



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Utilización de pectina y mucilago de nopal para tratamiento de aguas
contaminadas con Pb del río Moche, 2023

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Arroyo Velasquez, Erick David (orcid.org/0000-0003-1812-2519)

Crisanto Gomez, Leslie Mirella (orcid.org/0000-0002-3945-032X)

ASESOR:

Dr. Cruz Monzón, José Alfredo (orcid.org/0000-0001-9146-7615)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión de Riesgos y Adaptación al Cambio Climático

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO - PERÚ

2023

DEDICATORIA

Esta Tesis está dedicado a mis padres Alejandro Alberto Arroyo Castañeda y Patricia Velásquez Chávez que siempre me apoyaron incondicionalmente y por haberme inculcado grandes valores y ser la persona que soy ahora, muchos de mis logros los debo a ustedes, para poder llegar a ser un profesional. A mis hermanos, amigos y a todos mis familiares por el apoyo que siempre me brindaron en el transcurso de mi carrera.

Erick David Arroyo Velásquez

Esta tesis va dedicada a Dios y a mi familia, por su fortaleza, amor y cariño que día a día me demuestran, en especial a mi madre porque gracias a ella cada uno de mis sueños y proyectos los estoy logrando siendo para mí un motor que me impulsa a culminar esta etapa y seguir preparándome profesionalmente.

Leslie Mirella Crisanto Gómez

AGREDECIMIENTO

Mi agradecimiento principalmente es para mis padres, quienes siempre estuvieron a mi lado durante mi carrera universitaria y me respaldaron en todo momento. A mi hermano Néstor, quien siempre me aconsejó y me motivaba a seguir adelante. A mi hermano Bruno, quien siempre me brindó ánimo. A mi Tío Néstor Velásquez y Ulises Bazán, que siempre me apoyaron y estuvieron pendientes en todo momento. A mi amigo incondicional Iván, quien siempre estuvo apoyándome en los momentos más decisivos de mi carrera, y a mi asesor, el Dr. José Alfredo Cruz Monzón, por brindarnos su tiempo, orientación y paciencia.

Erick David Arroyo Velásquez

Agradezco a Dios por permitirme llegar donde estoy. A nuestro asesor por su dedicación y paciencia, a mi compañero de tesis quien nunca desistió y siempre tuvo palabras de motivación, a mi abuela que me ilumina desde el cielo dándome las fuerzas que necesito para seguir adelante y a mi novio que me acompaña y me brinda todo su apoyo en cada paso que doy para culminar mi proceso de mi grado de titulación.

Leslie Mirella Crisanto Gómez



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, CRUZ MONZON JOSE ALFREDO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Utilización de pectina y mucilago de nopal para tratamiento de aguas contaminadas con Pb del río Moche, 2023", cuyos autores son ARROYO VELASQUEZ ERICK DAVID, CRISANTO GOMEZ LESLIE MIRELLA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 12.00%, 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.

TRUJILLO, 26 de Junio del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
CRUZ MONZON JOSE ALFREDO DNI: 18887838 ORCID: 0000-0001-9146-7615	Firmado electrónicamente por: JACRUZM el 04-07- 2023 22:47:38

Código documento Trilce: TRI - 0552578



Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, ARROYO VELASQUEZ ERICK DAVID, CRISANTO GOMEZ LESLIE MIRELLA estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Utilización de pectina y mucilago de nopal para tratamiento de aguas contaminadas con Pb del río Moche, 2023", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

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

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

Nombres y Apellidos	Firma
ERICK DAVID ARROYO VELASQUEZ DNI: 70182163 ORCID: 0000-0003-1812-2519	Firmado electrónicamente por: ERICKARROYO el 26-06-2023 19:48:10
LESLIE MIRELLA CRISANTO GOMEZ DNI: 71775965 ORCID: (0000-0002-3945-032x)	Firmado electrónicamente por: LCRISANTOGO16 el 26-06-2023 15:38:50

Código documento Trilce: TRI - 0552579

Índice de contenidos

DEDICATORIA.....	ii
AGREDECIMIENTO.....	iii
DECLARATORIA DE AUTENCIDAD DEL ASESOR.....	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DE AUTORES.....	v
Índice de contenidos.....	vi
Índice de tablas.....	vii
Índice de figuras.....	viii
Resumen.....	ix
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	3
III. METODOLOGÍA.....	8
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	8
3.1.1. Tipo de investigación.....	8
3.1.2. Diseño de investigación.....	8
3.1.3. Variables y operacionalización.....	10
3.1.4. Población, muestra y muestro.....	10
3.1.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	11
3.1.6. Procedimiento de recolección de datos.....	12
3.1.7. Método de análisis de datos.....	14
3.1.8. Aspectos éticos.....	14
IV. RESULTADOS.....	15
V. DISCUSIÓN.....	23
VI. CONCLUSIONES.....	28
VII. RECOMENDACIONES.....	29
REFERENCIAS.....	30
ANEXOS.....	36

Índice de tablas

Tabla 1. Niveles de las variables de estudio.....	9
Tabla 2. Matriz del diseño experimental de pectina y mucilago en diferentes dosis con sus respectivas repeticiones.....	9
Tabla 3. Evaluación de Plomo en la muestra de la cuenca alta del Rio Moche	15
Tabla 4. Remoción porcentual del plomo a diferentes dosis de mucilago y tiempo.	16
Tabla 5. Remoción de plomo con dosis de 50 gramos de pectina y mucilago variable de 1, 2 y 5 gramos.....	16
Tabla 6. Remoción porcentual del plomo a diferentes dosis pectina y tiempo	18
Tabla 7. Remoción de plomo con 5gramos de mucilago y pectina variable de 30, 50 y 60 gramos.....	18
Tabla 8. pH de los tratamientos con diferentes tiempos de contacto.....	20
Tabla 9. Valores de conductividad de los tratamientos con diferentes tiempos de contacto	21
Tabla 10. Valores de turbidez de los tratamientos con diferentes tiempos de contacto	22
Tabla 11. Tabla de operacionalización de variables de investigación.....	36
Tabla 12. Instrumento de recolección de datos	38

Índice de figuras

Figura 1. Delimitación Geográfica	11
Figura 2. Interacción del porcentaje de la remoción con el tiempo de contacto.....	17
Figura 3. Interacción del porcentaje de la remoción con el tiempo de contacto.....	19
Figura 4. Relación del pH y el tiempo de contacto del adsorbente.....	20
Figura 5. Relación de la conductividad y el tiempo de contacto del adsorbente.....	21
Figura 6. Relación de la turbidez y el tiempo de contacto del adsorbente.....	22
Figura 7. Toma de muestra en la localidad de Quiruvilca	44
Figura 8. Toma de muestra para inicio del experimento	44
Figura 9. Almacenamiento de la muestra	45
Figura 10. 22L de la muestra de la localidad de Quiruvilca.....	45
Figura 11. Cáscara de plátano fresca.....	46
Figura 12. Cáscara de plátano en estufa a 105° C	46
Figura 13. Cáscara de plátano después de 12h a 105°C	47
Figura 14. Cáscara de plátano ya licuado.....	47
Figura 15. Tamizado de la pectina de cáscara de	48
Figura 16. Obtención de la pectina de cáscara de plátano	48
Figura 17. Paleta de Nopal a 3 cm	49
Figura 18. Licuado de paleta de Nopal con 100ml de agua destilada.....	49
Figura 19. Mucilago de nopal después de 24h a 8°	50
Figura 20. Mucilago de Nopal con 600 ml de etanol	50
Figura 21. Mucilago con etanol pasada las 24h a 8° C.....	51
Figura 22. Mucilago ya filtrado del etanol	51
Figura 23. Mucilago en estufa por 48h a 50°C	52
Figura 24. Mucilago pasado las 48h a 50°c.....	52
Figura 25. Pectina y mucilago en la muestra de agua	53
Figura 26. Pectina y mucilago con pastillas agitadoras en la agitadora por 30 min	53
Figura 27. Tratamientos para la toma de pH, conductividad y turbidez	54
Figura 28. Almacenamiento de la muestra para análisis de remoción de plomo	54
Figura 29. Análisis inicia y final de plomo en los tratamientos	55

Resumen

La contaminación de fuentes hídricas con metales pesados es un problema mundial, afectando a las personas, la agricultura y la salud, generando gastos adicionales. El objetivo fue evaluar la remoción de plomo en agua del río Moche usando pectina de cáscara de plátano y mucílago de nopal. Se utilizó un diseño experimental que consistió en 6 tratamientos con pectina constante de 50 g y mucílago en dosis de 1, 2 y 5 g, así como mucílago constante de 5 g y pectina en dosis de 30, 50 y 60 g. Los experimentos tuvieron el mismo tiempo de contacto: 12, 24 y 36 horas. Se homogeneizó la pectina y el mucílago en una muestra de agua de 500 ml y se tomaron datos de pH, conductividad, turbidez y remoción de plomo. Los resultados muestran que las mejores condiciones de remoción son con 50 g de pectina y 5 g de mucílago, logrando una remoción del 37.83% en 24 horas. No hubo diferencias significativas al usar dosis superiores a 50 g. En conclusión, la dosis afecta la remoción de plomo en el agua del río Moche.

Palabras clave: Mucílago de nopal, agua contaminada, pectina de plátano y metales pesados en agua.

ABSTRACT

Contamination of water sources with heavy metals is a global problem, affecting people, agriculture and health, generating additional costs. The objective was to evaluate the removal of lead in water from the Moche River using banana peel pectin and nopal mucilage. An experimental design consisting of 6 treatments with constant 50 g pectin and mucilage in doses of 1, 2 and 5 g, as well as constant 5 g mucilage and pectin in doses of 30, 50 and 60 g was used. The experiments had the same contact time 12, 24 and 36 hours, the pectin and mucilage were homogenized in a 500 ml water sample and pH, conductivity, turbidity and lead removal data were taken. The results show that the best removal conditions are with 50 g of pectin and 5 g of mucilage, achieving a removal of 37.83% in 24 hours. There were no significant differences when using doses higher than 50 g. In conclusion, the dose affects the removal of lead in the water of the Moche river.

Keywords: Nopal mucilage, contaminated water, plantain pectin and heavy metals in water

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la contaminación de fuentes hídricas por metales pesados es un grave problema ambiental, ya que estos metales son tóxicos y afectan la calidad del agua, impidiendo su uso seguro, además causan daños significativos en los ecosistemas y generan impactos económicos negativos, siendo las actividades humanas como la minería e industria las principales responsables de esta contaminación (Guerrero et al., 2020), un ejemplo de esto es el Río Karun en la región de Karun Occidental, donde se encontraron metales pesados como Cadmio (Cd), Hierro (Fe), Zinc (Zn) y Cobre (Cu) en una muestra de agua. Estos metales representan un alto riesgo para la salud humana y la cadena alimentaria (Rahdarian et al., 2022), de manera similar, en la capital de Xikuangshan, la región minera más grande del mundo, se han encontrado metales pesados como Sb, As, Mn, Pb, Zn, Hg, Cd, en los ecosistemas, los cuales representan un riesgo tanto para la salud humana como para el ecosistema (Xie y Ren, 2022). Además, el río Canal Norte recibe el 90% del drenaje de inundaciones de la ciudad y aguas residuales de las plantas de tratamiento, lo cual introduce contaminantes orgánicos e inorgánicos (Yuan et al., 2023). A nivel nacional, se ha realizado un estudio en la microcuenca agropecuaria del río Huacaray en Perú, donde se encontraron metales pesados como Zn, Cr, Cu, Pb, Ni, As y Mn, algunos de los cuales superan los límites establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Especialmente el Manganeseo representa un riesgo para la salud humana, pudiendo causar demencia senil, Alzheimer y Parkinson (Cuba, 2021). Asimismo, se llevó a cabo un estudio a nivel local por el gobierno regional del departamento de La Libertad en la cuenca del río Moche, donde se analizaron los metales pesados en el agua y se encontró que superan los Estándares de Calidad Ambiental (ECAS). Las aguas que pasan por debajo de la población de Quiruvilca presentaron metales como Fe, Cu, Zn, Al, Mn y Pb, los cuales afectan la agricultura y la ganadería (Llempen et al., 2020).

Por toda la información revisada nos planteamos: ¿Cuál es la eficacia conjunta de pectina de cáscara de plátano y mucilago de nopal en la remoción de plomo en la muestra de agua del río Moche de la localidad de Quiruvilca?

