y la alcalinidad (Diestra et al. 2019).

Los metales pesados son considerados como un conjunto de elementos químicos con una alta densidad por lo que generalmente son tóxicos y nocivos para los seres humanos, se puede encontrar grandes concentraciones en cuerpos hídricos, tales como plomo y cadmio disminuyendo el nivel de oxígeno y perjudicando directamente a la flora y fauna acuática (Benalia et al. 2021). Con ese fin, el plomo se conoce como un metal tóxico que se halla naturalmente en la corteza terrestre. Se ha generalizado su uso causando una grave polución ambiental, exhibición humana y problemas graves de salud pública a nivel mundial (Gaayda et al. 2021). También de acuerdo a otros estudios, el cadmio es un metal muy tóxico que puede tener algunos efectos sobre nuestra salud, así como diarrea, dolor de estómago, vómitos severos, fracturas debido a huesos debilitados y problemas reproductivos o incluso infertilidad (Lun y Wahab, 2021).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Diseño de Investigación

3.1.1. Tipo de investigación:

El estudio estableció un tipo de investigación aplicada; de acuerdo con Sampieri (2014), menciona que este tipo de investigación implica un trabajo original para obtener nuevos conocimientos, pero básicamente se dirige hacia un fin u objetivo práctico específico, es decir, obtener nuevos resultados a partir de método de tratamiento con los surfactantes naturales de *Aloe vera* y *Opuntia ficus-indica* reduciendo los metales pesados como plomo y cadmio de las aguas residuales domésticas descargadas de la ciudad de Tarapoto en la sub cuenca del río Shilcayo.

3.1.2. Diseño de investigación:

Se presentó una investigación experimental, ya que Artigas y Robles (2010), hacen mención que se trata en exponer a una persona o conjunto de personas a determinadas situaciones, tal es así que para este estudio se usaron los ensayos de campo y laboratorio para la variable independiente con los surfactantes naturales de *A. vera* y *O. ficus-indica* con el fin de observar los efectos de respuestas a la variable dependiente de disminuir las concentraciones de plomo y cadmio de aguas residuales domésticas.

3.2. Variables y Operacionalización

Las variables y operacionalización se presentan detalladamente en la *tabla 7* (Ver en anexo 1). Tal como se describe a continuación:

Variable independiente: Surfactantes naturales de *Aloe vera* y *Opuntia ficus-indica*.

Definición Conceptual: compuesto principalmente de polímeros naturales derivados de plantas. Entre estas sustancias encontramos que los polisacáridos y las sustancias hidrosolubles actúan como coagulantes y/o floculantes en los contaminantes que se encuentren en las aguas (Benalia et al. 2021).

Definición Operacional: Se realizó la recolección de la materia prima de *aloe vera* y *opuntia ficus-indica* donde se obtuvo el gel y posteriormente se aplicó en los frascos de los tratamientos con la dosis establecida.

Escala de Medición: Nominal

Variable dependiente: Concentración de plomo y cadmio de aguas residuales domésticas.

Definición Conceptual: Es la cantidad de niveles de concentración de metales pesados como el plomo y el cadmio que se encuentran en las aguas residuales domésticas, que mediante tratamientos con surfactantes naturales estos contaminantes reducen las concentraciones y evitan daños a la biodiversidad de las especies acuáticas y la salud de las personas (Cabrejos, 2019).

Definición Operacional: Antes de iniciar el estudio se realizaron los análisis correspondientes a las muestras de aguas residuales domésticas que se recolectaron del sector de Chontamuyo, determinando las concentraciones iniciales de plomo y cadmio y también al final de los tratamientos de estudio. Estas muestras fueron enviadas al laboratorio de suelos y aguas de la Universidad Nacional de San Martín; determinando en porcentajes de remoción las concentraciones de plomo y cadmio en base al efecto del surfactante natural de *aloe vera* y *opuntia ficus-indica*.

Escala de Medición: ml/L

3.3. Población, muestra y muestreo

Población: Está conformado por las aguas residuales domésticas del distrito de Tarapoto que fueron tomadas del punto de descargas en el Sector Chontamuyo de la parte baja de la microcuenca del Río Shilcayo. Esto referente a López (2004), que menciona a una población como un conjunto infinito o finito de elementos con tipologías habituales, cuyas inferencias serán amplias para ser tomadas en un estudio.

Muestra: Estuvo constituida por 36 litros de aguas residuales domésticas tomadas del punto de descarga del sector Chontamuyo, distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín, establecida en 3 dosis por cada Surfactante natural (*Aloe vera*: T1 = 0 ml/L, T2 = 40 ml/L y T3 = 60 ml/L por litro de agua) y (*Opuntia ficus-indica*: T1 = 0 ml/L, T2 = 40 ml/L y T3 = 60 ml/L por litro de agua). Las dosis estuvieron en relación al artículo de investigación de Katubi et al. (2021), evaluaron una mezcla para coagulantes de *Aloe vera* y *Moringa oleífera* de 10 mg.L⁻¹, 50 mg.L⁻¹ y 100 mg.L⁻¹ en clarificación de aguas contaminadas por metales pesados.

Muestreo: Se consideró 18 unidades experimentales, es decir, por cada tratamiento se realizó 3 repeticiones, obteniéndose 18 unidades experimentales (UE) para *Aloe vera* y 18 UE para *Opuntia ficus-indica*, para plomo se consideró 36 muestras y cadmio 36 muestras ya que en todos los tratamientos se evaluaron los dos metales pesados, esto se basó en un tipo probabilístico, que según López (2004), menciona que una muestra probabilística es conocida como la verosimilitud de cada elemento conformada por una muestra compuesta que es parte de una población fijada.

3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas de recolección de datos.

- **Análisis de medición:** Al finalizar el estudio se recolectó un litro de agua de cada tratamiento que se determinó en las pruebas del test de jarras y estas muestras fueron analizadas en el laboratorio de la Universidad Nacional de San Martín para la determinación de las concentraciones de cadmio y plomo removidas por los surfactantes.
- **Análisis documental:** Consistió en la búsqueda de información más relevante en relación al tema de investigación de los artículos y revistas de investigación en la elaboración de la síntesis de trabajo. Según Peña y Pirela, (2007), menciona que el análisis documental es el acto de seleccionar una idea relacionada con la información sobre un documento

para formular su contenido con el fin de recuperar la información que contiene cada trabajo de investigación.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos.

- **Ficha de recolección de datos:** Se elaboraron fichas de recolección de información de los procedimientos hacia los tratamientos de aguas residuales domésticas. Según como lo mencionan Duana y Hernández (2020), las fichas son herramientas que permiten registrar e identificar los datos que se obtengan de las pruebas durante el tratamiento.

3.5. Procedimiento

ETAPA 1: GABINETE

- La recopilación de información se basó en trabajos científicos, artículos y revistas vinculadas con el tema de investigación. Además, se consultó a especialistas que comprendan el tema de investigación con la finalidad de elaborar los formatos para la recopilación de datos. Así mismo se realizó los análisis de las aguas para determinar las concentraciones iniciales de cadmio y plomo.

ETAPA 2: TRABAJO DE CAMPO Y LABORATORIO

- Se llevó a cabo la identificación del lugar de donde se va extraer las muestras; seguidamente se realizó la toma de coordenadas X= 349111, Y= 9279729 de la zona de influencia para la elaboración del mapa de ubicación; luego se consiguió las hojas de *A. vera* y *O. ficus-indica* para la preparación del surfactante; asimismo se efectuó la toma de muestras para el análisis antes de los tratamientos (Ver anexo 23).
- Posterior al reconocimiento se tomaron tres muestras de agua determinando las concentraciones iniciales de los metales pesados plomo y cadmio en el laboratorio de la Universidad Nacional de San Martín.
- Seguidamente se obtuvieron la materia prima de 10 pencas de *opuntia ficus-indica* y 20 hojas de *aloe vera* para la extracción de los coagulantes.

- Las hojas de *Opuntia ficus-indica* fueron picadas de forma cuadrangular y ubicadas en cooler con 10 litros de agua un día antes al tratamiento, donde se obtuvo el coagulante natural.
- A continuación, se recolectaron las muestras de agua del Sector Chontamuyo para la distribución de los tratamientos con los surfactantes de *aloe vera* y *Opuntia ficus-indica* en los ambientes del laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo.
- La distribución de los tratamientos estuvo relacionada con la dosis del tratamiento aplicable, tratamientos con surfactantes de *aloe vera* y tratamientos con surfactantes de *Opuntia ficus-indica* (Ver en anexo 2, 3 y 4). Seguidamente se preparó el coagulante de *A. vera* para ser aplicados a las pruebas de jarras.
- En el laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo las pruebas de jarras se inició con el coagulante de *Opuntia ficus-indica* en base a las dosis de 40 ml/L, 60 ml/L y un testigo.
- Se usó en cada jarra un litro de agua residual doméstica con sus respectivas dosis de 40 ml/L, 60 ml/L, igual para el testigo una jarra de un litro de agua.
- Después, se inició con las pruebas de jarras el mezclado a 140 revoluciones por 2 minutos (140 rpm/2 min). Posteriormente en el proceso de coagulado y floculado se disminuyó a 30 revoluciones por 30 minutos (30 rpm/30 min). Finalmente, en la etapa de reposo se ha considerado 30 minutos.
- Los tratamientos con coagulante *Aloe vera* tuvieron el mismo procedimiento que el tratamiento con *Opuntia ficus-indica*.
- Durante el proceso de reposo de los tratamientos con *aloe vera* y *Opuntia ficus-indica* se realizaron las mediciones de los indicadores de temperatura, pH, conductividad eléctrica y turbidez de cada jarra de tratamiento.
- Una vez realizadas todas las mediciones, las muestras de agua fueron embotelladas y posteriormente llevadas al laboratorio de la UNSM.
- Luego se obtuvieron los resultados del análisis del agua de cada tratamiento con los coagulantes *aloe vera* y *Opuntia ficus-indica*.

- Se compararon la variación en la disminución de las concentraciones de cadmio y plomo en las muestras de aguas iniciales y después de los tratamientos.
- Posterior a ello, los datos fueron procesados por las pruebas estadísticas. Además, se realizaron las tablas y figuras de los datos obtenidos en el laboratorio como respuesta a los objetivos planteados.

ETAPA 3: GABINETE FINAL

- Finalmente se elaboró la interpretación de resultados, presentación del informe final, subsanación de las observaciones dadas por el asesor y seguido a la sustentación final de la tesis de investigación.

3.6. Método de análisis de datos

En el estudio se empleó el programa SPSS-25 y hoja de Excel, donde se procesaron los datos recolectados de la parte experimental correspondiente a 36 unidades experimentales y los resultados de laboratorio de los tratamientos de *aloe vera* y *opuntia ficus-indica*. El análisis estadístico empleado fue por análisis de varianza (ANOVA), que al notar significancia de $P \geq 0.05$ se utilizó la prueba de post hoc, por lo tanto, queda demostrado la dosis más efectiva en la disminución de los metales pesados de plomo y cadmio.

3.7. Aspectos éticos

Esta investigación respetó la autoría de las fuentes consideradas en todos los capítulos, seguidamente del lineamiento Normativo vigente del ISO 690 a nivel internacional, también cumplió con los principios éticos demandados por la Universidad Cesar vallejo estipulado en su resolución N°110-2022-VI-UCV lo cual fueron evaluados por los asesores, además por la resolución de Consejo Universitario N°0126-2017-UCV emitida el 23 de mayo de 2017. A partir de la recopilación de la información de diferentes investigaciones elaboradas por expertos de los temas relacionados con el presente trabajo de investigación.

IV. RESULTADOS

De acuerdo al desarrollo del trabajo de investigación se logró llegar a los siguientes resultados:

4.1. Dosis óptima de *Aloe vera* para reducir las concentraciones de plomo y cadmio en las aguas residuales domésticas.

Según el análisis de varianza (ANOVA) del surfactante *Aloe vera* en la remoción de plomo y cadmio se muestra significancia para plomo de $p < 0.05$ de 0.000*, en cuanto al metal cadmio no se presenta significancia de $p < 0.05$ a 0.086 mediante la aplicación del surfactante *Aloe Vera* (Tabla 1).

Tabla 1: Análisis de varianza (ANOVA) para la dosis efectiva del surfactante Aloe vera en la remoción de plomo y cadmio.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Plomo	Inter-grupos	0,178	2	0,089	20,949	0,000*
	Intra-grupos	0,064	15	0,004		
	Total	0,241	17			
Cadmio	Inter-grupos	0,097	2	0,049	2,897	0,086
	Intra-grupos	0,252	15	0,017		
	Total	0,349	17			

Según la prueba de Post hoc se muestra significancia de $p < 0.05$ mayor a 0.00 para el plomo en el tratamiento T3 a una dosis de 60 ml/L, al igual no se muestra significancia de $p < 0.05$ mayor a 0.12 para cadmio en el tratamiento T3 a una dosis de 60 ml/L del surfactante *Aloe vera* (Tabla 2).

