ESCUELA DE EDUCACIÓN SUPERIOR TECNOLÓGICA PRIVADA

“TOULOUSE LAUTREC”

REDUCIR LA CONTAMINACIÓN QUÍMICA PRODUCIDA POR LAS MINERAS EN EL AGUA A LA ALTURA DEL DISTRITO DE CHACLACAYO

Trabajo de Investigación para obtener el grado de Bachiller en Dirección y Diseño Gráfico

AUTOR:

ROBERTO AMANCIO CALDAS MEDINA

(https://orcid.org/0009-0000-6046-9423)

ASESOR:

ALEXANDER HENRY RODRÍGUEZ PÉREZ

(https://orcid.org/0000-0001-8020-4238)

Lima-Perú

2024

CALDAS MEDINA ROBERTO AMANCIO - 2017128839.docx

Desarrollo Educativo S.A. Instituto Toulouse Lautrec

Document Details

Submission ID
trn:oid:::11391:408921723

Submission Date
Nov 24, 2024, 12:02 PM GMT-5

Download Date
Nov 24, 2024, 12:03 PM GMT-5

File Name
CALDAS MEDINA ROBERTO AMANCIO - 2017128839.docx

File Size
4.1 MB

36 Pages

8,554 Words

48,465 Characters

15% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- Bibliography
- Quoted Text

Top Sources

13% Internet sources
3% Publications
8% Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

Resumen del Trabajo de Investigación

El trabajo de investigación que se presenta tiene como principal objetivo, demostrar, a partir de un modelo de negocios, la eficiencia de utilizar Zeolita como un agente clave para la remediación del agua. A partir de un contexto en el que la minería ilegal contamina con metales pesados como el plomo, el cobre y el arsénico los cuerpos de agua. La zona de estudio se centra en río Rímac, a la altura del distrito de Chaclacayo en el año 2024. La metodología empleada en el avance de este proyecto fue la experimentación, con un nivel descriptivo destinado a explicar el proceso de remediación aplicado en muestras recogidas del Río Rímac. Por consiguiente, se tomó como principales variables: la gestión ambiental, el desarrollo social, económico y la sostenibilidad del proceso. Los resultados de la presente investigación indican que pese a tener políticas de cuidado ambiental, hay una cantidad preocupante de contaminación por metales pesados en el agua, perjudicando a los agricultores que dependen del rio para regar sus cultivos dando como consecuencia enfermedades tanto a plantas como a humanos. Dentro de los aluminosilicatos, la zeolita sintética, presenta una eficiencia mayor en el proceso de remediación, por sus características que permiten mitigar y controlar los efectos tóxicos presentes en los relaves mineros que desembocan en los ríos, originando de esta forma un espacio controlado con agua descontaminada. En conclusión, las variables planteadas para una gestión óptima que implique cuidado ambiental y remediación de aguas contaminadas para disposición de agua limpia en riegos agrícolas, se relaciona positivamente con la implementación de zeolita sintética en un modelo de economía circular estratégico respaldado por la circunstancia en que se encuentra el río Rímac.

Palabras clave: Zeolita, contaminación química y Chaclacayo.

TABLA CONTENIDO

Resumen del Trabajo de Investigación 2

1. Contextualización del Problema 6

2. Justificación 7

3. Reto de innovación 8

    3.1. Preguntas 8

        3.1.1. Pregunta general 8

        3.1.2. Preguntas específicas 9

    3.2. Objetivos 9

        3.2.1. Objetivo general 9

        3.2.2. Objetivos específicos 9

4. Sustento Teórico 10

    4.1. Estudios previos 10

    4.2. Marco teórico 14

        4.2.1. Definición del reto de innovación: Aluminosilicatos 14

        4.2.2. Características: Remediación y su importancia 14

        4.2.3. Tipos de Zeolitas: Natural y Sintética 15

        4.2.4. Uso y Aplicación de la Zeolita como Sistema de Filtrado 15

        4.2.5. Relaves Mineros: Definición y Gestión 16

        4.2.6. Importancia Demográfica del Río Rímac 17

        4.2.7. Agricultura con Aguas Contaminadas: Impactos 17

        4.2.8. Envenenamiento por Metales Pesados: Efectos en la Salud 17

        4.2.9. Importancia 18

5. Beneficiarios 19
6. Modelo de Negocio (Businness Model Canvas) 20
6.1. Reto 20
6.2. Propuesta de valor 21
6.3. Segmento de clientes 22
6.4. Canales 22
6.5. Relación con los clientes 23
6.6. Presupuesto 24
6.7. Actividades clave 25
6.8. Recursos clave 26
6.9. Aliados clave 27
6.10. Fuentes de ingresos 28
6.11. Impacto 29
7. Resultados 30
8. Conclusiones 31
9. Bibliografía 32

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Inversión inicial 24

Tabla 2. *Gastos mensuales* 25

Tabla 3. *Ingresos* 25

1. Contextualización del Problema

En la actualidad, el riesgo a la salud pública reside en el pobre manejo de los desechos generados por las minas, al tratarse de elementos de alta toxicidad, el impacto en el medio ambiente es considerable y peligroso (Menéndez & Muñoz, 2021).