La investigación se inicia con el objetivo de abordar el tratamiento de los distintos efluentes vertidos por las industrias mineras, destacando la presencia del metal Pb, en los cuerpos de agua. En particular, el agua proviene de la cuenca del río Moche, ubicada en el Distrito de Quiruvilca de la localidad de Shorey. La presencia de minería informal confirma que el agua de la cuenca está contaminada y excede los estándares establecidos en el ECA. La investigación realizada en el laboratorio contribuye a buscar una solución a este problema y, a su vez, tiene el potencial de ser implementada a mayor escala.

Como objetivo principal, nos planteamos determinar la eficacia conjunta de pectina de cáscara de plátano y mucilago de nopal en la remoción de plomo en la muestra del agua del río Moche de la localidad de Quiruvilca el año 2023, por consiguiente los objetivos específicos son: Evaluar el efecto de la dosis de mucilago a valores de concentración constantes de pectina, evaluar el efecto de la dosis de pectina de cáscara de plátano a valores de concentración constantes de mucilago y evaluar el mejor tiempo para la dosis de mucilago de nopal y pectina de cáscara de plátano en la remoción de plomo presentes en las aguas del río Moche 2023.

Nuestra hipótesis afirma la existencia de eficacia conjunta de pectina de cáscara de plátano y mucilago de nopal en la remoción de plomo en la muestra del agua.

II. MARCO TEÓRICO

Para llevar a cabo un tratamiento de agua a partir de las biomásas de pectina y mucílago de nopal es necesario comprender la naturaleza del daño ocasionado en el medio debido a la presencia de los contaminantes.

Uno de los contaminantes más alarmante es el plomo, el cuál es un metal pesado por su alta resistencia en la naturaleza y la capacidad de bioacumulación (Mitra et al, 2022, p.1); además, el plomo difícilmente es retenido y digerido por los microorganismos, por lo que este contaminante puede pasar con facilidad de un cuerpo de agua al suelo o viceversa (Li et al., 2022), por otro lado, un medio contaminado con plomo pone en riesgo la salud humana, ya sea por ingesta de productos contaminados o por contacto dérmico con el contaminante (Cui et al, 2022, p.2).

La presencia de los metales pesados en los cuerpos de agua se debe principalmente a las actividades antropogénicas y al sector industrial, siendo los vertederos los puntos de contactos más relevantes entre el contaminante y el medio acuático (Zaynab et al, 2022, p.2). El agua contaminada puede representar una amenaza, y su nivel de peligrosidad va a estar determinada por los tipos de contaminantes, la concentración de los compuestos tóxicos y la frecuencia de exposición (Jalil et al., 2022).

Existen diversas alternativas de solución para el tratamiento de aguas contaminadas con metales pesados; entre ellas, la biorremediación por residuos de biomasa es una alternativa bioamigable donde se utilizan polímeros naturales como el almidón, pectinas, quitosano, proteínas, entre otros, para reducir los niveles de iones metálicos, los cuales pueden hacer sinergia entre biomateriales denominados copolímeros (Choque et al, 2022, p.45).

Este tratamiento consiste en el uso de los biomateriales como agentes coagulantes y floculantes, favoreciendo la captura de los metales pesados que se encuentren en la muestra de agua (Rivera, Hernández y Gómez, 2021,

p.1), donde su capacidad de depuración está influenciada por el pH, la concentración inicial de los contaminantes y el tiempo de exposición (Ibarra, Lizardi, López y Oropeza, 2017, p.20).

Entre los materiales empleados para el tratamiento de aguas contaminadas por metales pesados se pueden emplear la pectina de cáscara de plátano y el mucílago de nopal.

La pectina son polisacáridos ampliamente utilizados en la industria de alimentación gracias a sus propiedades nutritivas y curativas, sin embargo, también posee capacidades de absorción de metales pesados por lo que permite su uso en el tratamiento de aguas, este material puede ser extraído de distintas frutas, entre ellas la cáscara de plátano (Petkowicz, Vriesmann y Williams, 2017, p.58).

Por otro lado, el mucílago de nopal es polisacárido rico en proteínas que crece en zonas áridas y semiáridas, el mucílago presenta una fracción neutral y la otra ácida por lo que es comúnmente utilizada como alimento, sin embargo, existen estudios que demuestran las características de absorción que posee el nopal (Du et al, 2019, p.2), por lo que se presenta como alternativa potencial para la depuración de aguas contaminadas con metales pesados.

Además, la interacción de la pectina y el mucílago forman enlaces covalentes entre el oxígeno y el carbono, creando estructuras lineales y aplanadas cuya estructura puede albergar al agua y sus contaminantes. (Sánchez et al, 2017, p.5).

Algunos antecedentes nos dan a conocer la efectividad del uso de los residuos del plátano y el nopal.

En la investigación Evaluation of Process Parameter on Treated Banana Peel Bioadsorbent for Heavy Metals Removal los autores emplearon muestras de agua con presencia de metales pesados, donde combinaron pectina como material adsorbente con KOH; obteniendo como resultado que la pectina de

la cáscara de plátano en combinación con el KOH al 30% tuvo más eficacia en la remoción de metales pesados. Por lo que, este biomaterial modificado químicamente puede ser empleado como un sustituto de bajo costo para la eliminación de metales pesados (Nur et al., 2022).

Por otro lado, en la investigación Heavy Metal Biosorption By Polyphenol-Free Banana Peel Powder los investigadores realizaron un diseño experimental donde se manipuló el tiempo de contacto, pH, temperatura y concentración de iones metálicos; obteniendo como resultado que la mayor eficiencia se alcanzó a los 20 min, a los 20° C con una concentración inicial de 20 ppm para los metales plomo y cobre teniendo una capacidad de remoción de 3 y 1 g/L para el plomo y cobre respectivamente, además, una vez estabilizada la prueba se alcanzó una eficiencia de remoción del 94,20% y 73,00% (Hussain et al., 2021),

Así mismo, en la investigación Removal of Ni (II) & Cr (VI) ions using banana peels in the aqueous solution, se pudo determinar la efectividad de la cáscara de plátano mediante el proceso de remoción, se realizó la remoción de Ni (II) y Cr(VI) utilizando cáscara de plátano cruda y tratada con ácido, de la misma forma se realizó a diferentes parámetros fisicoquímicos como tiempo (30, 60, 90, 120, 150 minutos), pH (3, 5, 7, 9, 11) , dosis de adsorbente (1,0, 1,5, 1,5, 2,0, 2,5, 3,0 g) y dosis de iones Ni (II) y Cr (VI) (10, 20, 30, 40, 50 mg/l), la eliminación más eficaz de iones de Ni (II) fue del 79% empleando la cáscara de plátano tratada con ácido con una concentración de 10mg/L, capacidad adsorbente 1g, pH 7 y tiempo 120 min, por otro lado, la eliminación más eficaz para el Cr (VI) fue del 100% para una concentración de 30mg/L, capacidad adsorbente de 1.5g, pH 3 y tiempo 120 min. Demostrando que las cáscaras tratadas con ácidos tienen una mayor capacidad en la remoción para los iones de Ni (III) y Cr (VI) en una solución acuosa (Hanafiah et al., 2022).

En la investigación Characterization, efficiency, and mechanism in removing heavy metals by a mixed biochar derived from sludge and banana peel, se evaluó el rendimiento de remoción y la cinética de remoción de metales

pesados mediante el uso de un mecanismo de remoción mixto, la presencia de contaminantes se midió con un espectrómetro de absorción atómica. Se determinó que los valores de pH más adecuados para el ensayo de aguas con MWBC (Mezcla de Biocarbón Derivado de Lodos y Cáscara de Plátano) para la remoción de Pb (II), Cu (II) y Zn (II) fueron 2.4 y 4, logrando una eficiencia de remoción del 100% a una dosis de 5 g/L. Específicamente, se obtuvieron capacidades de remoción de 40.1 mg/g para Pb (II), 40 mg/g para Cu (II) y 39.6 mg/g para Zn (II) (Fu et al., 2022).

En la investigación Capacity of 'nopal' pectin as a dual coagulating flocculant agent for the removal of heavy metals, se demostró que los grupos funcionales de la macromolécula de pectina de nopal presentan una afinidad específica hacia los iones metálicos estudiados, en particular el Pb^{2+} ; la mayor eficiencia se logró a una dosis de 0.019 mg/ml. Por lo tanto, la pectina de nopal, al ser una macromolécula natural, resulta práctica para el tratamiento de metales pesados. Además, la pectina de nopal muestra un alto potencial de aplicación y ofrece beneficios tanto económicos como ambientales en el tratamiento de aguas residuales industriales. (Ibarra d, et.al.,2017)

En el estudio titulado “Effectiveness of the mixture of nopal and cassava starch as clarifying substances in water purification: A case study in Colombia”, Lugo et al. (2020) afirman que al combinar el nopal con el almidón de yuca en diferentes proporciones (1%, 33% y 67%), se observa un incremento promedio del 8.5% en su efectividad combinada. Además, se encontró que tanto el nopal utilizado como coagulante por sí solo, como la combinación del nopal como coagulante y el almidón de yuca como floculante, lograron altas tasas de remoción, específicamente un 60.4% y un 67.04%, respectivamente.

Bustamante et al. (2018) llevaron a cabo un estudio para determinar las propiedades fisicoquímicas de las espinas de nopal y se confirmó que este material podría ser una fuente muy rica en lignina y celulosa, obtenida a partir de desechos no alimentarios. La microestructura de las espinas de nopal se visualizó mediante ESEM, mientras que la distribución de lignina y celulosa en

las espinas se caracterizaron mediante CLSM. Estas técnicas resultaron útiles para explicar las propiedades micromecánicas locales, y podrían ser valiosas en procesos extractivos para la recuperación de biopolímeros a partir de estos residuos.

Vargas et al. (2022), realizaron un análisis de remoción de metales pesados en muestras de agua utilizando mucílago de *Opuntia ficus-indica* (OFI) en diferentes dosis (87.5, 175 y 350 mg/L) mediante el procedimiento de jarras. En este estudio, se determinaron las propiedades fisicoquímicas de las muestras, así como la concentración final de los metales pesados. Los resultados mostraron que el mucílago de OFI redujo la turbidez en un 70%, y se logró una remoción del 96% para el Fe, 91 % para el Mn, 60% para el Cr, 70% para As, y menor del 40% para el Pb. Se demostró que estos porcentajes de remoción dependen de las condiciones iniciales de pH, la concentración inicial de los metales pesados y la concentración de mucílago de OFI utilizada al final del proceso. Además, el mucílago de OFI demostró su capacidad para reducir la concentración de Fe y Mn por debajo de los valores permisibles.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación: La presente investigación es básica debido a que tuvo por finalidad ampliar los conocimientos sobre las condiciones del uso basándose en los tiempos de contacto y las dosis adecuadas de Pectina de cáscara de Plátano y Mucílago de Nopal en conjunto, para determinar el mayor porcentaje de remoción de plomo en el agua contaminada obtenida de la Cuenca Alta del río Moche.

3.1.2. Diseño de investigación:

Se utilizó un diseño experimental bifactorial para evaluar la remoción de plomo en muestras de agua del río Moche en la localidad de Quiruvilca en donde los factores considerados para esta investigación fueron las dosis de "Pectina de Cáscara de Plátano" y "Mucílago de Nopal". La unidad muestral consistió en una muestra de agua de 500 ml, a la cual se añadieron tres cantidades de mucílago de nopal (1, 2 y 5 gramos) y 50 gramos de pectina de cáscara de plátano, estableciéndose tres tiempos de contacto (12, 24 y 36 horas). Además, se realizaron pruebas adicionales con tres cantidades de pectina de cáscara de plátano (30, 50 y 60 gramos) y 5 gramos de mucílago de nopal manteniendo los mismos tiempos de contacto (12, 24 y 36 horas), lo que da lugar a un diseño multiplicativo de $(1 * 3 * 3)$ por cada prueba, dando un total de 18 tratamientos debido a que tendrán un número de 3 repeticiones por cada tratamiento. Se incluyeron también tres tratamientos de control utilizando muestras en blanco durante los tiempos de contacto. La metodología de esta investigación consta de varias actividades que comprenden en los siguientes aspectos:

Tabla 1. Niveles de las variables de estudio

Variables independientes de estudio	Niveles de estudio
Factor X: Pectina de cáscara de plátano	30 g, 50g, 60 g (X₁ , X₂ y X₃)
Factor Y: Mucilago de nopal	1 g, 2 g, 5g (Y₁ , Y₂ y Y₃)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Matriz del diseño experimental de pectina y mucilago en diferentes dosis con sus respectivas repeticiones.