Tabla 2: Análisis de la prueba de Post hoc de los tratamientos del surfactante de Aloe vera en la remoción de plomo y cadmio

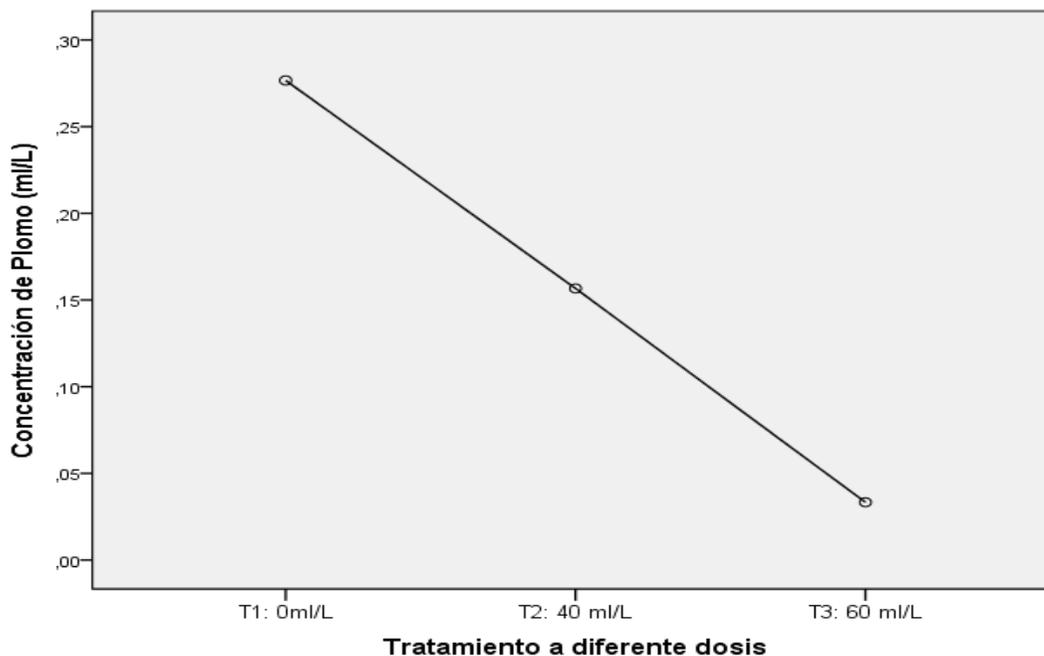
Variable dependiente	(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		
						Límite inferior	Límite superior	
Plomo	de	HSD T1: 0ml/L	T2: 40 ml/L	0.12000*	0.03759	0.016	0.0223	0.2177
			T3: 60 ml/L	0.24333*	0.03759	0.000	0.1457	0.3410
		Tukey T2: 40 ml/L	T1: 0ml/L	-0.12000*	0.03759	0.016	-0.2177	-0.0223

		T3: 60 ml/L	0.12333*	0.03759	0.013	0.0257	0.2210
	T3: 60 ml/L	T1: 0ml/L	-0.24333*	0.03759	0.000	-0.3410	-0.1457
		T2: 40 ml/L	-0.12333*	0.03759	0.013	-0.2210	-0.0257
	T1: 0ml/L	T2: 40 ml/L	-0.00500	0.07478	0.998	-0.1992	0.1892
	HSD	T3: 60 ml/L	0.15333	0.07478	0.134	-0.0409	0.3476
	de	T1: 0ml/L	0.00500	0.07478	0.998	-0.1892	0.1992
	T2: 40 ml/L	T3: 60 ml/L	0.15833	0.07478	0.120	-0.0359	0.3526
	Tukey	T1: 0ml/L	-0.15333	0.07478	0.134	-0.3476	0.0409
		T2: 40 ml/L	-0.15833	0.07478	0.120	-0.3526	0.0359

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

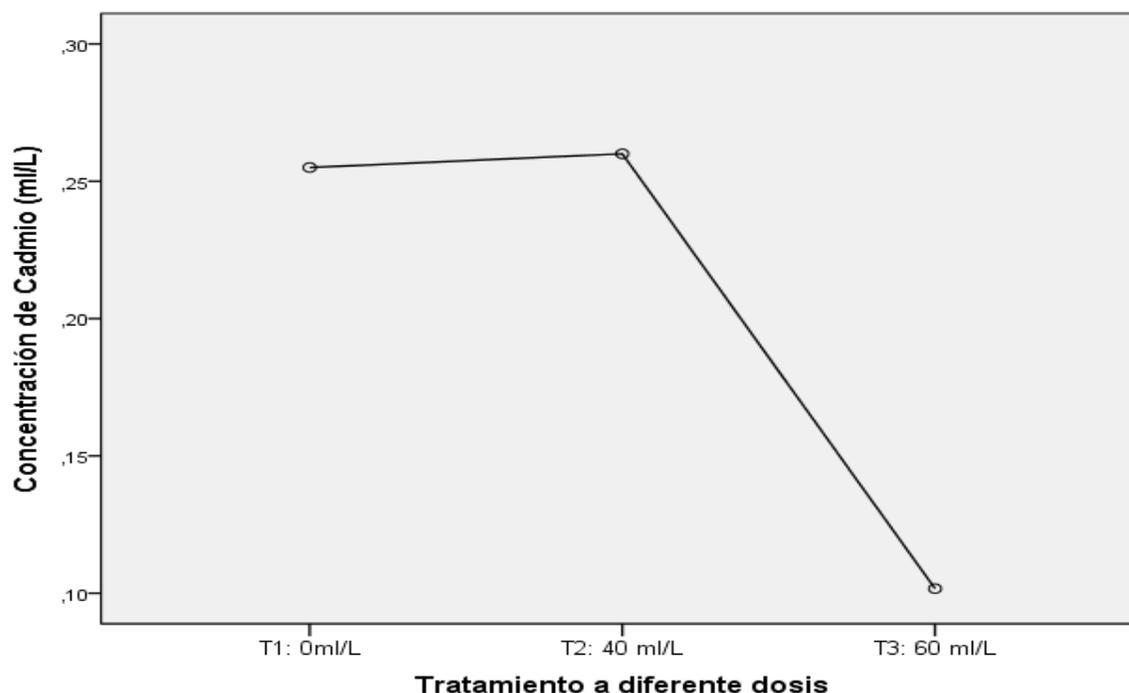
En el análisis de medias se determinó a la dosis más efectiva por presentar las concentraciones más bajas de plomo de 0.03 ml/L con 60 ml/L del surfactante *Aloe Vera* de aguas residuales domésticas del sector Chontamuyo, distrito de Tarapoto (Figura 3).

Figura 3: Análisis de medias en la dosis efectiva del surfactante de Aloe vera en la remoción de plomo.



En el análisis de medias se determinó a la dosis más efectiva por presentar las concentraciones más bajas de cadmio de 0.10 ml/L con 60 ml/L del surfactante *Aloe Vera* de las aguas residuales domésticas del sector Chontamuyo, distrito de Tarapoto (Figura 4).

Figura 4: Análisis de medias en la dosis efectiva del surfactante de Aloe vera en la remoción de cadmio.



4.2. Dosis óptima de *Opuntia ficus-indica* para reducir las concentraciones de plomo y cadmio en las aguas residuales domésticas.

Según el análisis de varianza (ANOVA) del surfactante *Opuntia ficus - indica* en la remoción de plomo y cadmio se muestra significancia para plomo de $p < 0.05$ de 0.000^* , en cuanto al metal cadmio también presenta significancia de $p < 0.05$ a 0.000^* mediante la aplicación del surfactante *Opuntia ficus-indica* (Tabla 3).

Tabla 3: Análisis de varianza (ANOVA) para la dosis efectiva del surfactante *Opuntia ficus-indica* en la remoción de plomo y cadmio

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Plomo	Inter-grupos	0.215	2	0.107	115.953	0.000*
	Intra-grupos	0.014	15	0.001		
	Total	0.229	17			
Cadmio	Inter-grupos	0.174	2	0.087	185.532	0.000*
	Intra-grupos	0.007	15	0.000		
	Total	0.181	17			

Según la prueba de Post hoc se muestra significancia de $p < 0.05$ mayor a 0.00 para el plomo en los tratamientos a las diferentes dosis, al igual se muestra significancia de $p < 0.05$ mayor a 0.000 para cadmio en los tratamientos a diferentes dosis del surfactante *Opuntia ficus-indica* (Tabla 4).

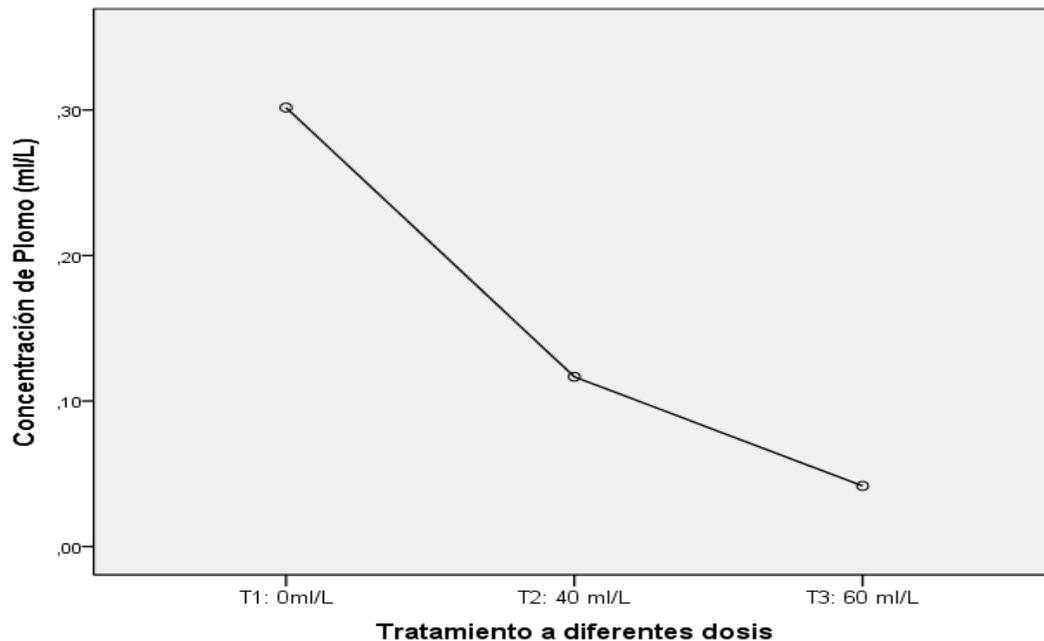
Tabla 4: Análisis de la prueba de Post hoc de los tratamientos con el surfactante de *Opuntia ficus-indica* en la remoción de plomo y cadmio

Variable dependiente	(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Plomo	HSD	T1: 0ml/L	0.18500*	0.01758	0.000	0.1393	0.2307
		T3: 60 ml/L	0.26000*	0.01758	0.000	0.2143	0.3057
		T2: 40 ml/L	-0.18500*	0.01758	0.000	-0.2307	-0.1393
	Tukey	T3: 60 ml/L	0.07500*	0.01758	0.002	0.0293	0.1207
		T1: 0ml/L	-0.26000*	0.01758	0.000	-0.3057	-0.2143
		T2: 40 ml/L	-0.07500*	0.01758	0.002	-0.1207	-0.0293
Cadmio	HSD	T1: 0ml/L	0.14000*	0.01252	0.000	0.1075	0.1725
		T3: 60 ml/L	0.24000*	0.01252	0.000	0.2075	0.2725
		T2: 40 ml/L	-0.14000*	0.01252	0.000	-0.1725	-0.1075
	Tukey	T3: 60 ml/L	0.10000*	0.01252	0.000	0.0675	0.1325
		T1: 0ml/L	-0.24000*	0.01252	0.000	-0.2725	-0.2075
		T2: 40 ml/L	-0.10000*	0.01252	0.000	-0.1325	-0.0675

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

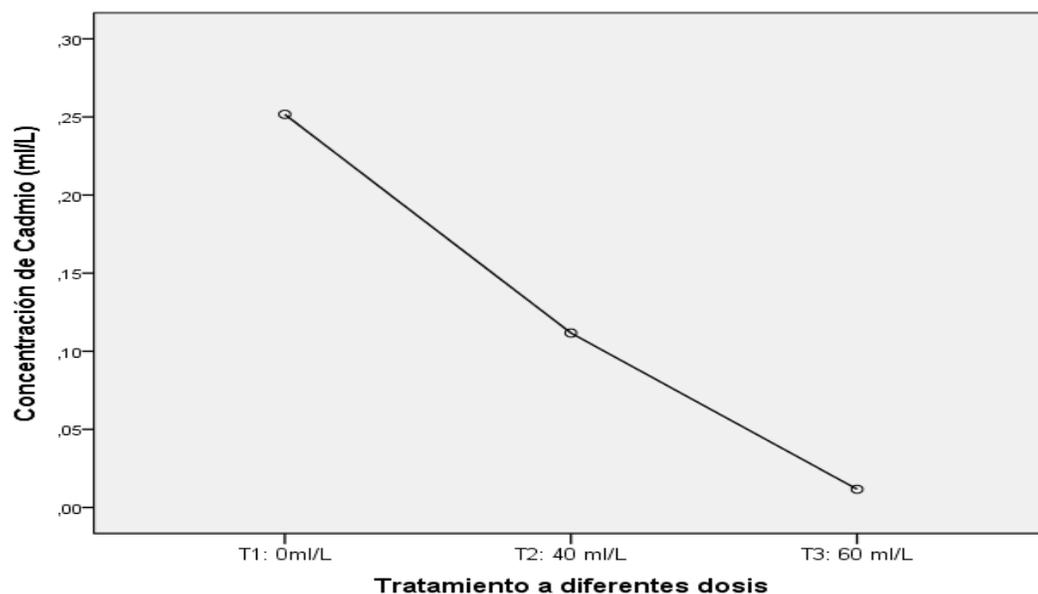
En el análisis de medias se determinó a la dosis más efectiva por presentar las concentraciones más bajas de plomo de 0.04 ml/L con 60 ml/L del surfactante *O. ficus-Indica* de las aguas residuales domésticas del sector Chontamuyo, distrito de Tarapoto (Figura 5).