La concentración elevada de metales pesados, tales como: el plomo, arsénico, cobre, mercurio y manganeso en suelos y aguas destinados para la agricultura, ha adquirido un crecimiento alarmante por su constante acumulación, se ha despertado en las últimas dos décadas, un creciente interés especial por la búsqueda de gestiones ambientales eficientes, orientadas hacia una agricultura sostenible (Llanos, 2023).

Se ha podido reconocer que, la gestión en la sostenibilidad en diversas empresas mineras no es hermética en cuanto a la cantidad de elementos tóxicos para la salud a partir de las cargas contaminantes industriales. El río Rímac desenvuelve un rol importante al ser el suministro de agua y energía eléctrica más importante de Lima Metropolitana, que alberga a más del 30% de la población del país. Este río presenta 127.02 kilómetros de largo, con superficie de 3,503.95 kilómetros cuadrados y un caudal de 45 metros cúbicos por segundo. Abastece de agua a la mayoría de los residentes en Lima, por este motivo, es preocupante el nivel de contaminación presente en sus aguas. Según la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2023), cerca de la fuente de origen, el río recibe desechos mineros y aguas ácidas producto de la minería informal; en la parte media, los desechos provenientes de la actividad agrícola, materia orgánica, metales y contaminación microbiológica (Soles, 2023).

En resumidas cuentas, a nivel local, el agua que fluye por el rio Rímac, como fuente principal de agua para Lima Metropolitana que abastece a los pobladores en el distrito de Chaclacayo, se ve afectado por las diferentes operaciones mineras en la parte alta de su

cuenca, llevando consigo metales pesados que se tornan nocivos para el ser humano, el cultivo y la ganadería, debido a la inadecuada gestión de las empresas mineras.

2. Justificación

La condición del agua es un tema de interés internacional por sus efectos para el desarrollo sociocultural, ambiental y económico que brota de este recurso. Sin embargo, últimamente, se ha deteriorado por el trato negligente en su conservación, el inadecuado manejo en su disposición por parte de las autoridades competentes, las entidades estatales, las empresas privadas y la irresponsabilidad de la población (Delgado, 2021). Por este motivo es importante este trabajo ya que busca generar la mayor cantidad de conciencia en las personas implica un uso responsable por parte de las entidades privadas y una mayor eficiencia legislativa por parte de las entidades públicas en el momento de preservar las fuentes fluviales, teniendo como punto de inicio los pobladores del distrito de Chaclacayo.

El motivo de esta información es la optimización del agua para reducir los daños al medio ambiente debido a la contaminación de suelos por metales pesados y los riesgos que representan a la salud pública. Como resultado, se estima generar conciencia sobre los efectos nocivos que generan los relaves en la salud a raíz del plomo de los vecinos de Chaclacayo para promover la mejora del filtrado para metales pesados.

La metodología empleada en esta investigación se basa en el enfoque del *Toulouse Thinking*, que coloca a las personas en el centro del proceso. Este enfoque permite un entendimiento profundo del usuario y su contexto, lo cual es fundamental para ofrecer soluciones efectivas a sus problemáticas. El *Toulouse Thinking* se articula en cuatro etapas clave: investigar, idear, desarrollar y transferir.

Dentro de esta metodología, herramientas como el mapa de actores son esenciales, ya que ayudan a identificar las diversas partes interesadas y sus interacciones. Además, la creación de arquetipos facilita la representación concreta de los usuarios, promoviendo la empatía y la comprensión de sus necesidades.

El uso del Canvas para desarrollar la propuesta de valor garantiza una clara diferenciación y sitúa los aliviadores de los puntos de dolor del usuario en el eje central, proporcionando una visión estructurada de la posible solución. Por otro lado, el *customer journey* permite identificar las emociones, expectativas y desafíos del usuario en cada etapa de su experiencia, lo que contribuye a un diseño más alineado con sus necesidades.

Se realizaron entrevistas con el objetivo de identificar y comprender el problema de la contaminación del agua ocasionada por las actividades mineras, así como las estrategias de gestión actualmente implementadas para mitigar este impacto. Además, se analizaron las nuevas tecnologías aplicadas en el manejo de relaves mineros y sus posibles aplicaciones en la reducción de dicha contaminación.

3. Reto de innovación

Aplicación de un elemento aluminosilicato para filtrar el agua de río utilizada en los cultivos de los pobladores Chaclacayo, en el año 2024.

3.1. Preguntas

3.1.1. Pregunta general

¿De qué manera mediante la aplicación de un elemento aluminosilicato podría filtrar el agua de río utilizada en los cultivos de los pobladores Chaclacayo, en el año 2024?

3.1.2. Preguntas específicas

- ¿Qué implica el proceso de filtración del agua mediante el uso de aluminosilicatos?
- ¿Cómo afecta de manera positiva este proyecto el desarrollo del diseño y el marketing?
- ¿Cómo puede la aplicación del elemento aluminosilicato en la filtración del agua utilizada en los cultivos de los pobladores de Chacacayo generar un impacto triple: social, ambiental y económico?
- ¿El elemento aluminocilicato puede filtrar el agua de los metales pesados presente en el río?