		Factor Y (g)								
		1 (Y₁)			2 (Y₂)			5 (Y₃)		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III
Factor X (g)	30 (X₁)	-	-	-	-	-	-	(X ₁ Y ₃) _I	(X ₁ Y ₃) _{II}	(X ₁ Y ₃) _{III}
	50 (X₂)	(X ₂ Y ₁) _I	(X ₂ Y ₁) _{II}	(X ₂ Y ₁) _{III}	(X ₂ Y ₂) _I	(X ₂ Y ₂) _{II}	(X ₂ Y ₂) _{III}	(X ₂ Y ₃) _I	(X ₂ Y ₃) _{II}	(X ₂ Y ₃) _{III}
	60 (X₃)	-	-	-	-	-	-	(X ₃ Y ₃) _I	(X ₃ Y ₃) _{II}	(X ₃ Y ₃) _{III}

Fuente: Elaboración propia

Para la realización correcta de estos experimentos se tomó en cuenta los siguientes parámetros constantes:

- pH: 4 > - < 6
- Temperatura: 18°C

3.1.3. Variables y operacionalización: En la presente investigación se considera como la variable independiente la combinación de la pectina de cáscara de plátano y el mucílago de nopal teniendo como dimensiones la capacidad de remoción de plomo de cada uno de ellos. Los indicadores utilizados para evaluar estas capacidades incluyen la cantidad de pectina, la cantidad de mucílago, el tiempo de contacto (12 horas, 24 horas y 36 horas).

La variable dependiente de esta investigación es la remoción de plomo presente en el agua contaminada. Para evaluar dicha remoción, se tuvieron en cuenta diferentes dimensiones, tales como el porcentaje de remoción de plomo y los factores de operación. Para medir el porcentaje de remoción de plomo, se emplearon indicadores como la concentración inicial y final de plomo. Además, se evaluaron otros factores de operación relevantes, como el pH, la conductividad y la turbidez (Ver Tabla 11).

3.1.4. Población, muestra y muestro:

3.1.4.1. Población: Estuvo conformado por las aguas de la cuenca alta de la localidad de Shorey del distrito de Quiruvilca.

- **Criterios de inclusión:** Cuando el río Moche se encuentra en estiaje las muestras fueron tomadas el 16 de abril de 2023.

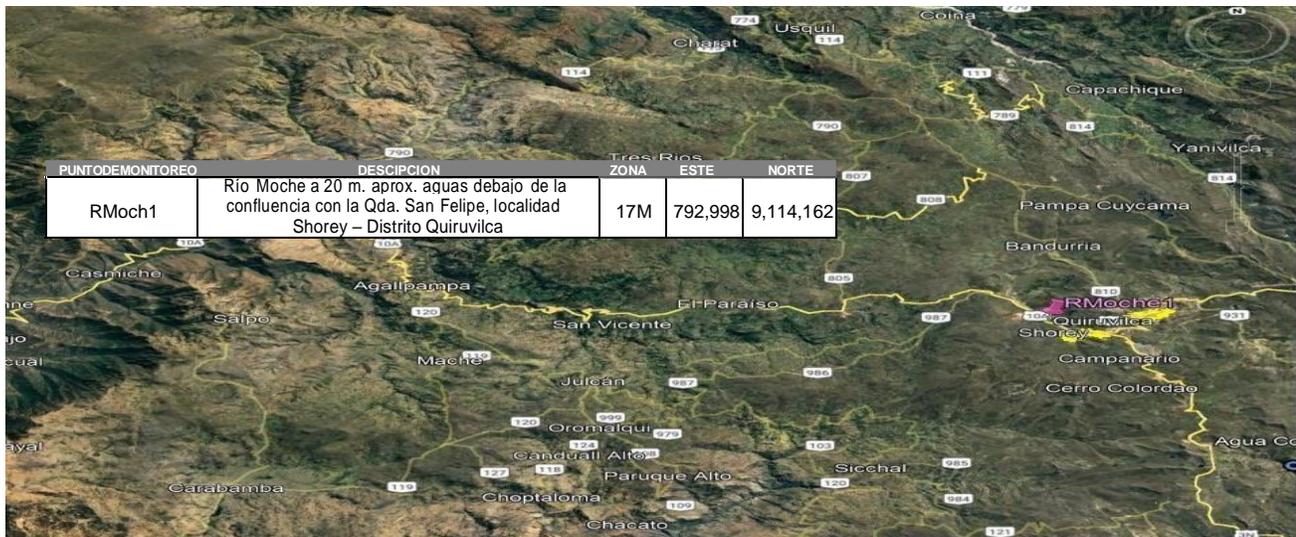


Figura 1. Delimitación Geográfica

3.1.4.2. Muestra: La muestra utilizada en este estudio consistió en un total de 22 litros de agua del río Moche, recolectada en la zona de Shorey de distrito de Quiruvilca. La ubicación de recolección se identificó con sus correspondientes coordenadas: Rmoche1 (E792998, N9114162). Una vez recolectada, la muestra de agua se almacenó adecuadamente, se rotuló de manera apropiada y se trasladó al laboratorio para llevar a cabo la parte experimental de la investigación.

3.1.4.3. Muestreo: No se aplicó técnica estadística fue tomado por criterio de los investigadores.

3.1.4.4. Unidad de análisis: Se utilizaron vasos de precipitación de 1L conteniendo 500 ml de agua del Rio moche con presencia de plomo para su posterior tratamiento.

3.1.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos: La técnica que se utilizo es de observación experimental directa, por lo que permitió el contacto con las variables dependientes e independientes. Para la recolección de datos se utilizó los instrumentos como la ficha de recolección de datos de pH, conductividad, turbidez y remoción de plomo, ya que la

investigación se obtuvo la muestra de agua encampo y fue tratada en laboratorio para conseguir datos para el proceso de información.

3.1.6. Procedimiento de recolección de datos:

- **Evaluación de la cuenca alta del río moche:** Se tomó una muestra siguiendo el Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales en la cuenca alta de la localidad de Shorey, ubicada en el distrito de Quiruvilca. La muestra fue almacenada, etiquetada y posteriormente enviada para su análisis, con el fin de obtener los resultados de la concentración de plomo presente en el agua.
- **Preparación de Pectina de cáscara de plátano:** Según Ali et al. (2020) en su investigación Removal of chromium (VI) from aqueous medium using chemically modified banana peels as efficient low-cost adsorbent. Nos demuestra cómo es que elabora la pectina de cáscara de plátano es por ello que nos guiamos de su investigación y lo elaboramos de la siguiente manera. Se obtuvo la cáscara de plátano la cual fue previamente lavada con agua destilada, se procedió a colocar en una fuente para poder ingresarla en la estufa la cual estaba a una temperatura de 105°C por 12h, pasada las 12h se procedió a verificar que todas las cáscaras de plátano estén secas para poder ser trituradas, ya trituradas se tamizó en un tamiz N°70 para obtener en polvo la pectina y pueda ser utilizada.
- **Preparación de mucilago de nopal:** Conforme Vecino et al. (2016) en su investigación Evaluation of a cactus mucilage biocomposite to remove total arsenic from water nos presenta cómo se obtiene el mucilago de nopal es por ello que nos guiamos de su investigación y lo realizamos de la siguiente

manera. La paleta de tuna tiene que estar sin espinas y ser cortada en cuadros de 1cm^3 aproximadamente, posteriormente se procedió a licuar con 100ml de agua destilada y se dejó reposar el mucilago ya licuado en el refrigerador a una temperatura de 8°C por 24hrs. Luego se realizó la mezcla de 1:2 en un vaso precipitación de 1L, en la cual se agregará 600ml de etanol y 300 ml de mucilago, el mucilago se filtrará con una manta cielo, se refrigerará y dejara reposar por 24h aproximadamente, la función del etanol durante las 24h es para hacer que el mucilago tenga una consistencia más sólida para que pueda ser separada del etanol dejando únicamente la materia suspendida, luego se colocó en bandejas las cuales serán puestas a la estufa por 48ha 50°C y una vez que el mucilago este seco paso a ser triturado y ser cernido en un tamiz N°70 y por ultimo colocado en frascos esterilizados

- **Procedimiento para la mezcla de mucilago de nopal en diferentes dosis y pectina constante:** La mezcla se realizó con valores de 1 ,2 y 5g de mucilago de nopal en 500ml de agua con 50g de pectina de cáscara de plátano, de la cual se realizó 3 tratamientos (50g con 1g), (50g con 2g) y (50g con5g), con tiempos de contacto de 12, 24 y 36 horas, para homogenizar las mezclas se agregaron píldoras magnéticas, posteriormente fueron puestas en una plancha de agitación magnética durante 30 min a una velocidad de 300rpm, pasado los 30 min se procedió a dejar reposar por 30 min más, para poder dar inicio a la toma de datos de pH y conductividad las cuales se tomaron cada 3h, y para la obtención de la remoción de plomo se analizó a las 12, 24 y 36 horas.

- **Procedimiento para la mezcla de pectina en diferentes dosis y mucilago de nopal constante:** La mezcla se realizó con valores de 30 ,50 y 60g de pectina de cáscara de plátano en 500ml de agua con 5g de mucilago de nopal en 500ml, de la cual se realizó 3 tratamientos (30g con 5g), (50g con 5g) y (60g con 5g), con tiempos de contacto de 12, 24 y 36 horas. Para la homogenización y toma de datos se realizó el mismo procedimiento ya mencionado.

3.1.7. Método de análisis de datos: En la etapa experimental, se llevó a cabo el análisis químico de la muestra de agua proveniente de la cuenca alta del rio Moche. Posteriormente, se implementaron seis tipos de tratamientos, variando las cantidades utilizadas en cada uno de ellos, con el objetivo de comparar los porcentajes de remoción. Para lograr esto, se aplicó un enfoque estadístico cuantitativo que nos permitió cuantificar el efecto de cada tratamiento. Con el propósito de cumplir nuestros objetivos, se identificó el tratamiento más eficiente para la remoción de plomo. Estos datos se organizaron en tablas y gráficos utilizando la herramienta Excel, lo cual nos proporcionó una representación visual más clara de los resultados obtenidos en los tratamientos.

3.1.8. Aspectos éticos: La investigación se llevó a cabo siguiendo rigurosamente los principios éticos establecidos por la Universidad César Vallejo (UCV), lo cual aseguró la confiabilidad de los hallazgos obtenidos en este estudio. Además, se respetó la autoría de los investigadores consultados en esta tesis y se garantizó una correcta cita de las fuentes utilizadas, siguiendo las directrices de la ISO y de la UCV. En todo momento se mantuvo la integridad de los datos recopilados, asegurándose de que no se manipularan de ninguna manera. Todos los datos fueron obtenidos de forma objetiva y precisa, procesados con el máximo cuidado y precisión para garantizar su validez.

IV. RESULTADOS

En el trabajo de investigación se removió plomo en la muestra de agua de la localidad de Shorey del distrito de Quiruvilca con un sistema de tratamiento con mucilago de nopal y pectina de cáscara de plátano, variando la cantidad de mucilago y el tiempo de contacto con la muestra de agua contaminada.

4.1. Se obtuvo el valor de plomo inicial por el método de Espectroscopía de absorción atómica, en la parte alta de la cuenca del río Moche.

Tabla 3. Evaluación de Plomo en la muestra de la cuenca alta del Río Moche

Análisis de Plomo en la muestra de la cuenca alta del Río Moche							
Punto de Monitoreo	Inicial (ppm Pb)	Concentración de plomo (ppm Pb)					
		X2Y1	X2Y2	X2Y3	Y3X1	Y3X2	Y3X3
Quiruvilca	0.4961	0.3850	0.3518	0.3312	0.4036	0.3065	0.3001
		0.3523	0.2944	0.2934	0.4035	0.2936	0.2832
		0.3524	0.2947	0.2936	0.3999	0.2937	0.2830

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3 se puede observar los diversos tratamientos realizados de los cuales el que tienen el valor constante es porque se utilizó de pectina de cáscara de plátano de 50 g y Y1, Y2 y Y3 son los valores de mucilago de nopal los cuales fueron 1, 2 y 5 g. Por otro lado, los tratamientos que tienen el valor constante de mucilago constante de 5 g y X1, X2 y X3 son los valores de pectina de cáscara de plátano con valor de 30, 50 y 60 g respectivamente.