Figura 5: Análisis de medias en la dosis efectiva del surfactante de Aloe vera en la remoción de plomo



En el análisis de medias se determinó a la dosis más efectiva por presentar las concentraciones más bajas de cadmio de 0.01 ml/L con 60 ml/L del surfactante *Opuntia ficus-Indica* de las aguas residuales domésticas del sector Chontamuyo, distrito de Tarapoto (Figura 6).

Figura 6: Análisis de medias en la dosis efectiva del surfactante de Aloe vera en la remoción de cadmio



4.3. Correlación que existe entre las dosis empleadas y los surfactantes naturales en la reducción de la concentración de cadmio y plomo en aguas residuales domésticas

Del análisis de varianza (ANOVA) se determinaron la significancia de $p < 0.05$ mayor a 0.000^* para la turbidez, plomo, cadmio, pH y la conductividad eléctrica, el cual tienen diferente concentración de remoción en base a las dosis aplicadas en los diferentes tratamientos del agua residuales domésticas del sector Chontamuyo, distrito de Tarapoto (Tabla 5).

Tabla 5: Análisis de varianza (ANOVA) en la remoción de plomo, cadmio, pH, C.E y turbidez de las aguas residuales domésticas de Tarapoto

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Turbidez	Inter-grupos	14881.056*	2	7440.528	34.300	0.000*
	Intra-grupos	7158.583*	33	216.927		
	Total	22039.639*	35			
Plomo	Inter-grupos	0.386*	2	0.193	75.419	0.000*
	Intra-grupos	0.084*	33	0.003		
	Total	0.470*	35			
Cadmio	Inter-grupos	0.240*	2	0.120	11.330	0.000*
	Intra-grupos	0.349*	33	0.011		
	Total	0.589*	35			
pH	Inter-grupos	12.195*	2	6.097	79.615	0.000*
	Intra-grupos	2.527*	33	0.077		
	Total	14.722*	35			
C.E	Inter-grupos	699652.722*	2	349826.361	108.094	0.000*
	Intra-grupos	106798.167*	33	3236.308		
	Total	806450.889	35			

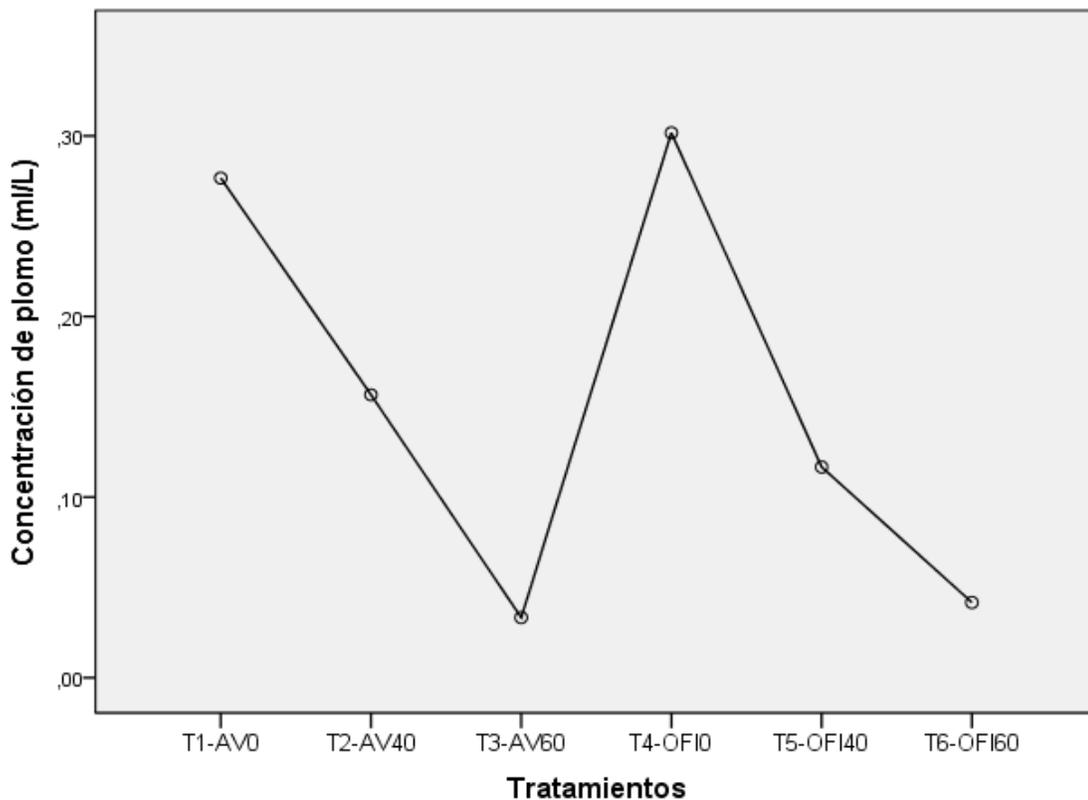
De acuerdo a la prueba de los efectos de inter-sujetos en (ANOVA) se muestra significancia de $p < 0.05$ mayor a 0.00^* para el plomo, cadmio, pH, C.E y turbidez entre los tratamientos con incorporación de surfactantes naturales de *A. vera* y *O. ficus-indica* a las aguas residuales domésticas (Tabla 6).

Tabla 6: Prueba de los efectos inter-sujetos en (ANOVA) de plomo, cadmio, pH, conductividad eléctrica y turbidez con los tratamientos Aloe vera y Opuntia ficus-Indica

Origen	Variable dependiente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Eta al cuadrado parcial
Modelo corregido	Plomo	0.393 ^a	5	0.079	30.394	0.000	0.835
	Cadmio	0.330 ^b	5	0.066	7.654	0.000	0.561
	pH	12.363 ^c	5	2.473	31.451	0.000	0.840
	C.E	704810.222 ^d	5	140962.044	41.606	0.000	0.874
	Turbidez	16292.222 ^e	5	3258.444	20.385	0.000	0.773
Intersección	Plomo	0.859	1	0.859	332.404	0.000	0.917
	Cadmio	0.983	1	0.983	114.047	0.000	0.792
	pH	1617.917	1	1617.917	20578.944	0.000	0.999
	C.E	14720011.11	1	14720011.111	4344.721	0.000	0.993
	Turbidez	779100.444	1	779100.444	4874.117	0.000	0.994
Tratamientos	Plomo	0.393	5	0.079	30.394	0.000	0.835
	Cadmio	0.330	5	0.066	7.654	0.000	0.561
	pH	12.363	5	2.473	31.451	0.000	0.840
	C.E	704810.222	5	140962.044	41.606	0.000	0.874
	Turbidez	16292.222	5	3258.444	20.385	0.000	0.773
Error	Plomo	0.078	30	0.003			
	Cadmio	0.259	30	0.009			
	pH	2.359	30	0.079			
	C.E	101640.667	30	3388.022			
	Turbidez	4795.333	30	159.844			
Total	Plomo	1.329	36				
	Cadmio	1.572	36				
	pH	1632.639	36				
	C.E	15526462.00	36				
	Turbidez	800188.000	36				
Total, corregida	Plomo	0.470	35				
	Cadmio	0.589	35				
	pH	14.722	35				
	C.E	806450.889	35				
	Turbidez	21087.556	35				

Mediante la Prueba de Post hoc de las medias de remoción de plomo, metal pesado de las aguas residuales domésticas del sector de Chontamuyo presentó una mejor reducción de 0.03 ml/L con el coagulante *Aloe vera* a la dosis de 60 ml/L, seguido del coagulante *Opuntia ficus-Indica* a 0.04 ml/L, que las concentraciones al comparar con las Normas de Calidad Ambiental (ECA) del Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, la ECA de plomo en agua de la categoría 3 es de 0.05 ml/L, demostrando que los surfactantes redujeron las concentraciones de plomo por debajo del ECA establecido (Figura 7).

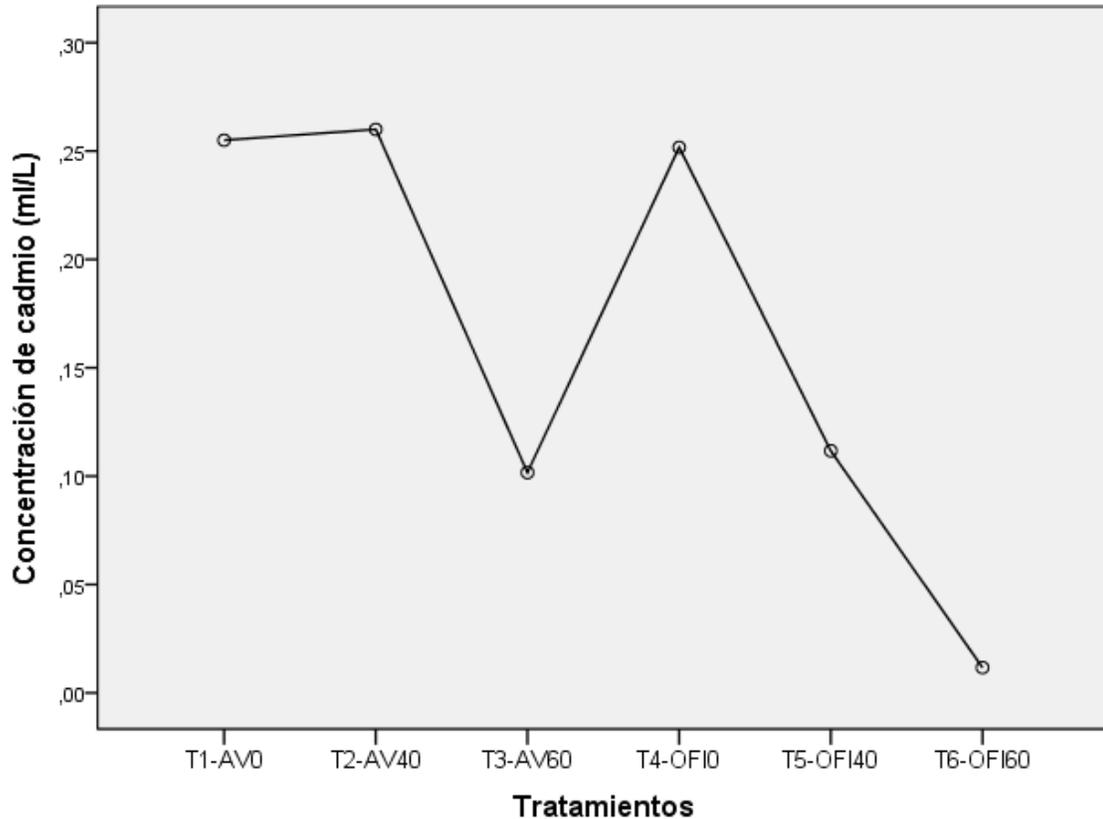
Figura 7: Prueba de Post hoc de las medias de plomo en las aguas residuales domésticas tratadas con surfactantes naturales



Mediante la prueba de Post hoc de las medias de la remoción de cadmio metal pesado de las aguas residuales domésticas del sector de Chontamuyo presentó una mejor reducción de 0.01 ml/L con el coagulante *O. ficus-Indica* a la dosis de 60 ml/L, seguido del coagulante *Aloe vera* a 0.10 ml/L, que las concentraciones al comparar con las

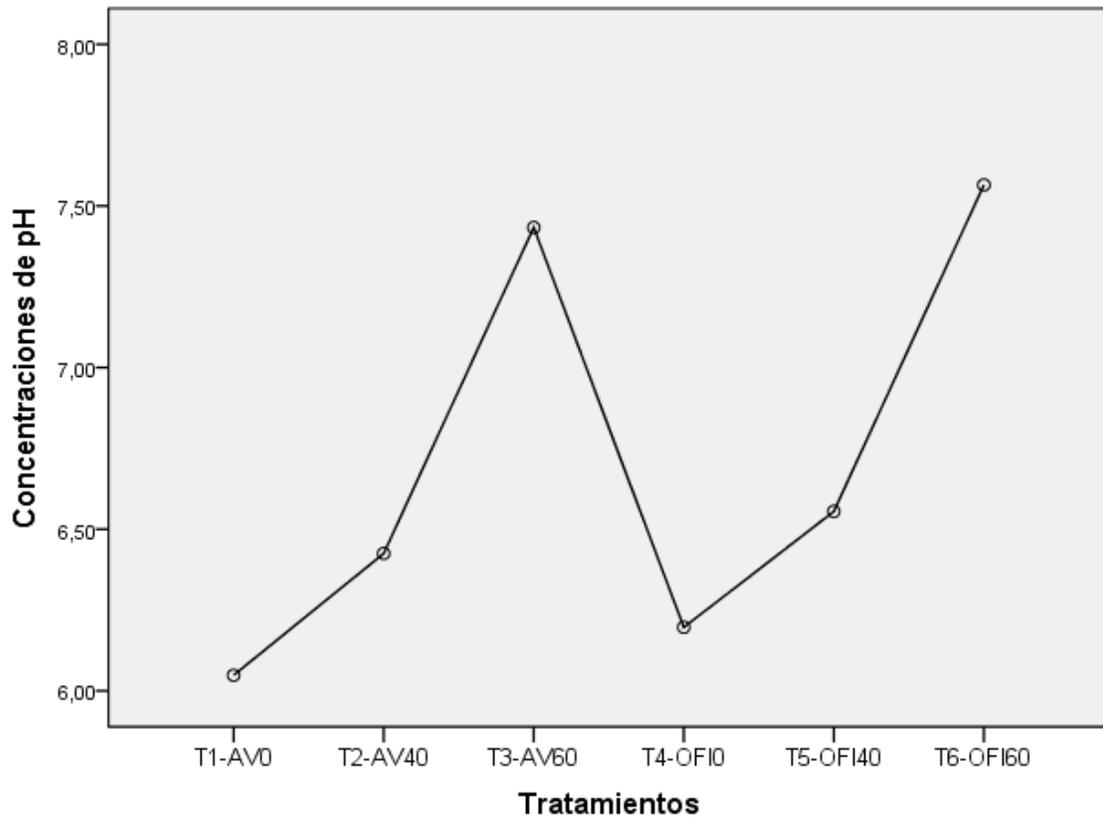
Normas de Calidad Ambiental (ECA) del Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, la ECA de cadmio en agua de la categoría 3 es de 0.01 ml/L, demostrando que el surfactante *Opuntia ficus-Indica* logró reducir las concentraciones de cadmio por debajo del ECA establecido (Figura 8).