3.2. Objetivos

3.2.1. Objetivo general

Presentar un elemento aluminosilicato para filtrar el agua de río utilizada en los cultivos de los pobladores Chaclacayo, en el año 2024.

3.2.2. Objetivos específicos

- Describir el proceso de filtración mediante el uso de aluminosilicatos.
- Exponer cómo afecta de manera positiva este proyecto el desarrollo del diseño y el marketing.
- Explicar los beneficios del uso de un elemento aluminosilicato para filtrar el agua del río en los cultivos de Chaclacayo, mejorando la calidad del agua y promoviendo un crecimiento más saludable de los cultivos.
- Demostrar que el elemento aluminocilicato puede filtrar el agua de los metales pesados presente en el río.

4. Sustento Teórico

4.1. Estudios previos

Armas y Calapaqui (2022*). Funcionalización y caracterización de una zeolita para la remoción de cobre, plomo y cadmio presentes en medios acuosos*. Tesis para optar al título profesional de químico. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. El objetivo de esta investigación es evaluar el desempeño y la efectividad de la zeolita natural en la remoción de metales pesados, como el cobre, plomo y cadmio. Esto se debe a las propiedades distintivas del aluminosilicato, las cuales fueron sometidas a diversas pruebas, obteniendo resultados positivos. Los resultados de esta investigación se enfocaron en evaluar la efectividad de la zeolita combinada con un catalizador, como el EDTA (ácido etilendiaminotetraacético), a través de un contacto óptimo para lograr una absorción eficiente de metales pesados como cobre, plomo y cadmio, durante un periodo de 90 minutos. Los resultados obtenidos indicaron que la zeolita modificada con el catalizador mostró una mayor efectividad en la remoción de estos metales, lo que sugiere que la zeolita mejoró significativamente su capacidad de adsorción. En conclusión, la zeolita modificada con el elemento catalizador es una opción prometedora para la remoción de metales pesados en ambientes acuosos, destacándose como una alternativa eficaz y sostenible para el tratamiento de aguas contaminadas. La utilidad de esta tesis se basa en proporcionar una solución eficaz para la remoción de contaminantes, dado que metales como el cobre, el plomo y el cadmio representan un riesgo significativo para la salud humana y el medio ambiente. Esta investigación demuestra que la zeolita posee la capacidad de encapsular los metales pesados de aguas contaminadas de manera eficiente.

Olortegui (2022). *Evaluación de riesgos a la salud por exposición a suelo agrícola con metales pesados (arsénico, cadmio y plomo) en Carapongo, Lurigancho - Chosica*. Para

optar el grado académico de Maestría en Ecología y Gestión Ambiental. Universidad Ricardo Palma. Escuela de Postgrado. El objetivo de esta investigación calificar el nivel de riesgo a la salud pública en torno a terrenos agrícolas contaminados con metales pesados, entre ellos el arsénico, cadmio y plomo a la altura de Carapongo ubicado en el distrito de Lurigancho – Chosica. Los resultados revelan que la cantidad de metales pesados detectados en terrenos agrícola de Carapongo son: 182,55 mg/kg de arsénico, 2,54 mg/kg de cadmio y 178,09 mg/kg de plomo. Estas cifras alarmantes se encuentran por encima del Estándar de Calidad Ambiental aplicado para suelos agrícolas, lo que genera una preocupación sobre el estado del suelo y el rendimiento de los cultivos, así como sobre la seguridad alimentaria del distrito. Las conclusiones revelan que la exposición a estos metales representa un riesgo inaceptable, con posibles efectos tanto no cancerígenos como cancerígenos para los habitantes del distrito. En particular, el arsénico se identifica como el contaminante más preocupante, ya que presenta un problema considerable perjudicando el bienestar de la comunidad. La utilidad de esta tesis se basa en la importancia de identificar los riesgos que la exposición a metales pesados representa para la salud pública en los suelos agrícolas, con el objetivo de mejorar los cultivos de la zona. La exposición a estos metales puede dar lugar a enfermedades crónicas y potencialmente mortales, como el cáncer, lo que resalta la necesidad de implementar estrategias efectivas para control de desechos.

Aguilar (2021). *Contaminación agrícola por uso de aguas residuales.* Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias. El objetivo de esta investigación fue reflejar el impacto de la contaminación en la agricultura que utiliza aguas contaminadas en su sistema de riego. Los resultados revelaron que el uso de aguas contaminadas en la agricultura es posible que tenga algunos beneficios, como el aumento de la fertilidad del suelo. Al tener compuestos biológicos que la nutren en su composición. Sin embargo, también puede generar

efectos negativos en el entorno natural y deteriorar la calidad del suelo. Esta situación se agrava por la ausencia de leyes concretas que aseguren el uso de agua apta para riego, la ausencia de instalaciones adecuadas para tratar estas aguas, la falta de información o irresponsabilidad de algunos agricultores. Las conclusiones indican que los efectos negativos de los metales pesados en la fuente hídrica derivada para el riego de cultivos son resultado de la contaminación provocada por diversas empresas y la falta de acción de las entidades responsables para proteger los suministros de agua. La utilidad de esta investigación radica en informar sobre los efectos de la contaminación por metales pesados las fuentes hídricas utilizadas para regar los cultivos, producto del deterioro en el estado del suelo y carencia de políticas de salud que promuevan la limpieza de nuestros recursos hídricos. El agua de río puede traer elementos orgánicos que potencian el desarrollo de las plantas y brindar mejor sustento a su crecimiento, sin embargo, los efectos adversos generados por la minería informal afectan los ríos que privan a los agricultores de los beneficios biológicos que se solían aprovechar con esta fuente natural, cambiándolo por efectos adversos producto de la extracción sistemática de minerales de manera ilegal.