4.2. Evaluación de remoción de plomo con pectina de cáscara de plátano constante y mucilago a diferentes dosis.

Consiguiente a ello se procede a determinar el porcentaje de Remoción de plomo mediante la siguiente formula:

$$\% PA = \left(\frac{\text{Concentracion inicial} - \text{Concentracion Final}}{\text{Concentracion Inicial}} \right) \times 100$$

Tabla 4. Remoción porcentual del plomo a diferentes dosis de mucilago y tiempo

Porcentaje de remoción de plomo (%)			
Tiempo (horas)	X2Y1	X2Y2	X2Y3
12	16.70	23.89	28.35
24	25.41	37.67	37.87
36	25.40	37.62	37.85

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4 podemos observar los porcentajes de remoción de los tratamientos de pectina de cáscara de plátano constante y mucilago a diferentes dosis.

Tabla 5. Remoción de plomo con dosis de 50 gramos de pectina y mucilago variable de 1, 2 y 5 gramos.

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
MB	0	3	0.03	A
X2Y1	0.23	3	0.03	B
X2Y2	0.33	3	0.03	C
X2Y3	0.35	3	0.03	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0$)

En la tabla 5 se observa que los tratamientos con valor constante de pectina de cáscara de plátano con valores de 2 y 5 g de mucilago tienen una diferencia altamente significativa ($p < 0.0001$) con respecto al tratamiento de 1 gramo de mucilago nopal y la muestra en blanco.

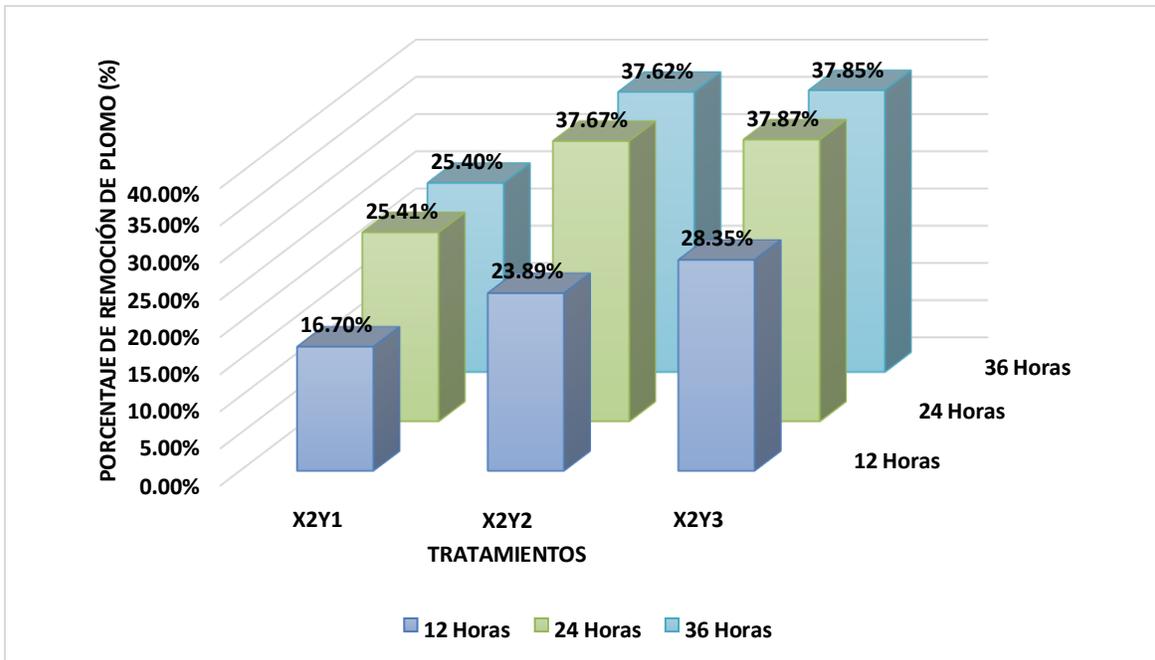


Figura 2. Interacción del porcentaje de la remoción con el tiempo de contacto

En la figura 2, se observa los porcentajes de remoción de plomo con mucilago variados y pectina constante demostrando que al tiempo de contacto de 24 horas en el tratamiento con 5 g de mucilago tuvo el mayor resultado con un 37.87 % de remoción; evidenciando una diferencia altamente significativa, seguido del tratamiento con 5 g con un tiempo de contacto de 36 horas con un resultado de 37.85 % de remoción. Por otro lado, en el tratamiento con 2 g de mucilago de nopal con un tiempo de contacto de 24 horas se obtuvo un resultado 37.67 % de remoción, valor que no presenta cambio significativo con los tratamientos anteriormente mencionados. Además, se puede determinar que en el tratamiento con 1 g de mucilago de nopal con un tiempo de contacto de 24 horas presenta un resultado de 25.41 % de remoción; el cual si representa un cambio altamente significativo con respecto a los tratamientos ya presentados.

4.3. Evaluación de remoción de plomo con mucilago constante y pectina de cáscarade plátano a diferentes dosis.

Tabla 6. Remoción porcentual del plomo a diferentes dosis pectina y tiempo.

Porcentaje de remoción de plomo (%)			
Tiempo (horas)	Y3X1	Y3X2	Y3X3
12	12.69	33.69	35.06
24	14.57	37.83	40.03
36	15.35	37.83	40.1

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6 podemos observar los porcentajes de remoción de los tratamientos de mucilago constante y pectina a diferentes dosis de cáscara de plátano.

Tabla 7. Remoción de plomo con 5gramos de mucilago y pectina variable de 30, 50 y 60 gramos.

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
MB	0	3	0.01	A
Y3X1	0.14	3	0.01	B
Y3X2	0.36	3	0.01	C
Y3X3	0.38	3	0.01	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0$).

En la tabla 7 se observa que los tratamientos con mucilago constante y con valores de 50 y 60 g de pectina de cáscara de plátano tienen una diferencia altamente significativa ($p < 0.0001$) con respecto al tratamiento con 30 g de pectina de cáscara de plátano y la muestra en blanco.

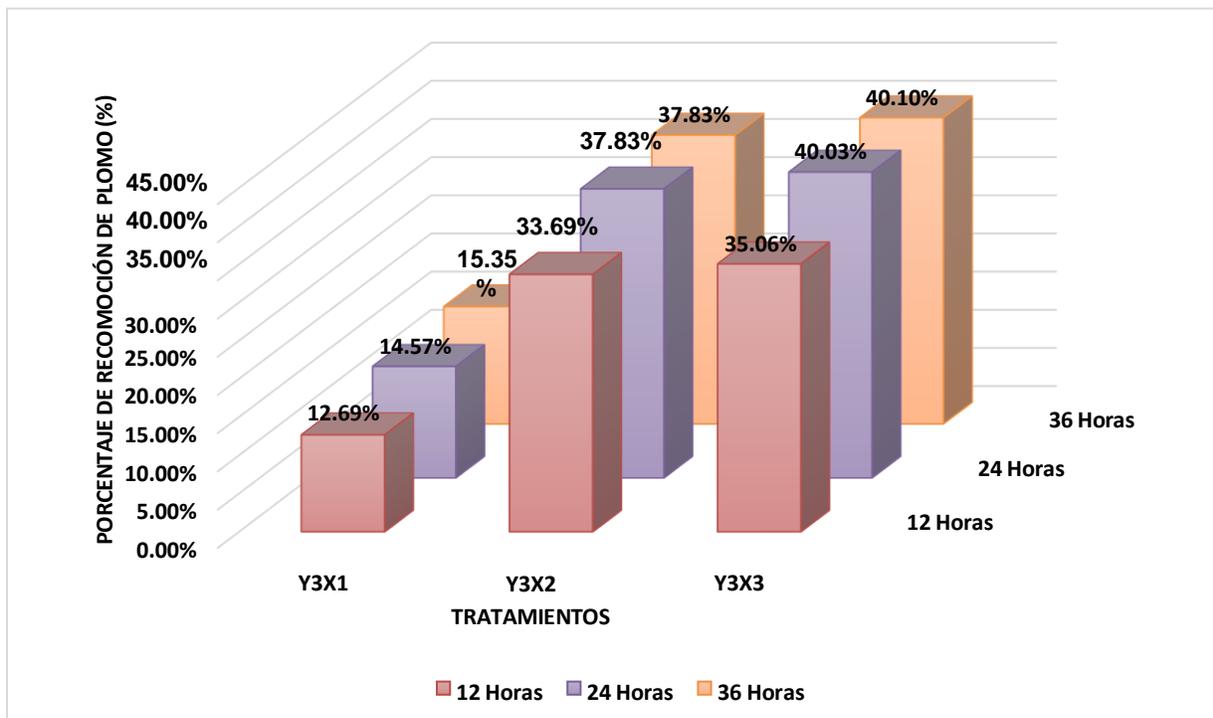


Figura 3. Interacción del porcentaje de la remoción con el tiempo de contacto

En la figura 3, se observa los porcentajes de remoción de plomo con mucilago constante y pectina variado demostrando que al tiempo de contacto de 24 horas en el tratamiento con 60 g de pectina de cáscara de plátano tuvo el mayor resultado con un 40.03 % de remoción; evidenciando una diferencia altamente significativa, seguido del tratamiento con 50 g de pectina de cáscara de plátano con un tiempo de contacto de 36 horas con un resultado de 40.10 % de remoción. Por otro lado, en el tratamiento con 50 g de pectina de cáscara de plátano con un tiempo de contacto de 24 horas se obtuvo un resultado 37.83 % de remoción, valor que no presenta cambio significativo con los tratamientos anteriormente mencionados. Además, se puede determinar que en el tratamiento con 30 g de pectina de cáscara de plátano con un tiempo de contacto de 24 horas presenta un resultado de 14.57 % de remoción; el cual si representa un cambio altamente significativo con respecto a los tratamientos ya presentados.

Tabla 8. pH de los tratamientos con diferentes tiempos de contacto.

Tiempo (Horas)	pH						
	MB	Tratamientos 1			Tratamientos 2		
		X2Y1	X2Y2	X2Y3	Y3X1	Y3X2	X3Y3
12	3.69	5.43	5.38	5.35	5.43	5.39	5.36
24	3.68	5.4	5.34	5.32	5.41	5.39	5.37
36	3.74	5.43	5.39	5.37	5.43	5.41	5.4

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 8 podemos observar los distintos valores de pH obtenidos de todos los tratamientos y sus 3 tiempos de contacto (12 horas, 24 horas y 36 horas).

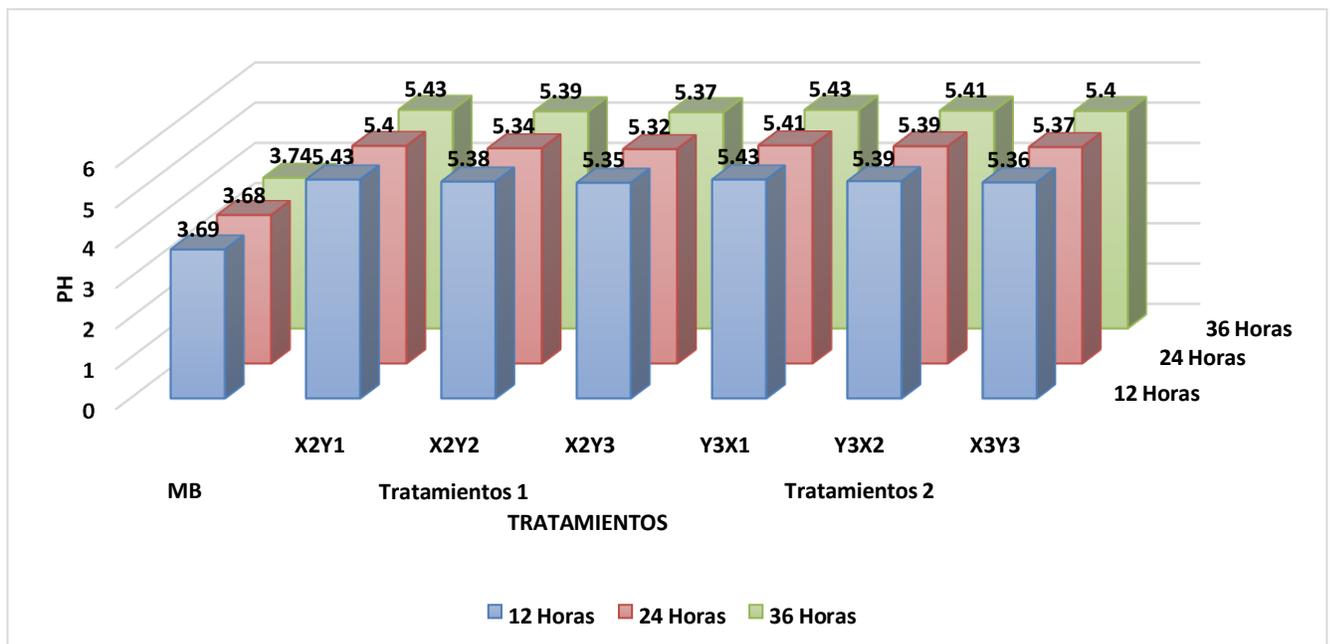


Figura 4. Relación del pH y el tiempo de contacto del adsorbente

Mediante la Figura 4 podemos determinar que la capacidad de remoción de plomo de los tratamientos con Pectina y Mucilago son óptimos porque el pH en todos los tratamientos se encuentra en un valor de 5 pero menor a 6, no se puede hacer tratamientos con pH 6 porque a ese valor el metal comienza a precipitar, por otro lado, todos los tratamientos están teniendo un valor óptimo lo cual quiere decir que se está adsorbiendo el metal.