Figura 8: Prueba de Post hoc de las medias de cadmio en las aguas residuales domésticas tratadas con surfactantes naturales



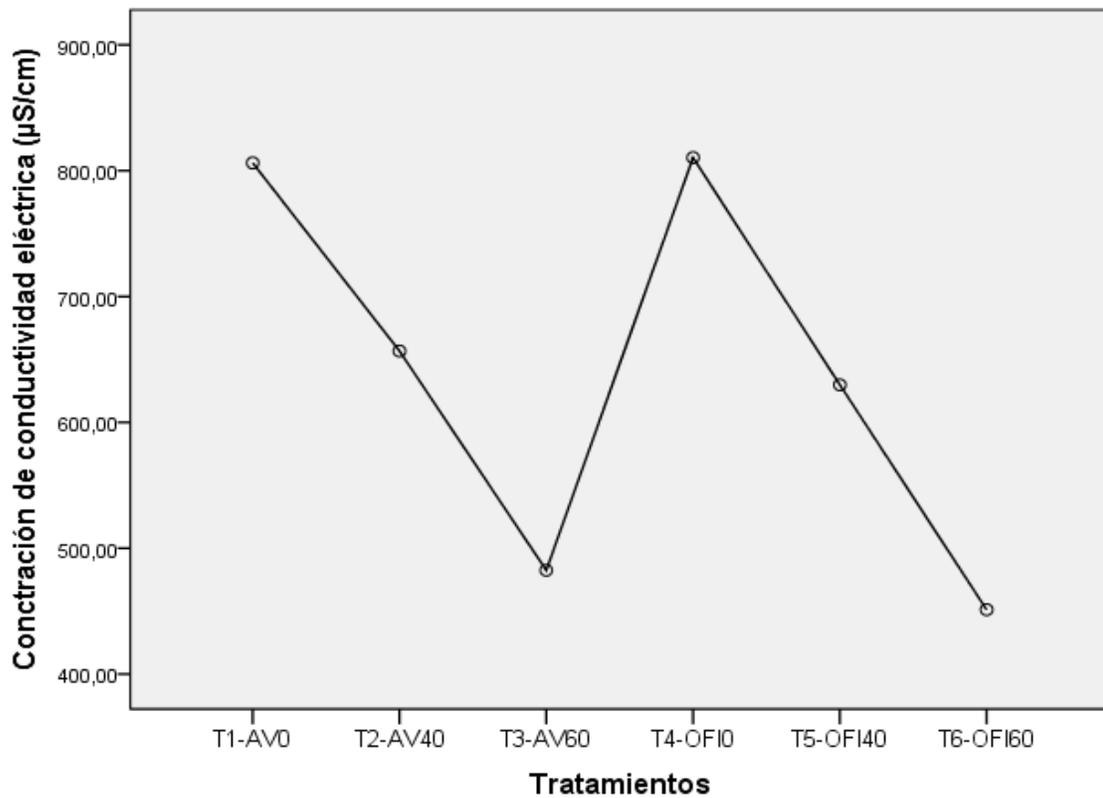
Mediante la prueba de Post hoc de las medias de las concentraciones de pH presente en las aguas residuales domésticas del sector de Chontamuyo se presentó mejor con 7.57 con el coagulante *O. ficus-Indica* a una dosis de 60 ml/L, seguido del coagulante *Aloe vera* a 7.43, demostrando que el surfactante *Opuntia ficus-Indica* logró estabilizar mejor a las concentraciones de pH en su totalidad neutro (Figura 9).

Figura 9: Prueba de Post hoc de las medias de pH en las aguas residuales domésticas tratadas con surfactantes naturales



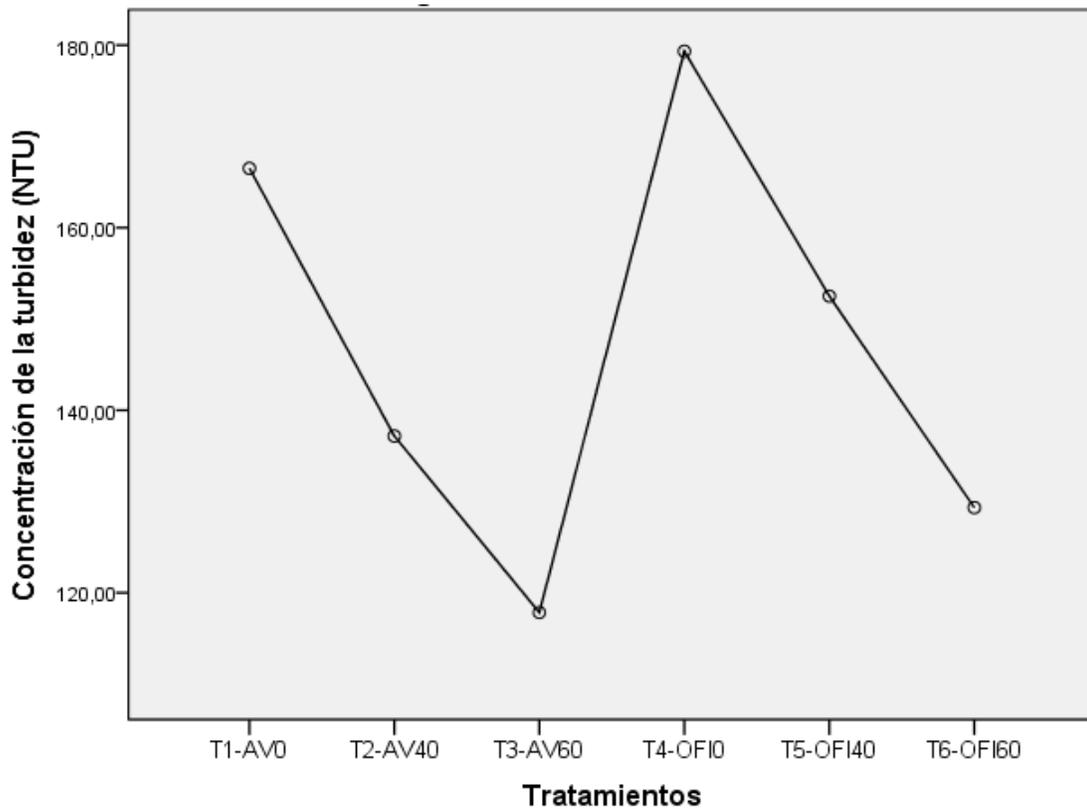
Mediante la prueba de Post hoc de las medias de las concentraciones de la conductividad eléctrica presente en las aguas residuales domésticas del sector de Chontamuyo se presentó mejor con 451 $\mu\text{S}/\text{cm}$ con el coagulante *Opuntia ficus-Indica* a una dosis de 60 ml/L, seguido del coagulante *Aloe vera* a 483 $\mu\text{S}/\text{cm}$, demostrando que el surfactante *Opuntia ficus-Indica* logró estabilizar mejor a las concentraciones de la conductividad eléctrica en el agua (Figura 10).

Figura 10: Prueba de Post hoc de las medias de Conductividad eléctrica en las aguas residuales domésticas tratadas con surfactantes naturales



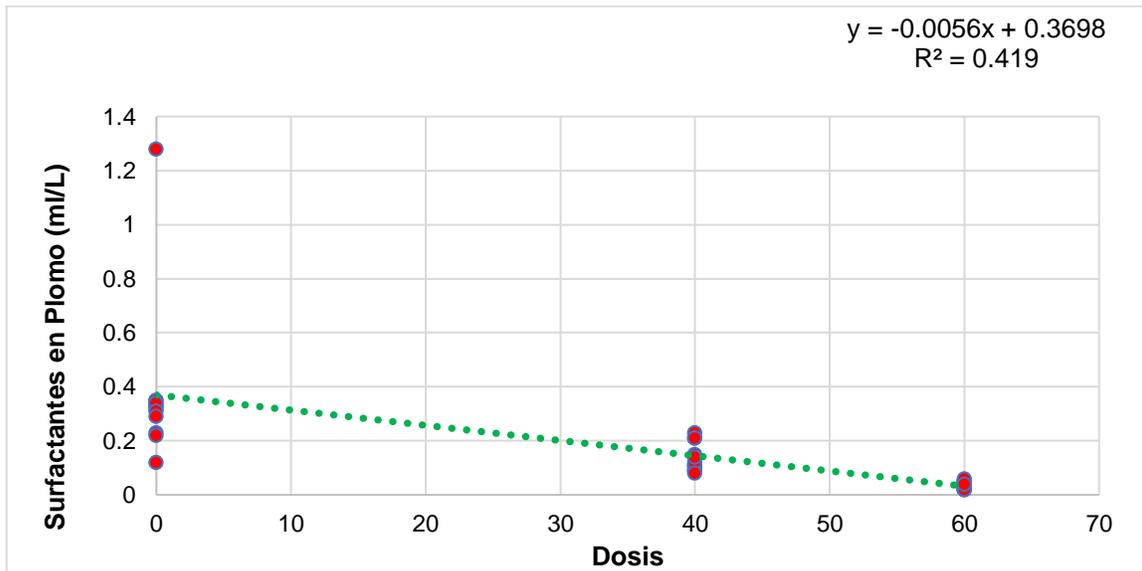
Mediante la prueba de Post hoc de las medias de las concentraciones de la turbidez presente en las aguas residuales domésticas del sector de Chontamuyo se presentó mejor con 117.83 NTU con el coagulante *Aloe vera* a una dosis de 60 ml/L, seguido del coagulante *Opuntia ficus-Indica* a 129.33 NTU, demostrando que el surfactante *Aloe vera* logró estabilizar mejor a las concentraciones de la turbidez en el agua (Figura 11).

Figura 11: Prueba de Post hoc de las medias de Turbidez en las aguas residuales domésticas tratadas con surfactantes naturales



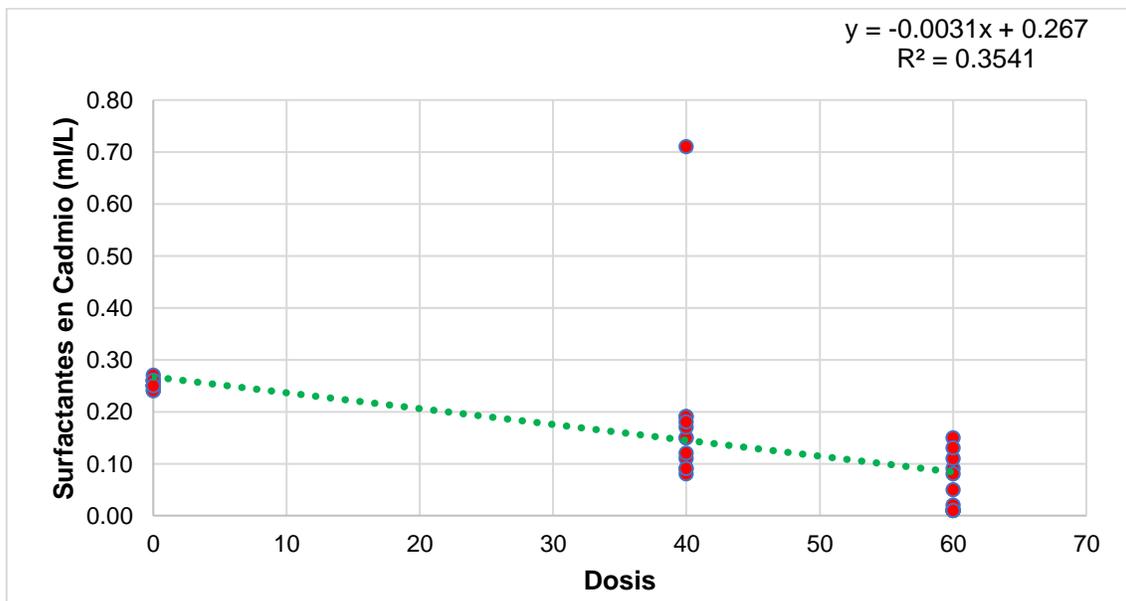
Posteriormente se realizó la correlación entre las dosis y los surfactantes naturales como se muestra que a mayor dosis las concentraciones disminuyen en un 41 %, lo que significa que el 59 % de estas variaciones se deben a otros factores de tal caso de las otras dosis, que según la R es -0.64, se considera negativa porque la relación es inversa que va de mayor a menor concentración de plomo, cuyo caso se estima que la dosis efectiva es de 60 ml/L en el tercer tratamiento (Figura 12).