Palomino (2019) *Estudio Para La Remoción De Arsénico En El Tratamiento De Distintos Tipos De Aguas Con El Empleo De Zeolitas Naturales*, Tesis Para Obtener El Título Profesional De Ingeniero Químico. El objetivo de esta investigación es retirar el arsénico de diferentes masas de agua aplicando la zeolita natural. Los resultados obtenidos de este estudio revelan que la zeolita natural empleada en los análisis demostró ser más eficaz y rentable que la zeolita sintética en la reducción o eliminación del arsénico. Este resultado sugiere que la zeolita natural es eficiente en el tratamiento de aguas contaminadas. Se concluye que la zeolita es una solución clave para prevenir daños a la salud humana. Dicho material actúa como agente detoxificante capaz de eliminar metales pesados en contextos de

alta contaminación. La utilidad de esta tesis es promover la inversión en tecnologías para mejorar el medio ambiente, ya que esto genera beneficios en diversos ámbitos: económicos, legales y en apoyo a las comunidades afectadas. Estas iniciativas no solo contribuyen a un entorno más saludable, sino que también promueven el desarrollo sostenible y fortalecen la cohesión social.

Sánchez (2019*). Descontaminación del río Rímac.* Para otorgar el grado académico de: Maestro en gestión de policías públicas. Escuela Universitaria de Posgrado. Universidad Nacional Federico Villarreal. El objetivo de esta investigación es la implementación de técnicas de purificación del río Rímac en Lima Metropolitana. Los resultados de la investigación apuntan a la formulación de estrategias efectivas para la descontaminación del río. Se destaca que es responsabilidad primordial de los gobiernos diseñar propuestas de solución. Estas estrategias tienen como objetivo mitigar el efecto de diversos procesos sobre la calidad del agua del río, asegurando su limpieza y sostenibilidad a largo plazo. La conclusión subraya que la contaminación del río Rímac en Lima es la consecuencia de la ignorancia sobre el cuidado ambiental tanto de la población como de las empresas, que vierten aguas residuales y desechos en el río. Esta situación tiene repercusiones significativas a nivel social y económico, afectando la salud de las comunidades y la calidad del agua disponible. La utilidad de esta investigación se centra en el desarrollo de estrategias para la descontaminación del río Rímac a través de la formulación de políticas públicas efectivas. Además, busca generar conciencia poblacional sobre la relevancia en cuidar el ecosistema de las aguas residuales. Esta sensibilización es esencial para generar un compromiso colectivo hacia la preservación de los recursos hídricos.

4.2. Marco teórico

4.2.1. Definición del reto de innovación: Aluminosilicatos

Los aluminosilicatos son minerales derivados de rocas sedimentarias formadas mediante eventos volcánicos que reaccionan con aguas minerales a lo largo del tiempo. También conocidos como tectosilicatos hidratados, estos minerales se caracterizan por su formación con cationes alcalinos, que reemplazan al silicio (Si) por aluminio (Al). Este proceso genera más de 50 familias diferentes de aluminosilicatos, cuyas variaciones dependen de factores como la temperatura, la presión, el tiempo de reacción y la presión parcial del agua (Salcedo, 2021).

4.2.2. Características: Remediación y su importancia

La remediación se refiere a las técnicas utilizadas para contener, limpiar o restaurar suelos, aguas o aire contaminados. A lo largo del tiempo, se han desarrollado diversas metodologías de remediación, que pueden aplicarse in situ o implicar el traslado del material contaminado para su análisis y tratamiento. La restauración de los espacios contaminados es crucial para mitigar el impacto ambiental (Flores, 2023).

El pH juega un papel fundamental en estos procesos. Cuando se utiliza zeolita, el pH de las aguas tratadas oscila entre 6 y 9, lo que favorece la estabilización de las mismas. Si el pH es inferior a 4, lo que indica un ambiente ácido, el agua se vuelve inadecuada para el riego agrícola (Quiroz, 2020).

4.2.3. Tipos de Zeolitas: Natural y Sintética

4.2.3.1. Zeolita Natural

La zeolita natural es un mineral de aluminosilicato formado por la combinación de ceniza volcánica y agua de mar. Se distingue por su estructura porosa, lo que le permite absorber impurezas, especialmente en el tratamiento de aguas contaminadas. Con cavidades de entre 3 y 10 nanómetros, es ideal para retener iones y moléculas, lo que la convierte en una opción eficaz para purificar fuentes hídricas (Palomino, 2019).