Tabla 9. Valores de conductividad de los tratamientos con diferentes tiempos de contacto.

Conductividad mS/cm							
Tiempo (Horas)	MB	Tratamientos 1			Tratamientos 2		
		X2Y1	X2Y2	X2Y3	Y3X1	Y3X2	X3Y3
12	1.65	13.39	13.29	13.54	13.39	13.41	13.68
24	1.66	13.49	13.39	13.66	13.53	13.51	13.73
36	1.68	13.67	13.64	13.95	13.75	13.69	13.96

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 9 podemos observar los distintos valores de conductividad (mS/cm) obtenidos de todos los tratamientos durante sus 3 tiempos de contacto (12 horas, 24 horas y 36 horas)

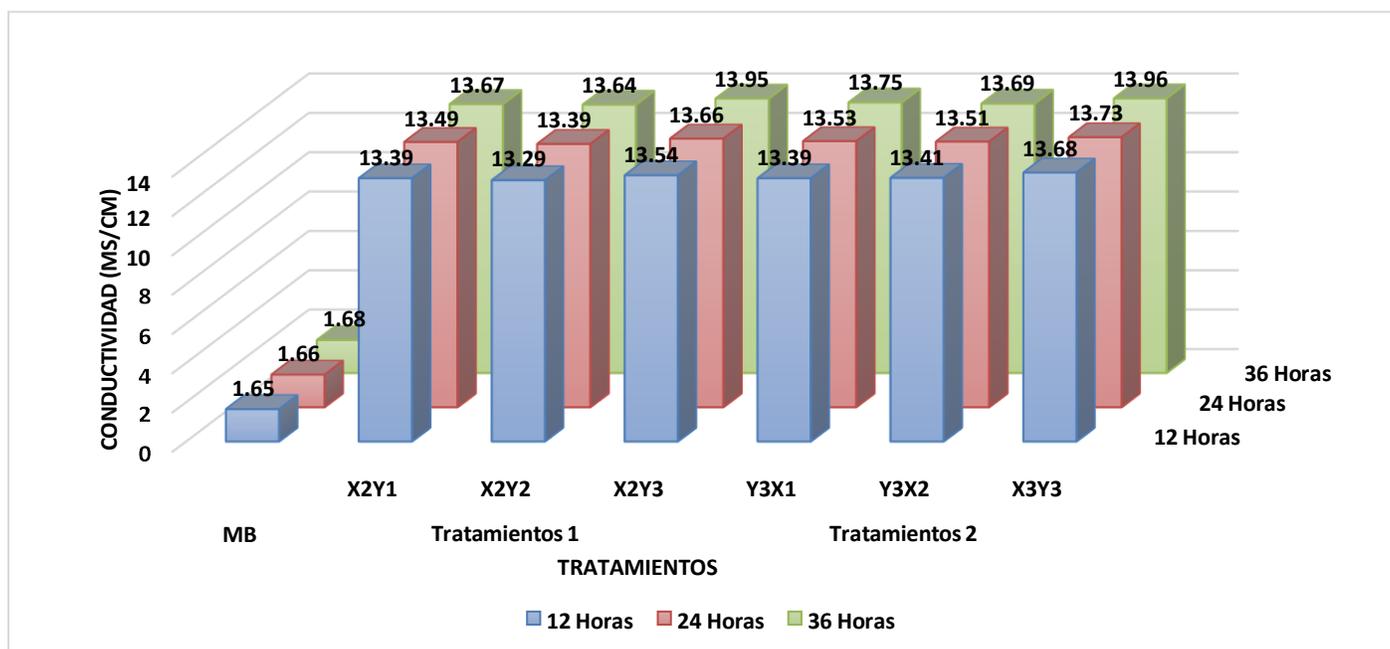


Figura 5. Relación de la conductividad y el tiempo de contacto del adsorbente.

En la figura 5 podemos observar que todos los tratamientos tienen la misma cantidad de conductividad, la muestra en blanco tiene un valor inicial de 1.65 de conductividad, pero una vez agregada la biomasa el valor de la conductividad aumenta desde 1.65 a 13,95 de conductividad debido a que la biomasa a agregado sales al agua.

Tabla 10. Valores de turbidez de los tratamientos con diferentes tiempos de contacto

Tiempo (Horas)	Turbidez (UTN)						
	MB	Tratamientos 1			Tratamientos 2		
		X2Y1	X2Y2	X2Y3	Y3X1	Y3X2	X3Y3
12	1.12	97	83	75	78	80	98
24	1.14	83	75	70	65	71	86
36	1.24	70	68	65	60	63	76

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 10 podemos observar los distintos valores de Turbidez (UTN) obtenidos de todos los tratamientos durante sus 3 tiempos de contacto (12 horas, 24 horas y 36 horas).

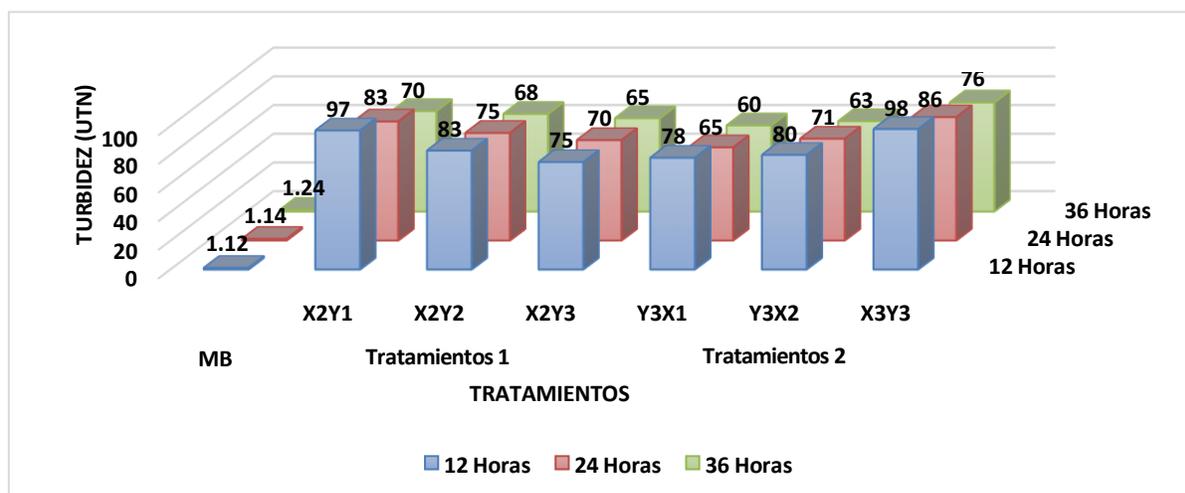


Figura 6. Relación de la turbidez y el tiempo de contacto del adsorbente.

En la figura 6 podemos notar que la turbidez ha ido bajando conforme los tiempos de contacto en los tratamientos con la pectina constante y distintas dosis de mucilago, por otro lado los tratamientos con valores constante de mucilago distintas concentración de pectina es por ello que el valor de con pectina constante de 50 g y mucilago de nopal con 5 g a las 12 horas tiene el valor de 98, así mismo podemos notar que en todos los tratamientos conforme ha ido pasando el tiempo de contacto la turbidez ha ido disminuyendo porque el mucilago tiene la facultad de disminuir la turbidez en el agua.

V. DISCUSIÓN

En la tabla 6 y la figura 2 se observa que la remoción máxima es del 40% aplicando 5 gramos de mucílago y 60 gramos de pectina durante 36 horas, además el pH empleado es de 5.4 durante el tratamiento. Estos resultados muestran una concordancia con la investigación realizada por Vargas et al. (2022). En su estudio, los investigadores lograron una remoción del plomo por debajo del 40% al utilizar un rango de pH entre 6.5 y 8.5. Vargas et al. señalaron una dependencia entre la capacidad de remoción y el pH inicial, lo cual establece una relación con los hallazgos del presente trabajo. Tanto en la investigación actual como en el estudio anterior, no se manipuló el pH, y se obtuvo un porcentaje de eficiencia del 37.87% según lo mostrado en la figura 2, al trabajar con un pH de 5.35 como se indica en la figura 3. En ambos casos, la remoción fue inferior al 40%. Además, la diferencia en los valores de pH se debe al tipo de agua utilizada, ya que en ambos estudios se trataron aguas contaminadas de río. Esto puede sugerir que las investigaciones en entornos de laboratorio tienden a obtener eficiencias de remoción más altas debido al control de los contaminantes y los parámetros iniciales definidos. Sin embargo, en un tratamiento real de campo, existen numerosos factores que influyen en el proceso, incluyendo la presencia de múltiples parámetros que podrían afectar la eficiencia observada en la presente investigación. Por otro lado, los resultados de la presente investigación difieren de Choque et al. (2023). quienes demuestran una eliminación del 78,31 % a un pH 5.5. A pesar de que, en el estudio de Choque et al., el pH apropiado fue en un medio ligeramente ácido, el porcentaje de remoción se vio distanciado, probablemente por el segundo componente de biomaterial empleado. Además, el porcentaje de remoción obtenida en la presente investigación también difiere de Ghahremani (2021), quienes implementaron el uso de mucílago de semilla de membrillo, obteniendo una absorción máxima del 75% del plomo; lo cual se distancia de la capacidad de remoción por mucílago de nopal empleado en esta investigación la cual es menor de 40%; sin embargo, una gran diferencia es la metodología empleada, Ghahremani utilizó una concentración inicial controlada a 50mg/L y no

registraron la presencia de otros contaminantes; mientras que en la presente investigación se empleó un agua contaminada de un río por lo que hubieron factores iniciales que interfieren con el tratamiento, tales como la turbiedad, conductividad, etc., por lo que los primeros autores pudieron obtener su remoción máxima en 62 min, mientras que en la presente investigación fue de 24 horas. Además, el pH empleado por Ghahremani fue de 4; por lo que, se puede observar que los materiales empleados requieren de diferentes condiciones operacionales para optimizar su eficiencia. Otra investigación que difiere de los resultados mostrados en la tabla 6 y figura 2, es la realizada por Choque et al. (2022); estos investigadores implementaron la los biopolímeros de mucílago de nopal, glicerina y fécula de patata; con lo cual lograron remover el 73.22% de plomo, mientras que en esta investigación se removió el 37.87%, la gran diferencia puede darse por los componentes empleados en el biopolímero como también en la forma de elaboración, los investigadores elaboraron su biopolímeros empleando el mucílago de nopal y la fécula de patata a 70°C, luego secado a temperatura ambiente y finalmente añadido la glicerina durante 40°C; con lo cual obtuvieron un biomaterial con mayor capacidad de absorción; esta diferencia también se puede observar en el tiempo de contacto; Choque et al. (2022) lograron su máxima eficiencia después de 100 minutos de tiempo de contacto, mientras que en la presente investigación se logró su máxima eficiencia luego de 24 h; aunque el parámetro que se mantiene congruente con la presente investigación es el pH, en ambos casos fue ligeramente ácido con valor cercano al 5.0. Es decir, que no solo el pH determina la capacidad de absorción, sino también la caracterización del biomaterial.

En la tabla 6 y 8 se muestra una reducción máxima del 40.1% para el plomo para un pH de 5.4, estos resultados difieren de los resultados de Dharsana y Arul (2023), quienes obtuvieron como resultado que el pH ideal para eliminar el plomo es de 6; con lo cual logra una depuración del 82.7%; Dharsana y Arul prepararon la cáscara de plátano sometiendo a 150°C durante 2h, mientras que en la actual investigación se sometió la cáscara de plátano a 105°C durante 12h; además, la concentración empleada del material fue distinta, Dharsana y Arul emplearon dosis de 5, 10, 15, 20 g/L mientras que en actual investigación se utilizaron 40, 50 y 60 g en 500ml (80, 100 y 120 g/L); es decir que, a pesar de tener una mayor concentración del material absorbente, no se logró obtener el rendimiento esperado; lo que es un indicador de que el pH inferior a 6 influye significativamente y de manera negativa en la capacidad de absorción para el plomo.