Figura 12: Correlación entre la dosis y los surfactantes en la remoción de plomo



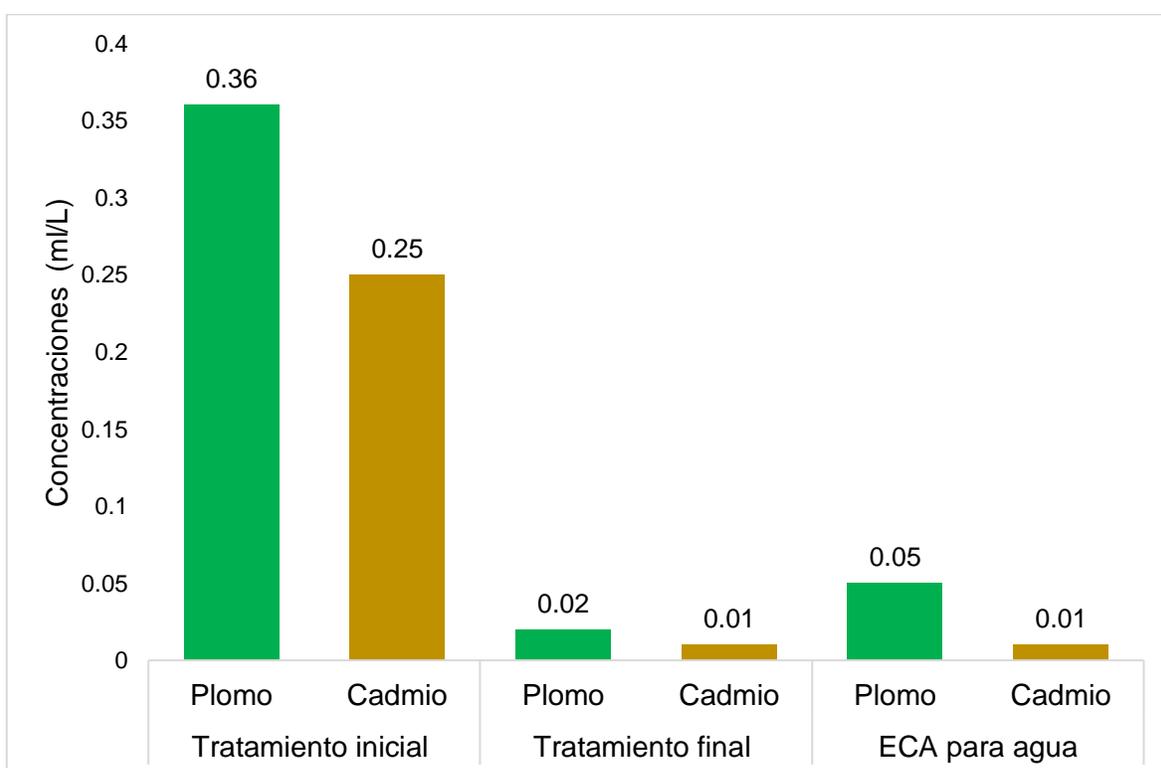
De forma similar, se realizó la correlación entre las dosis y los surfactantes naturales como se muestra que a mayor dosis las concentraciones disminuyen en un 35 %, lo que significa que el 65 % de estas variaciones se deben a otros factores de tal caso de las otras dosis, que según la R es de -0.59, se considera negativa porque la relación es inversa que va de mayor a menor concentración de cadmio, cuyo caso se determina que la dosis efectiva es de 60 ml/L en el tercer tratamiento (Figura 13).

Figura 13: Correlación entre la dosis y los surfactantes en la remoción de cadmio



Finalmente se compararon las concentraciones inicial y final con los estándares de calidad ambiental (ECA) para aguas según Decreto Supremo N° 004 - 2017 MINAM, la concentración inicial de plomo con 0.36ml/L y de cadmio con 0.25 que al comparar con la ECA de 0.05ml/L de plomo y 0.01ml/L de cadmio se ha considerado que las aguas residuales domésticas están altamente contaminadas del sector de Chontamuyo. Asimismo, al terminar con los tratamientos de Jarras se redujo el plomo en 0.02ml/L y 0.01ml/L de cadmio, que en la comparación con los ECA resultó estar por debajo de lo permitido, lo que demuestra la eficacia de los surfactantes de *Aloe vera* y *Opuntia ficus-Indica* (Figura 14).

Figura 14: Concentraciones iniciales y finales de plomo y cadmio en las aguas residuales domésticas del sector Chontamuyo.



V. DISCUSIÓN

5.1. Dosis óptima de *Aloe vera* para reducir las concentraciones de plomo y cadmio en las aguas residuales domésticas.

La dosis óptima de *Aloe Vera* para remover plomo y cadmio fue de 60 ml/L ya que presentó concentraciones más bajas en plomo de 0.03 ml/L y de cadmio 0.10 ml/L, presentes en aguas residuales domésticas del Sector Chontamuyo, distrito de Tarapoto. Esta investigación tiene cierta similitud con el estudio de Jaouadi et al. (2020) utilizaron *Aloe vera* en el tratamiento de lodos de aguas residuales municipales y eliminación de olores, donde determinaron que la dosis óptima fue a un 30 ml/L a la que se obtuvo un índice de volumen de lodo (VL) de 45.4 ml/g en un tiempo de sedimentación de 30 min. También menciona Benalia et al. (2021) señala que la dosis óptima de *Aloe Vera* incorporada fue de 10 ml/L en líquido demostrando más remociones significativas en cuanto a la dosis empleada en las aguas residuales domésticas. Asimismo, según Mathuram et al. (2018), usaron coagulante de *Aloe vera* para remover metales pesados entre ellos plomo y cadmio, tuvieron una dosis optima de 80 ml/L disminuyendo en un 70 y 80 % al plomo y cadmio. Por otro lado, Precious et al. (2021) evaluaron la aplicación del coagulante *Aloe vera* a una dosis de 50 mg/L y 70 mg/L en aguas contaminadas con metales pesados de industrias alimentarias. Logrando remover con la dosis de 50 mg/L el 45 % de plomo y 38 % de cadmio; con dosis de 70 mg/L disminuyeron en un 85 % de plomo y 92 % de cadmio de las aguas contaminadas de industrias alimentarias.

5.2. Dosis óptima de *Opuntia ficus-indica* para reducir las concentraciones de plomo y cadmio en las aguas residuales domésticas.

Asimismo, la dosis óptima de *O. ficus – indica* para remover plomo y cadmio fue de 60 ml/L, donde el plomo presentó concentraciones bajas de 0.04 ml/L y el cadmio de 0.01 ml/L de las aguas residuales domésticas del sector Chontamuyo, distrito de Tarapoto. Esta investigación tiene una semejanza con el estudio de Wan et al. (2018) quienes aplicaron coagulantes de *Opuntia ficus*

– *indica* para tratar aguas de balsa de relaves, determinaron que la dosis de 900mg/L lograba eliminar hasta el 98 % de la turbidez del agua del estanque de relaves. Igualmente, en la investigación de Quispe et al. (2023) quienes emplearon mucílago de nopal con almidón de papa en la remoción de Aluminio (Al), Hierro (Fe), Plomo (Pb), Cobre (Cu) y Zinc (Zn) de la Laguna de Fundición de Cerro de Pasco, Perú, donde aplicaron una dosis óptima de 50 g de mucílago de Nopal y 10 g de fécula de papa, logrando remover .72 mg/L de Al; 0.28 mg/L de Cu; 6.788 mg/L de Fe; 0.515 mg/L de Pb; 1.53 mg/L de Zn y además se obtuvo un pH neutro de 7.06. Además, según Pacheco et al. (2023) usaron al coagulante *Opuntia ficus-indica* en la remoción de plomo y cadmio de las aguas residuales industriales, al aplicar dosis de 60 y 90 ml/L del coagulante natural. Logrando remover el 75 mg/L de plomo y 78 mg/L de cadmio. Asimismo, según Malkapuram et al. (2021) usaron un coagulante natural de *O. ficus-indica* en el tratamiento de aguas residuales domésticas, con dosis de 30, 40 y 50 mg/L. Logrando obtener resultados exitosos de 60 % de remoción de cadmio con 30 mg/L de coagulante, 80 % de remoción de cadmio con 40 mg/L y 94 % de remoción de cadmio por incorporación de 50 mg/L de coagulante natural *Opuntia ficus-indica*.

5.3. Correlación que existe entre las dosis empleadas y los surfactantes naturales en la reducción de la concentración de cadmio y plomo en aguas residuales domésticas.

La correlación que existe entre la dosis y los surfactantes naturales mostraron que mayor dosis las concentraciones de plomo y cadmio disminuyen en un 41 % y 35 %, respectivamente en una dosis efectiva de 60 ml/L. Estos resultados están relacionados con el trabajo de investigación de Azazy et al. (2019) quienes emplearon las hojas de *Aloe Vera* como absorbente eficiente para el amarillo titán de aguas residuales donde determinaron que las áreas superficiales de *aloe vera* secado al aire (AVSA) y *Aloe vera* tratado térmicamente (AVTT) fueron 3.94 ml/L y 7.07 ml/L, respectivamente. Los estudios de equilibrio revelaron que los datos se ajustaban bien a la isoterma

de Freundlich con una suficiencia de adsorción máxima de 55.25 mg/L utilizando la ecuación de Langmuir y la adsorción era fisisorción. Seguidamente según menciona Vargas et al. (2022) emplearon el mucilago de *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera* en la reducción de metales pesados de agua del río Yautepec, Morelos México, el cual se realizó utilizando diferentes concentraciones de 5 mg/L, 30 mg/L y 60 mg/L por el método de jarras. Logrando demostrar que la dosis de 60 mg/L del mucílago *Opuntia ficus-indica* tuvo una disminución de la turbidez de agua al 70 %, con capacidad de remoción superior al 90 % para manganeso (Mn) y hierro (Fe), y superior al 60 % en arsénico (As) y cromo (Cr), e inferior al 40 % para níquel (Ni), cadmio (Cd) y plomo (Pb) respectivamente. Además, por su parte Benalia et al (2022) usaron *Aloe vera* para la extracción de metales pesados en aguas residuales de ganadería, que al aplicar el coagulante de natural de 30 mg/L y 60 mg/L, por medio de la correlación de Pearson se delimitó que a mayor dosis las concentraciones de los metales pesados disminuyeron de 0.48 mg/L a 0.01 mg/L de plomo. Cabe mencionar que en comparación de los resultados con los trabajos previos y encontrados en la investigación se evidenció que ambos surfactantes empleados presentan cambios significativos en base a dosis aplicadas en la remoción de diversos contaminantes que presentan las aguas residuales.

VI. CONCLUSIONES

1. Se determinó que la dosis óptima de *Aloe Vera* para remover plomo y cadmio presentes en aguas residuales domésticas es de 60 ml/L ya que presentó concentraciones más bajas en plomo de 0.03 ml/L y de cadmio 0.10 ml/L, debido que dicho surfactante es eficiente para este tratamiento.
2. Se identificó que la dosis efectiva de *Opuntia ficus – indica* para remover las concentraciones de dichos metales fue de 60 ml/L, ya que el plomo presentó concentraciones bajas de 0.04 ml/L y cadmio de 0.01 ml/L de las aguas residuales domésticas, dado esto por ser una especie de alta composición química.
3. Se conoció la correlación que existe entre la dosis y los surfactantes naturales ya que se demostraron por medio del análisis de varianza (ANOVA) la significancia de $p < 0.05$ mayor a 0.00 para la turbidez, plomo, cadmio, pH y la conductividad eléctrica; indicando que a mayor dosis las concentraciones de los metales en estudio disminuyen en un 41 % y 35 %, respectivamente con una dosis efectiva de 60 ml/L, teniendo en cuenta que la relación es inversa.