4.2.3.2. Zeolita Sintética

La zeolita sintética es un mineral creado artificialmente a partir de dióxido de silicio y óxido de aluminio. Su principal objetivo es mitigar la contaminación ambiental gracias a su alta capacidad de absorción. Es eficaz en la reducción del deterioro de acuíferos y la prevención de daños ecológicos. Su impacto se refleja en cambios en el pH y en las condiciones fisicoquímicas del agua, funcionando como un filtro para evitar la contaminación de las fuentes de agua naturales (Delgado, 2022).

4.2.4. Uso y Aplicación de la Zeolita como Sistema de Filtrado

Las zeolitas son altamente eficientes y económicas para el tratamiento de aguas contaminadas. Al incorporarlas en sistemas de filtración, especialmente en sus formas catiónicas, se pueden lograr altos niveles de purificación, eliminando no solo fosfatos, sulfatos y cloruros, sino también metales pesados. La zeolita se destaca por su capacidad de absorber metales pesados como el plomo y el zinc, logrando índices de asimilación de hasta el 60%. Además, su costo accesible y su efectividad en la remoción de metales la convierten en una opción ideal para la purificación de aguas (Gaitan, 2019; De La Puente, 2022).

4.2.5. Relaves Mineros: Definición y Gestión

4.2.5.1. Definición de Relaves Mineros

Los relaves mineros son desechos generados tras la extracción y concentración de minerales valiosos. Se componen generalmente de una mezcla de tierra, agua, rocas y metales pesados, lo que representa un grave riesgo ambiental para los ecosistemas acuáticos y las fuentes hídricas. En Perú, los relaves mineros se vierten en grandes volúmenes en ríos, lagos y quebradas, alcanzando descargas diarias de aproximadamente 4,000 toneladas (Málaga, 2022).

4.2.5.2. Efectos de la Minería Informal

La minería ilegal, realizada en áreas no autorizadas como riberas de ríos o zonas protegidas, tiene efectos devastadores en el medio ambiente, alterando la topografía de las regiones y generando sustancias tóxicas. La minería artesanal también contamina los cuerpos de agua, especialmente en la extracción de minerales (Saavedra, 2021).

4.2.5.3. Gestión y Contención de Relaves

La gestión de relaves implica la implementación de estrategias y directrices para mitigar el impacto ambiental durante el proceso productivo de la minería. Esto incluye la formulación de propuestas efectivas para abordar los problemas ambientales derivados de los relaves (Rivas, 2023). Los relaves se almacenan en grandes estructuras conocidas como presas de relaves, que deben ser impermeabilizadas para evitar el contacto de los residuos con el medio ambiente (Barzola, 2022).

4.2.6. Importancia Demográfica del Río Rímac

El río Rímac es vital para el Perú, pues abastece de agua a la capital y alimenta a cinco centrales hidroeléctricas. Con una longitud de 127.02 km y una superficie de 3,503.95 km², este río tiene su origen en la cordillera de los Andes y atraviesa diversas provincias, incluyendo Lima y Callao, donde desemboca en el Océano Pacífico (Osorio, 2023).

4.2.7. Agricultura con Aguas Contaminadas: Impactos

La agricultura depende del agua para la producción de alimentos, pero el uso de aguas contaminadas por relaves mineros puede introducir metales pesados en los cultivos. Estos contaminantes no se degradan ni se disuelven fácilmente, lo que representa un grave peligro para la salud humana, ya que los metales pesados pueden acumularse en el medio ambiente y llegar a los alimentos (Velázquez, 2023).

4.2.8. Envenenamiento por Metales Pesados: Efectos en la Salud

4.2.8.1. Metales Pesados en el Agua de la Agricultura

Los metales pesados, como el arsénico, el cadmio, el plomo, el mercurio y el cromo, son altamente tóxicos y pueden acumularse en los organismos vivos. Estos metales afectan la salud de los ecosistemas y representan un riesgo para los seres humanos al ser consumidos a través de los alimentos y el agua (Hernandez, 2022).

4.2.8.2. Efectos del Plomo y el Arsénico

El plomo y el arsénico son dos de los metales pesados más peligrosos para la salud humana. La exposición prolongada a estos metales puede causar daños al sistema nervioso, renal y óseo, siendo especialmente peligrosa para los niños (Salazar, 2022; Delgado, 2021).

- **Plomo**: Afecta gravemente a los ecosistemas acuáticos y humanos. Su bioacumulación es un riesgo creciente a medida que avanza en la cadena alimentaria (Salas, 2019).
- **Arsénico**: Se asocia con cáncer y otras enfermedades graves. La exposición crónica puede llevar al desarrollo de melanosis, queratosis y, en etapas más graves, tumores (Rodriguez, 2021; Dávila, 2023).

4.2.9. Importancia

Los porcentajes de mezcla óptima para la construcción con zeolita ronda entre el 10% y 25% con relación a la mezcla con cemento, estos porcentajes implican que, con un bajo nivel de zeolita, siendo implementada como aditivo, procede a instaurar características de durabilidad, impermeabilidad y resistencia a la compresión (Salcedo, 2021).