En la tabla 8 y figura 4 se muestra una variación de pH en el rango de 5.36 a 5.43, es decir, ligeramente ácido. Estos resultados difieren con la investigación de Ibarra et al. (2017), obtuvieron que la remoción ideal es a un pH de 3.4 empleando el nopal para la remoción de metales pesados en el agua; los investigadores manipularon el pH de un rango de 2 a 13, esto lo hicieron agregando HCl a 0.1 M y NaOH 0.1 M; con lo cual determinaron que el pH ideal para reducir las dosis del Pb^{2+} es de 3.4, es decir, que los autores emplearon un medio ácido para lograr la remoción del ion del metal pesado; además, también probaron la eliminación del contaminante a niveles de pH más altos, obteniendo que mientras mayor se al pH (más alcalino) mayor sería la cantidad necesaria del biomaterial para absorber al contaminante. Otra investigación que difiere de los resultados de la tabla 8 y figura 4, donde muestra una variación del pH de 5.32 a 5.43, es la realizada por Johnson et al. (2023) quienes manipularon el pH de un rango de 1 a 7 empleando HNO_3 y NaOH en una muestra elaborada en laboratorio con presencia de plomo, donde se añadió el material absorbente de cáscara de plátano modificada con nitrato de calcio, fosfato ácido de diamonio, ácido sulfúrico y nitrato férrico, los investigadores lograron reducir la concentración al 90.3%, aunque luego de 5 usos continuos la capacidad de

absorción se estabilizó al 66.5%, para lo cual determinaron que el pH ideal se encuentra entre un rango de 6 y 7, es decir, un medio alcalino; la diferencia en la capacidad de absorción del plomo no radica en el material empleado, si no a la caracterización de esta; ya que Johnson et al. (2023) sometieron la cáscara de plátano a temperatura 1200 °C durante 24 horas, además de añadir nitrato de calcio, fosfato ácido de di amonio, ácido sulfúrico y nitrato férrico para la activación, mientras que en la presente investigación la cáscara de plátano se sometió a 105°C por 12h.

En la tabla 9 y la figura 5 muestran una conductividad relativamente estable de 13.39 a 13.95 mS/cm, a excepción del blanco que era de 1.66 mS/cm; estos resultados difieren de los obtenidos por de Nair et al. (2023). Quienes obtuvieron una conductividad eléctrica de 1.03 mS/cm una vez añadido el biomaterial a base de cáscara de plátano; sin embargo, no se registró variaciones significativas en la conductividad eléctrica luego de la adición del material. Por lo que se puede inferir que el cambio principal de la conductividad eléctrica está dado por la adición del biomaterial. Además se debe tener en cuenta que la caracterización del biomaterial empleado; ya que en la presente investigación el material fue una mezcla de cáscara de plátano y pectina de nopal, mientras que Nair et al., emplearon únicamente cáscara de plátano pero en forma de carbón activado; por lo que la estabilidad de sus componentes es mayor al biomaterial empleado en la presente investigación; además, se debe tener en cuenta que la conductividad eléctrica está mayormente relacionada con la presencia de Na⁺ y K⁺ entre otros iones y minerales.

En la tabla 10 y figura 6 se muestra la reducción de la turbiedad de 98 a 76 UTN para la aplicación de 12 a 36 horas para el tratamiento de 5 gramos de mucílago y 60 gramos de pectina, es decir una reducción del 22.4%. Estos resultados difieren con la investigación de Lugo et al (2020), quienes lograron una reducción de la turbidez en muestras de agua del río Magdalena en Colombia utilizando nopal, los investigadores redujeron de 316 a 190 NTU es decir el 60.4% del parámetro. Mientras que, en esta investigación, al inicio del proceso experimental se contaba con un agua relativamente baja de turbidez con un valor de 1.12 NTU,

en cuanto se añadió la pectina y el mucilago de nopal la turbidez se tornó a un color oscuro, luego se midió la turbidez obteniendo un valor de 97, 83, 70 NTU para las muestras con 30 50 y 60 gramos de cáscara de plátano respectivamente; por lo que se puede inferir que el aumento inicial de la turbidez se debe a la adición de la biomasa de la pectina de plátano; ya que, la ligera disminución de la turbidez fue progresiva conforme se aumentaba la concentración del mucílago de nopal (1, 2 y 5 g), por lo que, si se desea disminuir la turbidez en un agua contaminada lo ideal es aumentar la concentración de mucilago de nopal.

VI. CONCLUSIONES

1. Existe un efecto de la dosis de mucilago a valores constantes de pectina de cáscara de plátano en la remoción de plomo en las aguas de la cuenca del rio Moche siendo las dosis de 2 y 5 gramos las que generan una mayor remoción alcanzando niveles de 37.67 % y 37.87% respectivamente.
2. Existe un efecto de la dosis de pectina a valores constantes de mucilago en la remoción de plomo en las aguas de la cuenca del rio Moche siendo las dosis de 50 y 60 gramos las que generan una mayor remoción alcanzando niveles de 37.83 % y 40.1% respectivamente.
3. Mediante la culminación de los tratamientos en donde se pudo manipular la dosis de mucilago con concentración de pectina constante, se pudo determinar que el tiempo de contacto más adecuado para la remoción de plomo el cual fue 37.87% se dio a las 24 horas. Mediante la culminación de los tratamientos en donde se pudo manipular la dosis de pectina con concentración de mucilago constante, se pudo determinar que el tiempo de contacto más adecuado para la remoción de plomo el cual fue 37.83% se dio a las 24 horas. Llegando a la conclusión que para todos los tratamientos el tiempo de contacto más adecuado es a las 24 horas.

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar todos los tratamientos con un mismo tiempo inicial.
- Evaluar todos los contaminantes presentes en el agua, que podrían interferir en la remoción de plomo.
- Realizar tratamientos con mayor amplitud de tiempo de contacto para obtener más datos de la remoción de plomo y ver cómo influye el tiempo hasta encontrar su nivel de saturación.
- Realizar tratamientos con mayor concentración de plomo inicial (ppm) para determinar el rango máximo de remoción de plomo con Pectina y mucilago.

REFERENCIAS

Pabón., [et al]. Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión. Entre ciencia e ingeniería. Online. 2020. Vol. 14, no. 27, pp. 9–18. DOI 10.31908/19098367.1734. Disponible en: <https://doi.org/10.31908/19098367.1734>

Rahdarian., [et al]. Heavy metal phytoremediation potential of *Vigna radiata* (L.) Wilczek for use in contaminated regions of West Karun River, Iran. Journal of agriculture and food research. Online. 2022. Vol. 10, no. 100373, pp. 100373. DOI 10.1016/j.jafr.2022.100373. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100373>

Xie, Q.,&Ren, B.I. Pollution and risk assessment of heavy metals in rivers in the antimony capital of Xikuangshan. Scientific reports. Online. 2022. Vol. 12, no. 1, pp. 14393. DOI 10.1038/s41598-022-18584-z. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41598-022-18584-z.pdf>

Yuan., [et al]. Shifts in the bacterial community caused by combined pollutant loads in the North Canal River, China. Journal of environmental sciences (China). Online. 2023. Vol. 127, pp. 541–551. DOI 10.1016/j.jes.2022.05.026. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jes.2022.05.026>

Correa., [et al]. contaminación por metales pesados de la microcuenca agropecuaria del río Huancaray– Perú. revista de la sociedad química del Perú. online. 2021. vol. 87, no. 1, pp. 26–38. doi 10.37761/rsqp.v87i1.320. Disponible en: <https://doi.org/10.37761/rsqp.v87i1.320>

Reporte de peligro inminente n° 179 - 14/9/2021 / coen - indeci / 10:30 horas (reporte n° 13) por contaminación hídrica del río moche en las provincias del departamento de la libertad Indeci tarea de todos, no date. Indeci tarea de todos. online. [accessed 18 may 2023] Disponible en:

<https://portal.indeci.gob.pe/emergencias/reportes-de-peligro-inminente-n-14417-12-2020-coen-indeci-2000-horas-reportes-n-1-por-contaminacion-hidricadel-rio-moche-en-las-provincias-del-departamento-de-la-libertad>

Mitra., [et al]. Impact of heavy metals on the environment and human health: Novel therapeutic insights to counter the toxicity. *Journal of King Saud University. Science.* en línea. 2022. Vol. 34, no. 3, pp. 101865. DOI 10.1016/j.jksus.2022.101865. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.101865>

Cui., [et al]. Assessment of heavy metal contamination levels and health risks in environmental media in the northeast region. *Sustainable cities and society.* en línea. 2022. Vol. 80, no. 103796, pp. 103796. DOI 10.1016/j.scs.2022.103796. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103796>

Li., [et al]. Convolutional neural networks-based health risk modelling of some heavy metals in a soil-rice system. *The Science of the total environment.* en línea. 2022. Vol. 838, no. Pt 4, pp. 156466. DOI 10.1016/j.scitotenv.2022.156466. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156466>

Zaynab., [et al]. Health and environmental effects of heavy metals. *Journal of King Saud University. Science.* en línea. 2022. Vol. 34, no. 1, pp. 101653. DOI 10.1016/j.jksus.2021.101653. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101653>

Jalil., [et al]. Assessing the ecological and health implications of soil heavy metals in vegetable irrigated with wastewater in calcareous environments. *Agricultural water management* [en línea], 2022, vol. 272, no. 107848, ISSN 0378-3774. DOI 10.1016/j.agwat.2022.107848. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037837742200395X>.

Petkowicz, v., & williams, p.a. pectins from food waste: extraction, characterization and properties of watermelon rind pectin. *food hydrocolloids* [en línea], 2017, vol. 65, issn 0268-005x. doi 10.1016/j.foodhyd.2016.10.040. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X16306877>

Garna., [et al]. effect of extraction conditions on the yield and purity of apple pomace pectin precipitated but not washed by alcohol. *journal of food science* [en línea], 2007, vol. 72, no. 1, issn 0022-1147. doi 10.1111/j.1750-3841.2006.00227.x. disponible en: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00227.x>.

Jalil., [et al]. assessing the ecological and health implications of soil heavy metals in vegetable irrigated with wastewater in calcareous environments. *agricultural water management* [en línea], 2022, vol. 272, no. 107848, issn 0378-3774. Doi 10.1016/j.agwat.2022.107848. disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037837742200395x>.

Nur., [et al]. evaluation of process parameters on treated banana peel bioadsorbent for heavy metals removal. *journal of physics. conference series*. en línea. 2022, vol,2266, no. 1, pp. 012005. doi 10.1088/1742-6596/2266/1/012005. Disponible en: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2266/1/012005>

Hussain., [et al]. heavy metal biosorption by polyphenol-free banana peel powder. *journal of animal and plant sciences*. en línea. 2021. vol. 32, no. 2. doi 10.36899/japs.2022.2.0448. Disponible en: <https://doi.org/10.36899/japs.2022.2.0448>

Hanafiah., [et al]. removal of ni (ii) & cr (vi) ions using banana peels in the aqueous solution. *international conference on bioengineering and technology (iconbet2021)*. s.l.: aip publishing, en línea. 2021. vol. 36, no. 3. Disponible en: <https://doi.org/10.1063/5.0078582>

FU., [et al]. Characterization, efficiency and mechanism in removing heavy metals by a mixed biochar derived from sludge and banana peel. *desalination and water treatment* [en línea], vol, 249, 2022, doi 10.5004/dwt.2022.28134. Disponible en: https://www.deswater.com/DWT_abstracts/vol_249/249_2022_232.pdf.