VII. RECOMENDACIONES

1. A las instituciones responsables de fiscalizar la calidad del agua de la ciudad, realizar un monitoreo con la finalidad de informar a los pobladores que habitan cerca de dicho sector, las condiciones en las que se encuentra dicho recurso y si es apto para otros usos.
2. A las autoridades locales, gestionar proyectos de biorremediación de aguas como alternativa con especies naturales que ayuden a disminuir los contaminantes que son vertidas directamente a la quebrada Chontamuyo y mejoren la calidad del recurso, la salud poblacional y el medioambiente.
3. A la población, realizar la segregación adecuada de sus residuos para evitar que desperdicios poco aprovechables sigan generando contaminación en el sector, de esa manera se podrá disminuir agentes infecciosos. Asimismo, incitar a la plantación de cultivos *Aloe Vera* y *Opuntia Ficus-indica* para realizar la extracción con facilidad.
4. A futuros investigadores, realizar mayor énfasis a las especies empleadas debido que fue evidenciado su eficacia de remoción, es decir, no solo ayudan a disminuir metales pesados, sino que presentan otros aspectos positivos que pueden contrarrestar los contaminantes de diferentes tipos de aguas residuales a favor del ambiente.

REFERENCIAS

- ABIYU, Asaminew, et al., 2018. Wastewater treatment potential of *moringa stenopetala* over *moringa oleifera* as a natural coagulant, antimicrobial agent and heavy metal removals. *Taylor & Francis Online* [En línea] China: volumen 4, número 1. [consulta: Septiembre del 2022] DOI: <https://doi.org/10.1080/23311843.2018.1433507> Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23311843.2018.1433507>
- ARTIGAS, Wileidys y ROBLES, Miguel, 2010. Metodología de la investigación: una discusión necesaria. *Revista digital universitaria*. [En línea]. Venezuela: volumen 11, número 11. [consulta: Setiembre del 2022] ISSN: 1067-6079 Disponible en: <https://www.revista.unam.mx/vol.11/num11/art107/art107.pdf>
- AZAZY, Marwa, et al., 2019. Bio-Waste *Aloe vera* Leaves as an Efficient Adsorbent for Titan Yellow from Wastewater: Structuring of a Novel Adsorbent Using Plackett-Burman Factorial Design. *Applied Science* [En línea] Qatar: volumen 9, número 22 [consulta: septiembre de 2022] DOI: <https://doi.org/10.3390/app9224856> Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-3417/9/22/4856>
- BENALIA, Abderrezzaq, et al., 2021. The Use of *Aloe vera* as Natural Coagulant in Algerian Drinking Water Treatment. *Plant Journal of Renewable Materials*. [En línea] Argelia. [consulta: septiembre de 2022] DOI: <https://doi.org/10.32604/jrm.2022.017848> Disponible en: <https://www.techscience.com/jrm/v10n3/44739/html>
- BENALIA, Abderrezzaq, et al., 2021. Use of *Aloe vera* as an Organic Coagulant for Improving Drinking Water Quality. *Water* [En línea] Francia: volumen 13, Número 15. [consulta: septiembre de 2022] DOI: <https://doi.org/10.3390/w13152024> Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4441/13/15/2024>
- BORDINO, Josefina, 2021. Definición de Biorremediación. En: *Ecología Verde*. [En línea] Disponible en: <https://www.ecologiaverde.com/biorremediacion-que-es-tipos-y-ejemplos-3566.html>. [consulta: Setiembre del 2022]
- CABREJOS, Walter, 2018. *Eficiencia de la semilla de Prunus persica (durazno) como coagulante natural para el tratamiento aguas residuales de una planta*

procesadora de lácteos, Molinopampa. [En línea]. Tesis de Pregrado. Chiclayo: Universidad Cesar Vallejo. [consulta: Septiembre del 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/38573>

CAMARENA, Judith, 2022. *Influencia de la concentración de aloe vera, tiempo de coagulación y tiempo de floculación en la disminución de la demanda bioquímica de oxígeno en el tratamiento de agua residual doméstica* [En línea]. Tesis de maestría. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú. [consulta: Septiembre del 2022]. Disponible en: https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7732/T010_41280062_M.pdf?sequence=1

CARRIL, Alana, GÓMEZ, Yung, Y VÁSQUEZ, Homer, 2020. *Efecto coagulante - floculante del cladodio de tuna (Opuntia ficus indica) y del endospermo de moringa (moringa oleífera lam) en el tratamiento primario de aguas residuales domesticas de la PTAR del Sector 9, Distrito de Manantay, 2018*. [En línea]. Tesis de Pregrado. Pucallpa: Universidad Nacional de Ucayali. [consulta: Septiembre del 2022]. Disponible en: <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4605>

DIESTRA, Fredy, y RAMOS, Isaac, 2019. *Efecto de la concentración de Aloe vera (sábila) y tiempo de floculación en la remoción de sólidos suspendidos y materia orgánica biodegradable de aguas residuales municipales sector el Cerrillo, Santiago de Chuco*. [En línea]. Tesis de Pregrado. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo. [consulta: Octubre del 2022]. Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/11549>

DUANA, Danae y HERNÁNDEZ, Sandra, 2020. Técnicas e instrumentos de recolección de datos. *Boletín Científico de las Ciencias Económico Administrativas del ICEA* [En línea] México: volumen 9, número 17 [consulta: septiembre de 2022] ISSN: 2007-4913 Disponible en: <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icea/issue/view/306>

GAAYDA, Jamila, et al., 2021. Natural flocculants for the treatment of wastewaters containing dyes or heavy metals: A state-of-the-art review. *Journal of Environmental Chemical Engineering* [En línea]. Marruecos: volumen 9, número 5, [consulta: Septiembre del 2022] DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.106060> Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221334372101037X?via%3Dihub>

GOMEZ, Jaime, 2021. *Aloe vera*: beneficios, usos y contraindicaciones. En: *Casapía Blog* [En línea] Disponible en: <https://www.casapia.com/blog/plantas-medicinales/aloe-vera-beneficios-usos-contraindicaciones.html> [consulta: Junio del 2023]

JAOUADI, Thameur, et al., 2020. Aloe sp. leaf gel and water glass for municipal wastewater sludge treatment and dour removal. *Water Science & Technology*. [En línea]. Túnez: volumen 81, número 3. [consulta: Septiembre del 2022] DOI: <https://doi.org/10.2166/wst.2020.123> Disponible en: <https://iwaponline.com/wst/article/81/3/479/73102/Aloe-sp-leaf-gel-and-water-glass-for-municipal>

KATUBI, Khadijah, 2021. *Aloe vera* as Promising Material for Water Treatment: A Review. *Processes*. [En línea]. Arabia Saudita: volumen 9, número 5. [consulta: Septiembre del 2022]. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr9050782> Disponible en: <https://www.mdpi.com/2227-9717/9/5/782>

LÓPEZ, Pedro, 2004. Población muestra y muestreo. *Punto Cero*. [En línea] Bolivia: volumen 9, número 8. [consulta: Septiembre del 2022] ISSN: 2224-8838. Disponible en: <http://www.scielo.org.bo/pdf/rpc/v09n08/v09n08a12.pdf>

LUN, Wei y WAHAB, Abdul, 2020. State of the art and sustainability of natural coagulants in water and wastewater treatment. *Journal of Cleaner Production*. [En línea], Malasia: volumen 262. [consulta: Septiembre del 2022] DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121267> Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620313147?via%3Dihub>

MALKAPURAM, Surya, et al., 2021. A review on recent advances in the application of biosurfactants in wastewater treatment. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*. [En línea], India: volumen 48 [consulta: Septiembre del 2022] DOI: <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101576> Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213138821005907?via%3Dihub>

- MATHURAM, Murugaiyan, VIJAYARA, Ghavan y MEERA, Ramesh, 2018. Application of Locally Sourced Plants as Natural Coagulants for Dye Removal from Wastewater: A Review. *Journal of Materials and Environmental Sciences* [En línea] Marruecos: volumen 9, número 7. [consulta: Setiembre del 2022] ISSN: 2028-2508 Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/327136372>
- MOHAMMAD, Hadi y BINAB, Bijan, 2018. Application of *Moringa oleifera* coagulant protein as natural coagulant aid with alum for removal of heavy metals from raw water. *Desalination and Water Treatment January* [En línea]. Irán: volumen 116 [consulta: Septiembre del 2022] DOI: <https://doi.org/10.5004/dwt.2018.22546> Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/326859306>
- NATH, Amar, MISHRA, Anamica y PRAKASH, Poorn, 2021. A review natural polymeric coagulants in wastewater treatment. *Materials Today: Proceedings* [En línea], India: volumen 46, número 14 [consulta: Septiembre del 2022] DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.03.551> Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785320323324>
- OLIVERA, Maritza, 2018. *Remoción de cromo VI de aguas residuales de curtiembres utilizando el polvo de la semilla de Moringa oleífera como coagulante natural en la región Puno*. [En línea]. Tesis de Pregrado. Juliaca: Universidad Peruana Unión. [consulta: Octubre del 2022]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12840/1681>
- PACHECO, Hugo, et al., 2023. Combined coagulation-electrocoagulation process using biocoagulant from the *Opuntia ficus-indica* for treatment of cheese whey wastewater. *Environ Monit Assess* [En línea]. Colombia: volumen 195, número 8. [consulta: Octubre del 2022] DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11095-y> Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-023-11095-y>
- PEÑA, Tania y PIRELA, Johann, 2007. La complejidad del análisis documental Información, cultura y sociedad: revista del Instituto de Investigaciones Bibliotecológicas. *Redalyc - Sistema de Información Científica* [En línea]

- Argentina: número 16, pp. 55-81 [consulta: Octubre del 2022] ISSN: 1514-8327
Disponibile en: <https://www.redalyc.org/pdf/2630/263019682004.pdf>
- PRECIOUS, Sibiya, RATHILAL, Sudesh y KWEINOR, Emmanuel, 2021. Coagulation Treatment of Wastewater: Kinetics and Natural Coagulant Evaluation. *Molecules* [En línea] África: volumen 6, número 3 [consulta: Setiembre de 2022] DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules26030698> Disponible en: <https://www.mdpi.com/1420-3049/26/3/698>
- QUISPE, Enrique, et al., 2022. Remoción de metales pesados mediante mucílago de nopal y fécula de papa de la Laguna de Fundición en Cerro de Pasco. *Aplicaciones de ingeniería y estadística matemática* [En línea] Perú: volumen 71, número 4 [consulta: Setiembre de 2022]. ISSN: 2326-9865. Disponible en: <https://www.philstat.org/index.php/MSEA/article/view/1407/926>
- RIGHETTO, Ilaria, et al., 2021. Multipurpose treatment of landfill leachate using natural coagulants – Pretreatment for nutrient recovery and removal of heavy metals and micropollutants. *Science Direct* [En línea] Finlandia: volumen 9, número 3, [consulta: Septiembre del 2022] DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105213> Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213343721001901?via%3Dihub>
- SAMPIERI, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar, 2014. Metodología de la Investigación. En: *Mc Graw Hill* [En línea] Disponible en: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf> [consulta: Setiembre del 2022]
- SOM, Ayub, et al., 2021. Optimization of operating conditions during coagulation-flocculation process in industrial wastewater treatment using *Hylocereus undatus* foliage through response surface methodology. *Environ Sci Pollut Res* [En línea]. Alemania: volumen 30, número 32 [consulta: Septiembre del 2022]. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17633-w> Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34841489/>
- SUNZID, Ahmed, et al., 2021. Use of natural bio-sorbent in removing dye, heavy metal and antibiotic-resistant bacteria from industrial wastewater. *Journal of*

- Environmental Chemical Engineering – Springer Link* [En línea]. Bangladesh: volumen 9, número 3 [consulta: Septiembre del 2022]. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13201-020-01200-8> Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13201-020-01200-8>
- TAWFIQ, Banch, et al., 2020. Factorial Design and Optimization of Landfill Leachate Treatment Using Tannin-Based Natural Coagulant. *Applied Water Science*. [En línea]. Malasia: volumen 10, número 8. [consulta: Septiembre del 2022]. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym11081349> Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4360/11/8/1349>
- TAWKKOLY, Baback, ALIZADEHDAKHEL, Asghar y DOROSTI, Fatereh, 2019., Evaluation of COD and turbidity removal from compost leachate wastewater using *Salvia hispanica* as a natural coagulant. *Industrial Crops and Products – Science Direct*. [En línea]. Irán: volumen 137, pp. 323-331 [consulta: Septiembre del 2022] DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.05.038> Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669019303723?via%3Dihub>
- TERRONES, Luis, 2019. *Determinación de la eficiencia de floculación en la mezcla de (aloe vera y citrus reticulata) para la disminución de la turbidez en las aguas del río Chico, del distrito de San Silvestre de Cochan, provincia de San Miguel, región Cajamarca - 2018*. [En línea] Tesis de Pregrado. Cajamarca: Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo. [consulta: Septiembre del 2022]. Disponible en: <http://repositorio.upagu.edu.pe/handle/UPAGU/1007>
- VARGAS, Silvia et al., 2022. Removal of heavy metals present in water from the Yautepec River Morelos México, using *Opuntia ficus-indica* mucilage. *Environmental Advances* [En línea]. México: Elsevier, volumen 7 [consulta: Octubre del 2022] DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2021.100160> Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666765721001319?via%3Dihub>
- VILLACREZ, Jhorvys, 2018. *Eficacia de un coagulante a base de aloe vera para el tratamiento primario de aguas residuales domésticas. Moyobamba, 2018* [En

línea]. Tesis de Pregrado. Lima: Universidad César Vallejo. [consulta: Diciembre del 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/31614>

WAN, Jin, et al., 2018. Treatment train for tailings pond water using *Opuntia ficus-indica* as coagulant. *Separation and Purification Technology* [En línea]. Canadá: Elsevier, volumen 211, pp. 448-455 [consulta: Junio del 2023] DOI: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2018.09.083> Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1383586618325437?via%3Dihub>

ZUDAIRE, Maite, 2018. El nopal, alimento típico de la dieta mexicana. En: *Consumer* [En línea]. Disponible en: <https://www.consumer.es/alimentacion/el-nopal-alimento-tipico-de-la-dieta-mexicana.html> [consulta: Junio del 2023].