Por este motivo los residuos generados durante la descontaminación del agua mediante la aplicación de zeolita pueden transformarse en un agregado con cemento, el cual puede utilizarse en diversas actividades de construcción. La zeolita, debido a su estructura porosa, no solo ayuda a purificar el agua al absorber metales pesados y otros contaminantes, además de convertirse en material valioso en la producción de materiales de construcción sostenibles.

Al encapsular los metales pesados, se disminuye de forma notable la amenaza de enfermedades por contacto, ya que las propiedades de la zeolita impiden la absorción de estos elementos a través de la piel. Además, el agua tratada tras el proceso de remediación puede ser vista como un sello de calidad, dado que ha sido depurada de contaminantes.

Al optimizar esta agua para el riego de frutas y verduras, se garantiza que los cultivos no representen un peligro para el bienestar social. De este modo, el uso de zeolita no solo

contribuye a la descontaminación, sino que también se integra a un ciclo de construcción sostenible, donde los residuos se reutilizan, promoviendo una economía circular y un mayor compromiso con la naturaleza. Por lo tanto, al combinar zeolita y cemento, se puede avanzar hacia prácticas más responsables y ecológicas en la construcción y la agricultura.

5. Beneficiarios

En la presente investigación se utilizaron herramientas como entrevistas virtuales y talleres generativos, lo que permitió identificar a los beneficiarios de la comunidad. Se definieron cuatro arquetipos: “El dueño de la mina”, “Gerente de innovación de la mina”, “alcalde de Chaclacayo” e “Ingeniero geólogo”. Se seleccionó como arquetipo principal al “alcalde de Chaclacayo”, reconocido por su compromiso con el progreso en la condición de vida en su población. Este arquetipo asume el rol de líder, lo que lo convierte en el responsable de coordinar iniciativas que atiendan los requerimientos poblacionales, en concreto, de los agricultores cuyos campos de cultivo se encuentran cercanas al río Rímac.

Se elaboró un mapa de actores, clasificados en tres categorías: actores centrales, que incluyeron a los habitantes y agricultores de Chaclacayo, así como a la empresa minera; actores directos, que abarcan pequeños mercados de la zona y personas en situación de indigencia en el distrito; actores indirectos comprenden la flora y fauna del río, postas médicas y por último empresas encargadas de potabilizar el agua.

Para analizar el recorrido del usuario, se elaboró un *customer journey*. En este proceso, el agricultor comienza a tomar conciencia de la contaminación de sus cultivos, lo que genera una inquietud ante efectos potenciales que esto podría tener para sus vecinos y clientes. Ante esta inquietud, decide examinar el estado de sus sembradíos, ya que teme perjudicar a otros al ofrecer vegetales contaminados, especialmente al notar que algunas

plantas carecen de hojas y no presentan el color adecuado. Por ello, contacta un servicio de instalación de filtros de zeolita para solicitar una cotización y realizar el pago correspondiente, convencido de la necesidad de contratar un servicio que le permita instalar un filtro de agua propio.

El usuario recibe a un trabajador en su campo de cultivo, quien evalúa la mejor ubicación para la instalación. Se procede a instalar un reservorio en un lugar estratégico, luego el usuario es capacitado en el uso adecuado del sistema de filtrado y se le proporciona material eficiente para un mes de servicio, que cubrirá tres semanas. Gracias a este proceso, el usuario desarrolla confianza en su inversión, ya que sus cultivos tienen el potencial de volverse más saludables y eficientes. Para concluir, un trabajador realiza visitas mensuales para limpiar los residuos acumulados por los agentes contaminantes. Estos desechos se gestionan para su venta a empresas del sector de la construcción, donde se transforman en material reutilizable al ser combinados con cemento.

Este proceso tiene como objetivo preservar cultivos saludables mediante el uso de agua limpia, lo que contribuye al bienestar y la tranquilidad de la comunidad.

6. Modelo de Negocio (Businness Model Canvas)

En la presente investigación se realizó el armado de un modelo de negocios.

6.1. Reto

La aplicación de un elemento aluminosilicato para filtrar el agua de río utilizada en los cultivos de los pobladores Chaclacayo, en el año 2024.

La propuesta de valor es la limpieza del agua del río Rímac, eliminando la contaminación por metales pesados que afecta a los agricultores en su proceso de riego. Por

lo que, se ha optado por un sistema de filtrado con zeolita, un aluminosilicato sintético que tiene la capacidad de encapsular los metales pesados presentes en el agua. Con este enfoque, se busca no solo proteger los cultivos de los efectos nocivos de los metales pesados, sino también mejorar la calidad del riego, garantizando que los agricultores utilicen agua más segura para sus tierras y contribuya a un estado de salud más prolongado para los vecinos de Chaclacayo. Luego de la absorción de metales mediante el uso de aluminosilicatos, se ha propuesto la instalación de vallas publicitarias. Esta iniciativa tiene como objetivo establecer un modelo de negocio sostenible y económico que aproveche los recursos disponibles para mitigar el impacto ambiental, al mismo tiempo que genera conciencia sobre la contaminación.