Ibarra., [et al]. Capacity of 'nopal' pectin as a dual coagulant-flocculant agent for heavy metals removal. *Chemical engineering journal (Lausanne, Switzerland: 1996)*. en línea. 2017. Vol. 323, pp. 19–28. DOI 10.1016/j.cej.2017.04.087. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2017.04.087>

Lugo, [et al]. Effectiveness of the mixture of nopal and cassava starch as clarifying substances in water purification: A case study in Colombia. *Heliyon*. en línea. 2020. Vol. 6, no. 6, pp. e04296. DOI 10.1016/j.heliyon. 2020.e04296 Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04296>

Bustamante., [et al]. Evaluation of physical, chemical, microstructural and micromechanical properties of nopal spines (*Opuntia ficus-indica*). *Industrial crops and products* [en línea], vol.123,2018, ISSN 0926-6690. DOI 10.1016/j.indcrop.2018.07.030. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669018307030>

Vargas., [et al]. removal of heavy metals present in water from the yautepec river morelos méxico, using opuntia ficus-indica mucilage. *environmental advances* [en línea], vol. 7, 2022, no. 100160, issn 2666-7657. doi 10.1016/j.envadv.2021.100160. disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666765721001319>

Nur., [et al]. evaluation of process parameters on treated banana peel bioadsorbent for heavy metals removal. *journal of physics. conference series* [en línea], vol. 2266, 2022, no. 1, ISSN 1742-6588. DOI 10.1088/1742-6596/2266/1/012005. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/2266/1/012005>.

Ibarra., [et al]. Capacity of 'nopal' pectin as a dual coagulant-flocculant agent for heavy metals removal. *Chemical engineering journal (Lausanne, Switzerland: 1996)*. en línea. 2017. Vol. 323, pp. 19–28. DOI 10.1016/j.cej.2017.04.087. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2017.04.087>

Johnson., [et al]. Eliminación simultánea de As (V) y Pb (II) utilizando biocarbón deshidratado modificado de alta eficiencia elaborado a partir de cáscara de plátano mediante síntesis hidrotermal. *Coloides y superficies A: aspectos fisicoquímicos y de ingeniería*, 2023, vol. 663, pág. 131115. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0927775723001991>

Dharsana., [et al]. Un nuevo enfoque ecológico para la remoción de plomo y la evaluación de isotermas. *Nature Environment & Pollution Technology* , 2023, vol. 22, nº 1. Disponible en:

[https://neptjournal.com/upload-images/\(6\)B-3951.pdf](https://neptjournal.com/upload-images/(6)B-3951.pdf)

Lugo, [et al]. Effectiveness of the mixture of nopal and cassava starch as clarifying substances in water purification: A case study in Colombia. *Heliyon*. en línea. 2020. Vol. 6, no. 6, pp. e04296. DOI 10.1016/j.heliyon. 2020.e04296 Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04296>

Nair., [et al]. Síntesis de biocarbón a partir de biomasa residual rica en minerales y cenizas, Parte 1: Investigación del mecanismo de descomposición térmica durante la pirólisis lenta. *Materiales*, 2022, vol. 15, nº 12, pág. 4130. Disponible en:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35744189/>

Choque., [et al]. Remoción de multimetales en medio acuoso usando un copolímero de almidón de papa/mucílago de nopal: Un estudio de cinéticas e isotermas de remoción. *Resultados en Ingeniería*, 2023, p. 101164. Disponible en:

<https://revistas.udea.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/343147>

GHAHREMANI Optimización de la eliminación de Pb (II) mediante un novedoso aerogel de sílice modificado utilizando mucílago de semilla de membrillo con metodología de superficie de respuesta. *Revista de ingeniería química ambiental* , 2021, vol. 9, nº 6, pág. 106648. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213343721016250>

Choque., [et al]. Eliminación de metales pesados mediante formulaciones a base de biopolímeros con almidón de papa nativo/mucílago de nopal. Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia, 2022, no 103, p. 44-50. Disponible en:

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8178787>

Vargas., [et al]. Remoción de metales pesados presentes en aguas del río Yautepec Morelos México, utilizando mucílago de *Opuntia ficus-indica*. Avances ambientales, 2022, vol. 7, pág. 100160. . Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666765721001319>

Vecino., [et al]. Evaluation of a cactus mucilage biocomposite to remove total arsenic from water. Environmental Technology & Innovation, Online.

2016, Vol.6, pp 69–79. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.eti.2016.07.001>

Ali., [et al]. Removal of chromium (VI) from aqueous medium using chemically modified banana peels as efficient low-cost adsorbent. Alexandria Engineering Journal. Online. 2020. Vol. 55, no,3, pp.2933–2942. Disponible en :

<https://doi.org/10.1016/j.aej.2016.05.011>

ANEXOS

Tabla 11.Tabla de operacionalización de variables de investigación

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	
VARIABLE INDEPENDIENTE	Pectina de cáscara de plátano (<i>Musa paradisiaca</i>)	Las propiedades fisicoquímicas de la pectina relacionadas con el rendimiento de extracción, grado de esterificación (DE), solubilidad, gelificación, pH y peso molecular, dependen de diferentes variables experimentales como el método de extracción, por las etapas de secado, temperatura, pH del medio, tiempo de reacción, tipo de molido y tamizado para ácido, y fuente y método de preparación del material vegetal (Garna et al., 2007)	La cáscara de plátano y mucilago de nopal pasarán por las etapas de secado, por las etapas de secado, temperatura, pH del medio, tiempo de reacción, tipo de molido y tamizado para obtener el depolvo que será utilizado como Adsorbente natural.	Capacidad de remoción de plomo por pectina de cáscara de plátano (<i>Musaparadisiaca</i>).	Cantidad de pectina Tiempo de agitación Tiempo de contacto	g Minutos Horas
	Mucilago de nopal (<i>Opuntia ficus-indica</i>)	Puesto que el mucílago está compuesto de un porcentaje considerable de polisacáridos, otras de sus propiedades incluyen una alta capacidad complejante responsable de la retención de los iones metálicos, una gran capacidad biodegradable y una mínima toxicidad en polímeros naturales (Bautista et al. 2022)		Capacidad de remoción de plomo por mucilago de nopal (<i>Opuntia ficus-indica</i>)	Cantidad de mucilago Tiempo de agitación Tiempo de contacto	g Minutos Horas
VARIABLE DEPENDIENTE	Remoción de plomo presentes en el agua contaminada	Según Reyes et al. (2016), considera un serio problema la presencia de metales pesados en agua de los ríos debido a su toxicidad, procedentes de las diversas actividades antropogénicas que son nocivos para los sistemas ecológicos y el ambiente. La remoción es el término utilizado químicamente para la acumulación o depósito de material del adsorbato sobre la superficie, a diferencia de la impregnación, que es el procedimiento volumétrico. Se necesita eliminar la pectina responsable de la adsorción de metales pesados donde se realizará todo el experimento (Gonzales et al.,2016)	El nivel de remoción será determinado por el método de plasma acoplado inductivamente - Espectrometría de masas, para ver el metal de plomo.	Porcentaje de remoción de plomo	$%PR = \frac{Ci - Cf}{Ci} \times 100$ Ci= Concentración inicial Cf= Concentración final %PR= Porcentaje de remoción	%
				Factores de operación	-pH -Conductividad -Turbidez	mS/cm UTN

Tabla 12. Instrumento de recolección de datos

DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACION								
Utilización de pectina y mucilago de nopal para tratamiento de aguas contaminadas con Pb del río Moche, 2023								
Línea de Investigación								
Calidad y Gestión de los Recursos Naturales								
DATOS GENERALES:								
Facultad de Ingeniería			Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental			Universidad Cesar Vallejo		
Departamento			Provincia			Distrito		
La Libertad			Trujillo			Víctor Larco		
DATOS DE LA PRUEBA								
Fecha de prueba								
Cantidad de Plomo inicial								
pH del Agua	3 horas (T1)		3 horas (T2)		3 horas (T3)			
Conductividad del Agua	3 horas (T1)		3 horas (T2)		3 horas (T3)			
Turbidez del Agua	12 horas (T1)		24 horas (T2)		36 horas (T3)			
Tiempo de contacto	12 horas (T1)							
Grupo de Prueba	T1/(TESTIGO)		T1/L1		T1/L2		T1/L3	
	T1	L0	T1	L1	T1	L2	T1	L3
Concentración usada: Xi	Tiempo en contacto con pectina de cáscara de plátano + 0 gr de mucilago de nopal	0 gr de pectina de cáscara de plátano + 0 gr de mucilago de nopal	Tiempo en contacto con pectina de cáscara de plátano + 1 gr de mucilago de nopal	50 gr de pectina de cáscara de plátano + 1 gr de mucilago de nopal	Tiempo en contacto con pectina de cáscara de plátano	50 gr de pectina de cáscara de plátano + 2 gr de mucilago de nopal	Tiempo en contacto con pectina de cáscara de plátano	50 gr de pectina de cáscara de plátano + 5 gr de mucilago de nopal
Concentración de Plomo								
Porcentaje de Absorción								

Tiempo de contacto	24 horas (T2)							
Grupo de Prueba	T2/(TESTIGO)		T2/L1		T2/L2		T2/L3	
	T2	L0	T2	L1	T2	L2	T2	L3
Concentración usada: Xi	Tiempo en contacto con pectina de cáscara de plátano	0 gr de pectina de cáscara de plátano +0 gr de mucilago de nopal	Tiempo en contacto con pectina de cáscara de plátano	50 gr de pectina de cáscara de plátano +1 gr de mucilago de nopal	Tiempo en contacto con pectina de cáscara de plátano	50 gr de pectina de cáscara de plátano + 2 gr demucilago de nopal	Tiempo en contacto con pectina de cáscara de plátano	50 gr de pectina de cáscara de plátano + 5 gr de mucilago de nopal
Concentración de Plomo								
Porcentaje de Absorción								
Tiempo de contacto	36horas (T3)							
Grupo de Prueba	T3/(TESTIGO)		T3/L1		T3/L2		T3/L3	
	T3	L0	T3	L1	T3	L2	T3	L3
Concentración usada: Xi	Tiempo en contacto con pectina de cáscara de plátano	0 gr de pectina de cáscara de plátano + 0 gr de mucilago de nopal	Tiempo en contacto con pectina de cáscara de plátano	50 gr de pectina de cáscara de plátano +1 gr de mucilago de nopal	Tiempo en contacto con pectina de cáscara de plátano	50 gr de pectina de cáscara de plátano + 2 gr demucilago de nopal	Tiempo en contacto con pectina de cáscara de plátano	50 gr de pectina de cáscara de plátano + 5 gr de mucilago de nopal
Concentración de Plomo								
Porcentaje de Absorción								
Responsable de la prueba			FIRMA				FIRMA	

Verificado por:	Verificado por:	Verificado por:
 ----- DAFNE ARIADNA LEOCA CABALLERO Ingeniera Ambiental CIP N° 268559	 ----- IVAN AFRNALDO JOSEPH VALDERRAMA URBINA Ingeniero Ambiental CIP N° 262033	 ----- NESTOR ALEJANDRO ARROYO VELASQUEZ Ingeniero de Minas CIP N° 257660

DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACION								
Utilización de pectina y mucilago de nopal para tratamiento de aguas contaminadas con Pb del río Moche, 2023								
Línea de Investigación								
Calidad y Gestión de los Recursos Naturales								
DATOS GENERALES:								
Facultad de Ingeniería			Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental			Universidad Cesar Vallejo		
Departamento			Provincia			Distrito		
La Libertad			Trujillo			Víctor Larco		
DATOS DE LA PRUEBA								
Fecha de prueba								
Cantidad de Plomo inicial								
pH del Agua	3 horas (T1)		3 horas (T2)		3 horas (T3)			
Conductividad del Agua	3 horas (T1)		3 horas (T2)		3 horas (T3)			
Turbidez del Agua	12 horas (T1)		24 horas (T2)		36 horas (T3)			
Tiempo de contacto	12 horas (T1)							
Grupo de Prueba	T1/(TESTIGO)		T1/L1		T1/L2		T1/L3	
	T1	L0	T1	L1	T1	L2	T1	L3
Concentración usada: Xi	Tiempo en contacto con pectina de cáscara de plátano + 0 gr de mucilago de nopal	0 gr de pectina de cáscara de plátano + 0 gr de mucilago de nopal	Tiempo en contacto con pectina de cáscara de plátano + 5 gr de mucilago de nopal	30 gr de pectina de cáscara de plátano + 5 gr de mucilago de nopal	Tiempo en contacto con pectina de cáscara de plátano	50 gr de pectina de cáscara de plátano + 5 gr de mucilago de nopal	Tiempo en contacto con pectina de cáscara de plátano	60 gr de pectina de cáscara de plátano + 5 gr de mucilago de nopal
Concentración de Plomo								
Porcentaje de Absorción								