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Operacionalización.

Tabla 7. Matriz de Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN DEL CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERATIVA	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN
Independiente: Surfactantes naturales de <i>Aloe vera</i> y <i>Opuntia ficus-indica</i>	Compuestos principalmente en polímeros de origen natural extraídos de plantas, algas o animales. Entre estos encontramos polisacáridos y sustancias solubles en agua que actúan como agentes de coagulación y/o floculación sobre los contaminantes (Benalia et al., 2021)	Se realizó la recolección del <i>Aloe vera</i> y <i>Opuntia ficus-indica</i> para obtener el gel y posterior la aplicación correspondiente a los tratamientos con la dosis establecida.	Dosis de <i>Aloe vera</i>	<ul style="list-style-type: none"> • 0 ml/L • 40 ml/L • 60 ml/L 	Nominal
			Dosis de <i>Opuntia ficus-indica</i>	<ul style="list-style-type: none"> • 0 ml/L • 40 ml/L • 60 ml/L 	Nominal
Dependiente: Concentración de plomo y cadmio de aguas residuales domésticas	Es el proceso de tratamiento por el que pasa el agua para eliminar cualquier tipo de contaminante. Para poder lograr esto el recurso hídrico debe pasar por varias etapas para que pueda volver a ser utilizado (Cabrejos, 2019)	Se realizó los análisis de laboratorio de las concentraciones de plomo y cadmio al iniciar los tratamientos y al finalizar, Determinando el porcentaje de remoción al efecto del surfactante natural.	Metales Pesados	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración inicial de plomo (ml/L). • Concentración final de plomo (ml/L). 	Nominal
				<ul style="list-style-type: none"> • Concentración inicial de cadmio (ml/L). • Concentración final de cadmio (ml/L). 	Nominal

Anexo 2: Dosis aplicables a los tratamientos

Tabla 8. Dosis de Tratamientos Aplicables

F_a (Surfactante)	<i>Aloe vera</i>	A ₁
	<i>Opuntia ficus-indica</i>	A ₂
F_b (Dosis)	0 ml/L	B ₁
	40 ml/L	B ₂
	60 ml/L	B ₃

Anexo 3: Tratamientos con dosis de *Aloe vera*.

Tabla 9. Tratamientos Con Surfactante *Aloe Vera*

Tratamiento con <i>Aloe vera</i>				
Repeticiones	Tratamientos	F_a	F_b (ml)	Cv
R1	T1	A ₁	B ₁ = 0	A ₁ 0
	T2	A ₁	B ₂ = 40	A ₁ 40
	T3	A ₁	B ₃ = 60	A ₁ 60
R2	T1	A ₁	B ₁ = 0	A ₁ 0
	T2	A ₁	B ₂ = 40	A ₁ 40
	T3	A ₁	B ₃ = 60	A ₁ 60
R3	T1	A ₁	B ₁ = 0	A ₁ 0
	T2	A ₁	B ₂ = 40	A ₁ 40
	T3	A ₁	B ₃ = 60	A ₁ 60

Anexo 4: Tratamientos con dosis de *Opuntia ficus-indica*.

Tabla 10. Tratamientos Con Surfactante *Opuntia ficus-indica*

Tratamiento con <i>Opuntia ficus-indica</i>				
Repeticiones	Tratamientos	F_a	F_b (ml)	Cv
R1	T1	A ₂	B ₁ = 0	A ₂ 0
	T2	A ₂	B ₂ = 40	A ₂ 40
	T3	A ₂	B ₃ = 60	A ₂ 60
R2	T1	A ₂	B ₁ = 0	A ₂ 0
	T2	A ₂	B ₂ = 40	A ₂ 40
	T3	A ₂	B ₃ = 60	A ₂ 60
R3	T1	A ₂	B ₁ = 0	A ₂ 0
	T2	A ₂	B ₂ = 40	A ₂ 40
	T3	A ₂	B ₃ = 60	A ₂ 60

Anexo 5: Carta enviada a los jueces expertos en la validación de instrumentos.



CARTA A EXPERTOS PARA EVALUACIÓN DE INSTRUMENTO

Tarapoto, 11 de abril de 2023

Ordóñez Sánchez, Luis Alberto

Apellidos y nombres del experto

Asunto: **Evaluación de instrumento**

Sirva la presente para expresarles nuestro cordial saludo e informarles que estamos desarrollando y elaborando nuestra tesis titulada: **“Biorremediación con surfactantes naturales de *Aloe vera* y *Opuntia ficus-indica* para reducir plomo y cadmio de aguas residuales domésticas, Tarapoto 2023”**, a fin de optar el grado o título de: Ingeniera Ambiental.

Por ello, estoy desarrollando un estudio en el cual se incluye el instrumento de recolección de datos, denominado: **“FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS”** por ser una investigación cuantitativa; por lo que, le solicito tenga a bien realizar la validación de este instrumento de investigación, que adjunto, para cubrir con el requisito de “Juicio de expertos”.

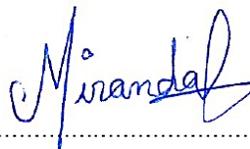
Esperando tener la acogida a esta petición, hago propicia la oportunidad para renovar mi aprecio y especial consideración.

Atentamente,



Sangama Urrelo, Rosa Valeria

DNI: 73068436



Vásquez Miranda, Miranda Solymar

DNI: 60846178

Anexo 6: Carta enviada a los jueces expertos en la validación de instrumentos.



CARTA A EXPERTOS PARA EVALUACIÓN DE INSTRUMENTO

Tarapoto, 11 de abril de 2023

Sandoval Vergara, Ana Noemi

Apellidos y nombres del experto

Asunto: **Evaluación de instrumento**

Sirva la presente para expresarles nuestro cordial saludo e informarle que estamos desarrollando y elaborando nuestra tesis titulada: **“Biorremediación con surfactantes naturales de *Aloe vera* y *Opuntia ficus-indica* para reducir plomo y cadmio de aguas residuales domésticas, Tarapoto 2023”**, a fin de optar el grado o título de: Ingeniera Ambiental.

Por ello, estoy desarrollando un estudio en el cual se incluye el instrumento de recolección de datos, denominado: **“FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS”** por ser una investigación cuantitativa; por lo que, le solicito tenga a bien realizar la validación de este instrumento de investigación, que adjunto, para cubrir con el requisito de “Juicio de expertos”.

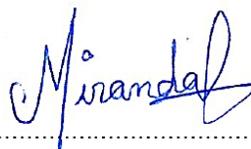
Esperando tener la acogida a esta petición, hago propicia la oportunidad para renovar mi aprecio y especial consideración.

Atentamente,



Sangama Urrelo, Rosa Valeria

DNI: 73068436



Vásquez Miranda, Miranda Solymar

DNI: 60846178

Anexo 7: Carta enviada a los jueces expertos en la validación de instrumentos.



CARTA A EXPERTOS PARA EVALUACIÓN DE INSTRUMENTO

Tarapoto, 11 de abril de 2023

Mendoza López, Karla Luz

Apellidos y nombres del experto

Asunto: **Evaluación de instrumento**

Sirva la presente para expresarles nuestro cordial saludo e informarle que estamos desarrollando y elaborando nuestra tesis titulada: **“Biorremediación con surfactantes naturales de *Aloe vera* y *Opuntia ficus-indica* para reducir plomo y cadmio de aguas residuales domésticas, Tarapoto 2023”**, a fin de optar el grado o título de: Ingeniera Ambiental.

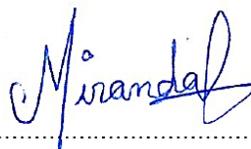
Por ello, estoy desarrollando un estudio en el cual se incluye el instrumento de recolección de datos, denominado: **“FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS”** por ser una investigación cuantitativa; por lo que, le solicito tenga a bien realizar la validación de este instrumento de investigación, que adjunto, para cubrir con el requisito de “Juicio de expertos”.

Esperando tener la acogida a esta petición, hago propicia la oportunidad para renovar mi aprecio y especial consideración.

Atentamente,



Sangama Urrelo, Rosa Valeria
DNI: 73068436



Vásquez Miranda, Miranda Solymar
DNI: 60846178

Anexo 8: Constancia de aceptación por los expertos.



CONSTANCIA

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

Por la presente se deja constancia de haber revisado los instrumentos de investigación para ser utilizados en la investigación, cuyo título es: **“Biorremediación con surfactantes naturales de *Aloe vera* y *Opuntia ficus-indica* para reducir plomo y cadmio de aguas residuales domésticas, Tarapoto 2023”**, de las autoras Sangama Urrelo, Rosa Valeria y Vásquez Miranda, Miranda Solymer; estudiante de la Universidad César Vallejo, filial Tarapoto.

Dichos instrumentos serán aplicados para la investigación tipo aplicada, que realizarán a través de la recolección de información de los experimentos y análisis del agua en laboratorio, que servirán para nutrir los resultados y discusiones de la tesis.

Las observaciones realizadas han sido levantadas por el autor, quedando finalmente aprobadas. Por lo tanto, cuenta con la validez y confiabilidad correspondiente considerando las variables de la investigación.

Se extiende la presente constancia a solicitud del interesado(a) para los fines que considere pertinentes.

Tarapoto, 11 de abril de 2023



Luis Alberto Ordóñez Sánchez
INGENIERO AGRÓNOMO
REG. CIP Nº 23304

Anexo 9: Constancia de aceptación por los expertos.



CONSTANCIA

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

Por la presente se deja constancia de haber revisado los instrumentos de investigación para ser utilizados en la investigación, cuyo título es: **“Biorremediación con surfactantes naturales de *Aloe vera* y *Opuntia ficus-indica* para reducir plomo y cadmio de aguas residuales domésticas, Tarapoto 2023”**, de las autoras Sangama Urrelo, Rosa Valeria y Vásquez Miranda, Miranda Solymar; estudiante de la Universidad César Vallejo, filial Tarapoto.

Dichos instrumentos serán aplicados para la investigación tipo aplicada, que realizarán a través de la recolección de información de los experimentos y análisis del agua en laboratorio, que servirán para nutrir los resultados y discusiones de la tesis.

Las observaciones realizadas han sido levantadas por el autor, quedando finalmente aprobadas. Por lo tanto, cuenta con la validez y confiabilidad correspondiente considerando las variables de la investigación.

Se extiende la presente constancia a solicitud del interesado(a) para los fines que considere pertinentes.

Tarapoto, 11 de abril de 2023



DRA. ANA N. SANDOVAL VERGARA
DOCENTE
COP 6311

Anexo 10: Constancia de aceptación por los expertos.



CONSTANCIA

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

Por la presente se deja constancia de haber revisado los instrumentos de investigación para ser utilizados en la investigación, cuyo título es: **“Biorremediación con surfactantes naturales de *Aloe vera* y *Opuntia ficus-indica* para reducir plomo y cadmio de aguas residuales domésticas, Tarapoto 2023”**, de las autoras Sangama Urrelo, Rosa Valeria y Vásquez Miranda, Miranda Solymar; estudiante de la Universidad César Vallejo, filial Tarapoto.

Dichos instrumentos serán aplicados para la investigación tipo aplicada, que realizarán a través de la recolección de información de los experimentos y análisis del agua en laboratorio, que servirán para nutrir los resultados y discusiones de la tesis.

Las observaciones realizadas han sido levantadas por el autor, quedando finalmente aprobadas. Por lo tanto, cuenta con la validez y confiabilidad correspondiente considerando las variables de la investigación.

Se extiende la presente constancia a solicitud del interesado(a) para los fines que considere pertinentes.

Tarapoto, 11 de abril de 2023



Karla Luz Méndez López
Dra. en Ciencias Ambientales
CIP 122149

Anexo 13: Matriz de validación de instrumentos por los expertos.



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres: Karla Est. Mendoza López
 Cargo o institución donde labora: Universidad César Vallejo
 Especialidad o línea de investigación: EIA
 Instrumento de evaluación: _____
 Autor (s) del instrumento (s): _____

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

(40) INACEPTABLE (70) MÍNIMAMENTE ACEPTABLE (85) ACEPTABLE

CRITERIOS	INDICADORES	Inaceptable						Minimamente aceptable			Aceptable			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.											X		
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.											X		
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental												X	
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problemas y objetivos de la investigación.											X		
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.											X		
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.											X		
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.											X		
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental												X	
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.											X		
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.											X		
PUNTAJE TOTAL														

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 81 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

Es aplicable

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

91%

Karla Est. Mendoza López
 Dra en Ciencias Ambientales
 CIP 122149

Tarapoto, 11 de abril de 2023

Anexo 14: Matriz de operacionalización validada por los expertos.