La solución se basa en un sistema de filtrado que consta de tres fases dentro del modelo de negocio. La primera fase implica el contacto y evaluación de los cultivos, con el objetivo de ubicar el filtro en una zona estratégica para el abastecimiento de agua. La segunda fase consiste en el cambio periódico de la zeolita en el filtro, programado cada dos semanas, para asegurar un sistema constante de limpieza. Finalmente, la tercera fase utiliza el material residual para la construcción de paneles publicitarios en áreas urbanas, promoviendo así un enfoque sostenible y multifuncional.

6.2. Propuesta de valor

La implementación de sistemas de filtración a base de zeolita permite reducir significativamente la presencia de metales pesados y otros contaminantes en el agua, mejorando su calidad y minimizando los riesgos para la salud pública. Esto es fundamental para prevenir la propagación de enfermedades asociadas al uso de agua contaminada en los cultivos agrícolas.

Lo que distingue esta propuesta es su combinación de soluciones tecnológicas con un enfoque social, beneficiando tanto al medio ambiente como a la comunidad al garantizar que el agua utilizada para el riego de cultivos sea segura. Además, al encapsular los metales pesados, se asegura que los residuos sean inofensivos, eliminando el riesgo de enfermedades por contacto.

La propuesta adopta un enfoque sostenible al eliminar y encapsular los metales pesados, generando residuos que se busca reutilizar. Al combinarlos con cemento, se pueden transformar en materiales de construcción que son igual de eficaces que los convencionales. Esto no solo reduce costos, sino que también promueve la sostenibilidad en el sector.

6.3. Segmento de clientes

La propuesta está dirigida a los agricultores, quienes se beneficiarán directamente al acceder a agua purificada para el riego de sus cultivos en los alrededores de Chaclacayo. Esto garantiza la seguridad de sus productos y a su vez genera valor para los habitantes de la zona, quienes son los consumidores de estos cultivos.

Este segmento clave no solo mejora su calidad de vida al recibir alimentos más saludables, sino que también fomenta un desarrollo sostenible en la comunidad, fortaleciendo la economía local y promoviendo prácticas agrícolas responsables.

6.4. Canales

Se implementará una estrategia integral de comunicación en redes sociales, diseñada para maximizar el alcance y facilitar la conexión con agricultores interesados en mejorar la calidad de sus cultivos. Se utilizarán plataformas como Facebook e Instagram, que cuentan con una amplia base de usuarios y ofrecen herramientas efectivas para interactuar

directamente con la audiencia. La estrategia se centrará en crear una página dedicada a compartir contenido relevante y útil para los agricultores, por lo cual, se publicarán consejos agrícolas, estudios de caso, testimonios y talleres. Mediante este enfoque, se pretende generar conocimiento y dar a conocer el proyecto en relación con las prácticas agrícolas sostenibles y el uso de agua limpia para optimizar los cultivos.

La publicidad pagada en estas plataformas permitirá segmentar nuestros anuncios de manera efectiva, alcanzando a un público específico que se beneficiará de las soluciones. Esto no solo amplifica el mensaje, sino que también fomenta relaciones significativas dentro del sector agrícola.

Por otro lado, se realizará una distribución directa del servicio, el cual, combinará medios online y físicos. Los usuarios podrán acceder a la compra del servicio a través de redes sociales y un personal capacitado se desplazará a su campo de cultivo para realizar la instalación del sistema de filtrado.

6.5. Relación con los clientes

El pilar fundamental en la relación con los clientes será la confianza, con el objetivo de crear una comunidad sólida de agricultores a largo plazo. Para lograr esto, se implementarán campañas en redes sociales para difundir información sobre el sistema de filtración y sus beneficios directos para la salud pública, ya que esto aumentará la visibilidad de la iniciativa, en el cual se destacarán testimonios, recomendaciones e historias de éxito de agricultores que ya han adoptado las soluciones. Asimismo, se organizarán talleres y charlas en línea que mostrarán el proceso de purificación del agua y su impacto positivo en la calidad de los cultivos. Esta apertura hacia la comunidad generará confianza y atraerá a nuevos interesados.

Además, se proporcionarán capacitación a los agricultores que hayan adquirido los servicios sobre el uso adecuado del sistema de filtración, así como material educativo para resolver cualquier duda que pueda surgir. Con esta estrategia, se busca construir una relación sólida a través de una comunicación accesible y personalizada que garantice un acompañamiento continuo en su proceso de mejora agrícola, con el objetivo de facilitar la retroalimentación inmediata. Se informará a los agricultores a través de boletines electrónicos sobre el impacto de sus residuos en la reutilización de materiales de construcción, complementando estas actualizaciones con publicaciones en redes sociales.

Por último, se buscará colaborar con líderes locales, como el alcalde de Chaclacayo, para aumentar nuestra credibilidad y fortalecer la conexión con la comunidad. Esta colaboración no solo fortalecerá la presencia del grupo, sino que también ayudará a fomentar un sentido de pertenencia y apoyo mutuo entre todos los involucrados.

6.6. Presupuesto

La inversión está planteada para un inicial de dos agricultores.