Tiempo de contacto	24 horas (T2)							
Grupo de Prueba	T2/-(TESTIGO)		T2/L1		T2/L2		T2/L3	
	T2	L0	T2	L1	T2	L2	T2	L3
Concentración usada: Xi	Tiempo en contacto con pectina de cáscara de plátano	0 gr de pectina de cáscara de plátano + 0 gr de mucilago de nopal	Tiempo en contacto con pectina de cáscara de plátano	30 gr de pectina de cáscara de plátano + 5 gr de mucilago de nopal	Tiempo en contacto con pectina de cáscara de plátano	50 gr de pectina de cáscara de plátano + 5 gr demucilago de nopal	Tiempo en contacto con pectina de cáscara de plátano	60 gr de pectina de cáscara de plátano + 5 gr de mucilago de nopal
Concentración de Plomo								
Porcentaje de Absorción								
Tiempo de contacto	36 horas (T3)							
Grupo de Prueba	T3/-(TESTIGO)		T3/L1		T3/L2		T3/L3	
	T3	L0	T3	L1	T3	L2	T3	L3
Concentración usada: Xi	Tiempo en contacto con pectina de cáscara de plátano	0 gr de pectina de cáscara de plátano + 0 gr de mucilago de nopal	Tiempo en contacto con pectina de cáscara de plátano	30 gr de pectina de cáscara de plátano + 5 gr de mucilago de nopal	Tiempo en contacto con pectina de cáscara de plátano	50 gr de pectina de cáscara de plátano + 5 gr demucilago de nopal	Tiempo en contacto con pectina de cáscara de plátano	60 gr de pectina de cáscara de plátano + 5 gr de mucilago de nopal
Concentración de Plomo								
Porcentaje de Absorción								

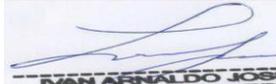
Responsabl esde la prueba		FIRMA		FIRMA
Verificado por:	Verificado por:	Verificado por:		
 ----- DAFNE ARIADNA LECCA CABALLERO Ingeniera Ambiental CIP N° 288589	 ----- IVAN ARNALDO JOSEPH VALDERRAMA URBINA Ingeniero Ambiental CIP N° 262033	 ----- NESTOR ALEJANDRO ARROYO VELASQUEZ Ingeniero de Minas CIP N° 257660		



Figura 7. Toma de muestra en la localidad de Quiruvilca



Figura 8. Toma de muestra para inicio del experimento



Figura 9. Almacenamiento de la muestra



Figura 10. 22L de la muestra de la localidad de Quiruvilca



Figura 11. Cáscara de plátano fresca



Figura 12. Cáscara de plátano en estufa a 105° C



Figura 13. Cáscara de plátano después de 12h a 105°C



Figura 14. Cáscara de plátano ya licuado.



Figura 15. Tamizado de la pectina de cáscara de

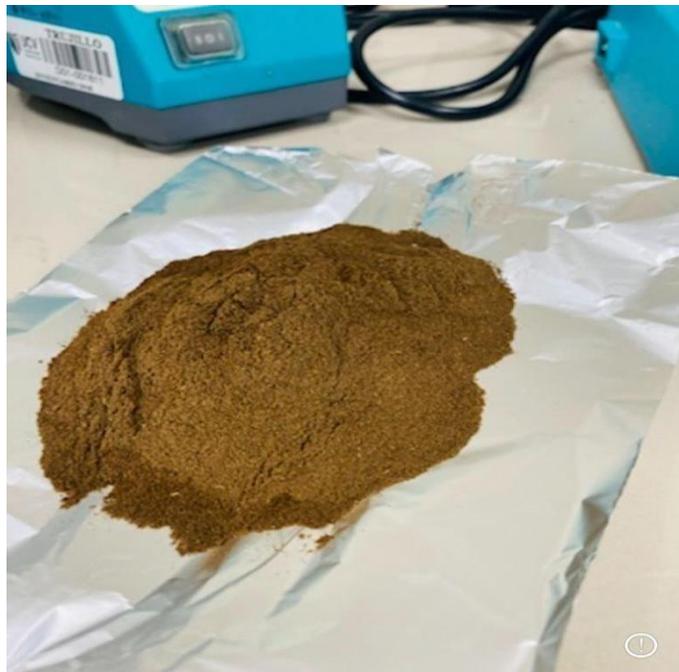


Figura 16. Obtención de la pectina de cáscara de plátano



Figura 17. Paleta de Nopal a 3 cm



Figura 18. Licuado de paleta de Nopal con 100ml de agua destilada



Figura 19. Mucilago de nopal después de 24h a 8°



Figura 20. Mucilago de Nopal con 600 ml de etanol



Figura 21. Mucilago con etanol pasada las 24h a 8° C



Figura 22. Mucilago ya filtrado del etanol.



Figura 23. Mucilago en estufa por 48h a 50°C



Figura 24. Mucilago pasado las 48h a 50°C



Figura 25. Pectina y mucilago en la muestra de agua.



Figura 26. Pectina y mucilago con pastillas agitadoras en la agitadora por 30 min

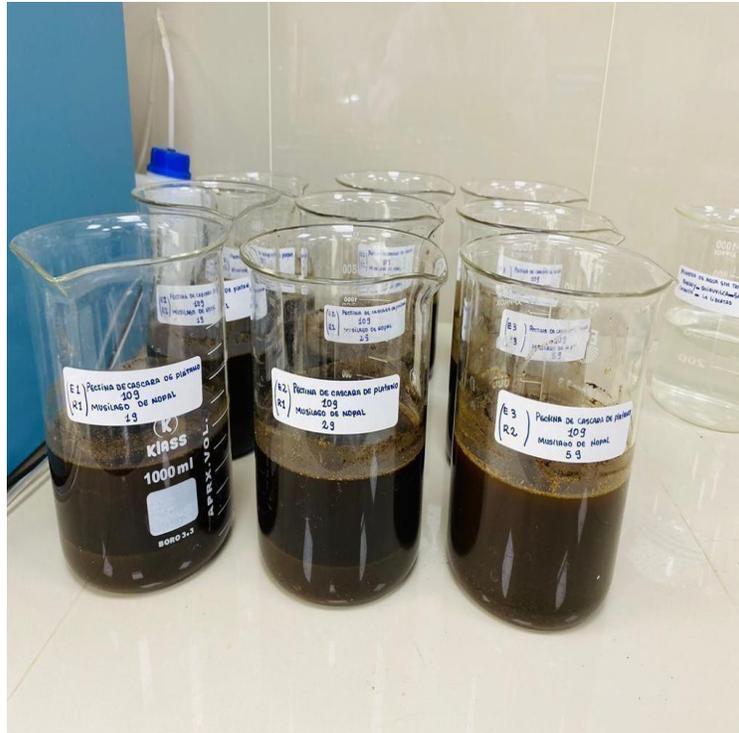


Figura 27. Tratamientos para la toma de pH, conductividad y turbidez



Figura 28. Almacenamiento de la muestra para análisis de remoción de plomo

Figura 29. Análisis inicia y final de plomo en los tratamientos



INFORME DE ENSAYO N°473-2023-RIVELAB/FQ

Emitido en Trujillo, el 08 de junio de 2023

Orden de Servicio	240523AS
Nombre de Solicitante	ERICK DAVID ARROYO VELASQUEZ
DNI	70182163
Servicio Solicitado	Determinación de plomo y pH
Producto Declarado	AGUA SUPERFICIAL
Cantidad de Muestra	20 frasco x 100 ml
Tipo de envase	20 envases de plástico con tapa rosca
Condiciones de muestra recibida	Temperatura: 6.7 °C.
Procedencia de muestra (*)	Shoney- Quinuvica – Sánchez Carrón – La Libertad
Fecha de inicio de Ensayos	24-05-2023
Fecha de término de Ensayos	07-06-2023

(*) Toma de muestra realizada por el cliente

ENSAYOS FISICO QUIMICOS

CODIGO DE MUESTRA	DETERMINACIONES	
	pH	Pb (ppm) L.C.M. 0.0010
MB 12 h	3.01	0.4622
MB 24 h	2.84	0.4723
Y3X1-12 h	4.88	0.4088
Y3X1-12 h	4.8	0.4011
Y3X1-12 h	4.74	0.4008
Y3X1-24 h	4.75	0.4083
Y3X1-24 h	4.77	0.4009
Y3X1-24 h	4.74	0.4012
Y3X2-12 h	4.72	0.3314
Y3X2-12 h	4.64	0.2942
Y3X2-12 h	4.73	0.2939
Y3X2-24 h	4.72	0.2940
Y3X2-24 h	4.73	0.2939
Y3X2-24 h	4.71	0.2930
Y3X3-12 h	4.79	0.3312
Y3X3-12 h	4.7	0.2845
Y3X3-12 h	4.7	0.2847
Y3X3-24 h	4.76	0.2841
Y3X3-24 h	4.68	0.2831
Y3X3-24 h	4.69	0.2825



Este documento y la información contenida en él es confidencial y propiedad de LABORATORIO RIVELAB S.A.C. - RIVELAB S.A.C. No debe ser distribuido sin autorización, queda prohibida su modificación, reproducción parcial o total.



INFORME DE ENSAYO N°473-2023-RIVELAB/FQ

Emitido en Trujillo, el 08 de junio de 2023

Y3X1-36 h	4.88	0.4010
Y3X1-36 h	4.8	0.4001
Y3X1-36 h	4.74	0.3985
Y3X2-36 h	4.76	0.2945
Y3X2-36 h	4.68	0.2935
Y3X2-36 h	4.69	0.2931
Y3X3-36 h	4.75	0.2840
Y3X3-36 h	4.77	0.2835
Y3X3-36 h	4.74	0.2814

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
Ploroso	SP446002023 - Método 3.4 Determinación de la concentración de hidrógeno en el agua de síntesis de metanol por destilación Método Spectrométrico
pH	STP214 (2019) CALIDAD DEL AGUA. Determinación de pH por el método electrométrico



Dr. JOSE RIVERO CORCUERA
Ingeniero Químico
R. CIP. 130519

INFORME DE ENSAYO N°421-2023-RIVELAB/FQ

Emitido en Trujillo, el 16 de mayo de 2023

Orden de Servicio	110523AS
Nombre de Solicitante	ERICK DAVID ARROYO VELASQUEZ
DNI	70182163
Servicio Solicitado	Determinación de plomo y pH
Producto Declarado	AGUA SUPERFICIAL
Cantidad de Muestra	20 frasco x 100 ml
Tipo de envase	20 envases de plástico con tapa rosca
Condiciones de muestra recibida	Temperatura: 6.7 °C.
Procedencia de muestra (*)	Shoray - Quiruvilca - Sánchez Carrión - La Libertad
Fecha de inicio de Ensayos	11-05-2023
Fecha de término de Ensayos	16-05-2023

(*) Tipo de muestra realizada por el cliente.

ENSAYOS FISICO QUIMICOS

CODIGO DE MUESTRA	DETERMINACIONES	
	pH	Pb (ppm) L.C.M. 0.0010
MB 12 h	3.01	0.4622
MB 24 h	2.84	0.4723
X2Y1-12 h	4.88	0.3854
X2Y1-12 h	4.8	0.3850
X2Y1-12 h	4.74	0.3847
X2Y1-24 h	4.75	0.3522
X2Y1-24 h	4.77	0.3525
X2Y1-24 h	4.74	0.3521
X2Y2-12 h	4.72	0.3518
X2Y2-12 h	4.64	0.3520
X2Y2-12 h	4.73	0.3516
X2Y2-24 h	4.72	0.2950
X2Y2-24 h	4.73	0.2941
X2Y2-24 h	4.71	0.2940
X2Y3-12 h	4.79	0.3312
X2Y3-12 h	4.7	0.3323
X2Y3-12 h	4.7	0.3300
X2Y3-24 h	4.76	0.2940
X2Y3-24 h	4.68	0.2933
X2Y3-24 h	4.69	0.2930



RIVELAB

INFORME DE ENSAYO N°421-2023-RIVELAB/FQ

Emitido en Trujillo, el 16 de mayo de 2023

X2Y2-36 h	4.88	0.3522
X2Y2-36 h	4.8	0.3526
X2Y2-36 h	4.74	0.3525
X2Y2-36 h	4.76	0.2957
X2Y2-36 h	4.68	0.2943
X2Y2-36 h	4.69	0.2941
X2Y3-36 h	4.75	0.2941
X2Y3-36 h	4.77	0.2935
X2Y3-36 h	4.74	0.2932

ENSAYO	NORMA O REFERENCIA
Fluoro	APHA 8152 (2012), Revision 1.4 Determinación de Fluoruros en agua a través de la actividad catalítica. Cloruro Plúmbico - Método Espectrofotométrico
pH	HTP214.026.2010 CALIDAD DEL AGUA. Determinación de pH en agua. Método potenciométrico.



Dr. JOSE RIVERO CORCUERA
Ingeniero Químico
R. CIP. 130519