Anexo 1: Matriz de operacionalización

VARIABLE	DEFINICIÓN DEL CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERATIVA	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN
Independiente: Surfactantes naturales de <i>Aloe vera</i> y <i>Opuntia ficus-indica</i>	Compuestos principalmente en polímeros de origen natural extraídos de plantas, algas o animales. Entre estos encontramos polisacáridos y sustancias solubles en agua que actúan como agentes de coagulación y/o floculación sobre los contaminantes (Benalia et al. 2021)	Se realizó la recolección del <i>Aloe vera</i> y <i>Opuntia ficus-indica</i> para obtener el gel y posterior la aplicación correspondiente a los tratamientos con la dosis establecida.	Dosis de <i>Aloe vera</i>	<ul style="list-style-type: none"> • 0 ml/L • 40 ml/L • 60 ml/L 	Nominal
			Dosis de <i>Opuntia ficus-indica</i>	<ul style="list-style-type: none"> • 0 ml/L • 40 ml/L • 60 ml/L 	Nominal
Dependiente: Concentración de plomo y cadmio de aguas residuales domésticas	Es el proceso de tratamiento por el que pasa el agua para eliminar cualquier tipo de contaminante. Para poder lograr esto el recurso hídrico debe pasar por varias etapas para que pueda volver a ser utilizado (Cabrejos, 2019)	Se realizó los análisis de laboratorio de las concentraciones de plomo y cadmio al iniciar los tratamientos y al finalizar, Determinando el porcentaje de remoción al efecto del surfactante natural.	Metales Pesados	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración inicial de plomo (ml/L). • Concentración final de plomo (ml/L). 	Nominal
				<ul style="list-style-type: none"> • Concentración inicial de cadmio (ml/L). • Concentración final de cadmio (ml/L). 	Nominal



DRA. ANA N. SANDOVAL VERGARA
 DOCENTE
 CBP 8311



Karla Luz Sepúlveda López
 Dra. en Ciencias Ambientales
 CIP 122149





Luis Alberto Ordóñez Sánchez
 INGENIERO AGRÓNOMO
 REG. CIP N° 23306

Anexo 16: Matriz de validación de instrumentos por los expertos.



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres: Ordóñez Sánchez, Luis Alberto
 Cargo o institución donde labora: Docente TC UCV
 Especialidad o línea de investigación: Gestión empresarial y agroforestería
 Instrumento de evaluación: Guía de observación directa
 Autor (s) del instrumento (s): Sangama Urrelo, Rosa Valeria y Vásquez Miranda, Miranda Solymar

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

(40) INACEPTABLE (70) MÍNIMAMENTE ACEPTABLE (85) ACEPTABLE

CRITERIOS	INDICADORES	Inaceptable						Minimamente aceptable		Aceptable				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.											X		
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.											X		
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental												X	
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.												X	
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.													X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.												X	
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.												X	
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental												X	
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.												X	
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.												X	
PUNTAJE TOTAL													94.5	

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 81 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

VI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

94.5



Luis Alberto Ordóñez Sánchez
 INGENIERO AGRÓNOMO
 REG. CIP Nº 23304

Tarapoto, 11 de abril de 2023

Anexo 17: Matriz de validación de instrumentos por los expertos.



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

III. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres: Haudora Pérez Karla Luz
 Cargo o institución donde labora: Universidad César Vallejo
 Especialidad o línea de investigación: EIA
 Instrumento de evaluación: _____
 Autor (s) del instrumento (s): _____

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

(40) INACEPTABLE (70) MÍNIMAMENTE ACEPTABLE (85) ACEPTABLE

CRITERIOS	INDICADORES	Inaceptable						Minimamente aceptable			Aceptable			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.												X	
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.												X	
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental.										X			
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.												X	
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.												X	
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.												X	
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.										X			
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental.												X	
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.												X	
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.												X	
PUNTAJE TOTAL														

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 81 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

V. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

Es aplicable

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

89%

Karla Luz Méndez López
 Ma en Ciencias Ambientales
 CIP: 122149

Tarapoto, 11 de abril de 2023

Anexo 18: Ficha de observación directa validada por expertos.



Anexo 2: Guía de observación directa

LUGAR DE ESTUDIO: _____ REALIZADO POR: _____

FECHA: _____ RESPONSABLE: _____

Título: Biorremediación con surfactantes naturales de <i>Aloe vera</i> y <i>Opuntia ficus-indica</i> para reducir plomo y cadmio de aguas residuales domésticas, Tarapoto 2023.						
Dosis óptima de <i>Aloe vera</i> y <i>Opuntia ficus-indica</i>						
Prueba	Coordenadas		Altura	Dosis de los surfactantes naturales de <i>Aloe vera</i> y <i>Opuntia ficus-indica</i>		Observaciones
	Norte	Este	MSNM	Dosis de <i>Aloe vera</i>	Dosis de <i>Opuntia ficus-indica</i>	
T - 01						
T - 02						
T - 03						

 ----- DRA. ANA N. SANDOVAL VERGARA DOCENTE CDP 8311	 ----- Karla Luz Méndez López Dra. en Ciencias Ambientales CIP 122149	 ----- Luis Alberto Ordóñez Sánchez INGENIERO AGRÓNOMO REG. CIP N° 23306
--	--	--

Anexo 20: Matriz de validación de instrumentos por los expertos.



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

VI. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres: Ordóñez Sánchez, Luis Alberto
 Cargo o institución donde labora: Docente TC UCV
 Especialidad o línea de investigación: Gestión empresarial y agroforestería
 Instrumento de evaluación: Guía de observación directa
 Autor (s) del instrumento (s): Sangama Urrelo, Rosa Valeria y Vásquez Miranda, Miranda Solymar

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

(40) INACEPTABLE (70) MÍNIMAMENTE ACEPTABLE (85) ACEPTABLE

CRITERIOS	INDICADORES	Inaceptable						Mínimamente aceptable			Aceptable			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.											X		
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.											X		
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental												X	
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.												X	
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.													X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.												X	
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.												X	
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental												X	
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.												X	
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.												X	
PUNTAJE TOTAL													94.5	

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 81 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

VIII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

94.5



Luis Alberto Ordóñez Sánchez
 INGENIERO AGRÓNOMO
 REG. CIP N° 23304

Tarapoto, 11 de abril de 2023

Anexo 21: Matriz de validación de instrumentos por los expertos.



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

II. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres: Medoza Lopez Karla Luz
 Cargo o institución donde labora: Universidad Cesar Vallejo
 Especialidad o línea de investigación: EIA
 Instrumento de evaluación: _____
 Autor (s) del instrumento (s): _____

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

(40) INACEPTABLE (70) MÍNIMAMENTE ACEPTABLE (85) ACEPTABLE

CRITERIOS	INDICADORES	Inaceptable						Mínimamente aceptable			Aceptable			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.												X	
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.												X	
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental												X	
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.												X	
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.												X	
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.												X	
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.											X		
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental												X	
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.											X		
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.												X	
PUNTAJE TOTAL														

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 81 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

Es aplicable

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

94%

Karla Luz Medoza López
 Dra. en Ciencias Ambientales
 CIP 122149

Tarapoto, 11 de abril de 2023

Anexo 22: Ficha de observación directa de indicadores evaluados por expertos.



Anexo 3: Guía de observación directa

LUGAR DE ESTUDIO: _____ REALIZADO POR: _____

FECHA: _____ RESPONSABLE: _____

Titulo: Biorremediación con surfactantes naturales de <i>Aloe vera</i> y <i>Opuntia ficus-indica</i> para reducir plomo y cadmio de aguas residuales domésticas, Tarapoto 2023										
Prueba	Coordenadas		Altura	Correlación entre dosis y surfactantes naturales en la reducción de cadmio y plomo						Observaciones
	Norte	Este	MSNM	Control de concentración de metales pesados en aguas residuales domésticas						
				pH	Conductividad eléctrica (C.E)	Temperatura (T°)	Turbidez (NTU)	Plomo	cadmio	
R - 01										
R - 02										
R - 03										
R - 04										
R - 05										
R - 06										
R - 07										
R - 08										
R - 09										
R - 10										
R - 11										
R - 12										
R - 13										
R - 14										
R - 15										
R - 16										
R - 17										
R - 18										
R - 19										
R - 20										
R - 21										
R - 22										
R - 23										
R - 24										
R - 25										
R - 26										
R - 27										
R - 28										
R - 29										
R - 30										
R - 31										
R - 32										
R - 33										
R - 34										
R - 35										
R - 36										

 ----- DRA. ANA N. SANDOVAL VERGARA DOCENTE CSP 6311	 ----- Kathia Liz Mercedes López Dra. en Gestión Ambiental CIP 122149	 ----- Luis Alberto Ordóñez Sánchez INGENIERO AGRÓNOMO REG. CIP N° 23306
--	--	--

Anexo 23: Punto de muestreo de las aguas residuales domésticas.



Anexo 24: Preparación del coagulante de *Aloe vera*.



Anexo 25: Coagulante *Opuntia ficus-indica*.



Anexo 26: Medidas de las dosis de los coagulantes (*Aloe vera* y *Opuntia ficus-indica*).



Anexo 27: Prueba de jarra para tratamiento de agua residual doméstica.



Anexo 28: Jarras con las aguas a tratar con sus respectivas dosis.



Anexo 29: determinación de los indicadores de calidad de agua temperatura, pH, conductividad eléctrica y turbidez.



Anexo 30: Envasado de las muestras para ser llevado al laboratorio de la Universidad Nacional San Martín



Anexo 31: Ubicación de las muestras.

REP		pH	C.E	T°	(NTU) Turbidez
1	T1 A20	6,87 pH	822.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$	26°C	179 NTU
2	T2 A40	6,77 pH	916.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$	26°C	204 NTU
3	T3 A60	6,63 pH	981.7 $\mu\text{S}/\text{cm}$	26°C	206 NTU
R1	T1 A20	6,85 pH	796.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$	26°C	181 NTU
	T2 A240	6,69 pH	908.7 $\mu\text{S}/\text{cm}$	26°C	202 NTU
	T3 A260	6,58 pH	933.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$	26°C	203 NTU
R2	T1 A20	6,98 pH	795.9 $\mu\text{S}/\text{cm}$	26°C	171 NTU
	T2 A240	6,71 pH	908.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$	26°C	192 NTU
	T3 A260	6,60 pH	943.8 $\mu\text{S}/\text{cm}$	26°C	194 NTU
	T1 A20	6,86 pH	817.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$	26°C	171 NTU
	T2 A240	6,73 pH	910.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$	26°C	195 NTU
	T3 A260	6,55 pH	954.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$	26°C	204 NTU
R3	T1 A20	6,94 pH	830.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$	26°C	175 NTU
	T2 A240	6,72 pH	905.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$	26°C	204 NTU
	T3 A260	6,58 pH	937.9 $\mu\text{S}/\text{cm}$	26°C	196 NTU
	T1 A20	6,90 pH	800.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$	26°C	179 NTU
	T2 A240	6,67 pH	909.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$	26°C	206 NTU
	T3 A260	6,56 pH	968.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$	26°C	197 NTU
eeeeee	eeeeee	eeeeee	eeeeee	eeeeee	eeeeee
R1	T1 A10	7,17 pH	810.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$	24°C	162 NTU
	T2 A140	6,78 pH	888.8 $\mu\text{S}/\text{cm}$	24°C	157 NTU
	T3 A160	6,69 pH	952.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$	24°C	160 NTU
	T1 A10	7,05 pH	833.7 $\mu\text{S}/\text{cm}$	24°C	164 NTU
	T2 A140	6,76 pH	932.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$	24°C	160 NTU
	T3 A160	6,65 pH	965.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$	24°C	163 NTU
R2	T1 A10	7,13 pH	825.7 $\mu\text{S}/\text{cm}$	24°C	166 NTU
	T2 A140	6,84 pH	903.8 $\mu\text{S}/\text{cm}$	24°C	157 NTU
	T3 A160	6,67 pH	987.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$	24°C	162 NTU
	T1 A10	7,13 pH	826.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$	24°C	165 NTU
	T2 A140	6,82 pH	867.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$	24°C	158 NTU
	T3 A160	6,72 pH	957.8 $\mu\text{S}/\text{cm}$	24°C	162 NTU
R3	T1 A10	7,02 pH	826.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$	24°C	162 NTU
	T2 A140	6,95 pH	875.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$	24°C	156 NTU
	T3 A160	6,88 pH	910.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$	24°C	157 NTU
	T1 A10	7,03 pH	816.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$	24°C	162 NTU
	T2 A140	6,83 pH	946.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$	24°C	159 NTU
	T3 A160	6,64 pH	954.9 $\mu\text{S}/\text{cm}$	24°C	161 NTU



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, VALLEJOS TORRES GEOMAR, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TARAPOTO, asesor de Tesis titulada: "Biorremediación con surfactantes naturales de Aloe vera y Opuntia ficus-indica para reducir plomo y cadmio de aguas residuales domésticas, Tarapoto 2023", cuyos autores son SANGAMA URRELO ROSA VALERIA, VASQUEZ MIRANDA MIRANDA SOLYMAR, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 22.00%, 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.

TARAPOTO, 18 de Julio del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
VALLEJOS TORRES GEOMAR DNI: 01162440 ORCID: 0000-0001-7084-977X	Firmado electrónicamente por: GVALLEJOST el 18- 07-2023 19:50:02

Código documento Trilce: TRI - 0599699