Tabla 1. *Inversión inicial*

Ítem	Descripción de recursos	Cantidad	UM	Costo Unitario	Importe
1	Tanque de agua (Rotoplas)	2	L	$101	$212.17
2	Zeolita	2	KG	$13.925	$27.85
3	Bomba de agua	2	UND	$21.08	$42.17
4	Manguera	2	ML	$31.02	$66.04
5	Alquiler de vehículos	1	UND	$169.67	$169.67
6	Sustrato de Aluminio	2	KG	$12.175	$24.35
7	Teléfono	1	UND	$66.01	$66.01
8	Computadora (escritorio)	1	UND	$299.31	$299.31
9	Técnico en instalación de tanques	1	UND	$188.23	$188.23
10	Computadora de diseño	3	UND	$400	$1200
11	Préstamo bancario (Pago de interés)	1		$68.09	$68.09
Total					$2163.37

Tabla 2. *Gastos mensuales*

Ítem	Descripción de recursos	Cantidad	UM	Costo Unitario	Importe
1	Personal administrativo: Diseñador gráfico	1		$331.52	$331.52
2	Personal administrativo: Especialista en marketing	1		$397.82	$397.82
3	Transporte (Chofer y gasolina)	1		$183	$183
4	Personal administrativo: *Comunity manager*	1		$212.17	$212.17
5	Material didáctico	2		$7.955	$15.91
6	Gastos recurrentes de limpieza de tanques			$21.22	$21.22
7	Empaques	1	100 UND	$16.97	$16.97
8	Zeolita	2	KG	$13.5	$27.8
9	Medidor de PH	1	UND	$15.65	$15.65
10	Préstamo bancario (Pago de interés)	1		$78.70	$78.70
Total					$1300.74

Tabla 3. *Ingresos*

Ítem	Descripción de ingreso	Cantidad	UM	Costo Unitario	Importe
1	Pago inicial por parte de los agricultores para evaluación e instalación.	4		$251.95	$1007
2	Pago mensual por parte de los agricultores (Limpieza de reservorios).	4		$185.66	$142.64
3	Venta a una empresa del rubro de construcción.	1		$145.87	$145.87
4	Venta del producto (Zeolita 210 g)	10		$26.52	$265.2
Total		Mensual			$2160

6.7. Actividades clave

Para implementar la propuesta de valor, se utilizará zeolita para filtrar el agua del río que se emplea en los cultivos agrícolas de Chaclacayo, por lo cual, se implementará una serie de actividades clave.

En primer lugar, se desarrollará el sistema de filtrado con zeolita en un reservorio adaptado para el proceso de rebombeo, lo que permitirá descontaminar el agua al absorber los metales pesados. Esto garantizará que los agricultores cuenten con agua descontaminada suficiente para regar sus cultivos. La instalación será supervisada por personal capacitado, quien brindará acompañamiento continuo para validar el rendimiento del sistema.

En segundo lugar, es fundamental capacitar a los agricultores en el uso del sistema de filtración. Esto incluirá visitas periódicas para ofrecer soporte técnico y realizar limpiezas del sistema, asegurando la extracción adecuada de residuos, que buscaremos reutilizar.

En tercer lugar, se procesarán los residuos de zeolita descontaminada, para poder vender a empresas de construcción, teniendo en cuenta el valor de permeabilidad que presenta la zeolita, puede implementarse como aditivo para el cemento lo que le brindaría una característica especial.

En cuarto lugar, es crucial desarrollar campañas de marketing *online* que incluyan contenido en redes sociales, con el fin de aumentar la visibilidad del proyecto, la concientización de la problemática que representa la contaminación de los ríos y atraer a nuevos clientes potenciales.

Por último, establecer alianzas con líderes locales, autoridades y expertos en el área agrícola y en la gestión de relaves fortalecerá la credibilidad del proyecto.

6.8. Recursos clave

La gestión de recursos clave para el éxito del proyecto implica diversos elementos esenciales. En relación con recursos humanos, se requiere un técnico especializado para la instalación y mantenimiento del sistema de filtración, quien debe contar con experiencia y conocimientos en el uso de zeolita y filtración de agua. Además, es fundamental contar con

personal de marketing y diseño gráfico que implemente estrategias digitales efectivas para garantizar la viabilidad del proyecto, así como un equipo de transporte para facilitar el acceso a los campos de cultivo de los agricultores.

Los recursos físicos abarcan activos tangibles como la zeolita, herramientas para la instalación y mantenimiento del sistema de filtración y la infraestructura para el almacenamiento de los materiales. También se necesitará un vehículo de transporte para realizar las visitas a los campos de cultivo y el material educativo que se proporcionará a los agricultores para las charlas de asesoramiento.

Los recursos relacionales se centran en establecer alianzas con empresas terciarias de construcción para la venta y entrega del material residual procesado. Por otro lado, los recursos financieros requieren de una inversión inicial para desarrollar el sistema de filtración, asegurando así la sostenibilidad y el crecimiento del proyecto.

Para la implementación de la zeolita como producto, se requieren empaques herméticos para que mantengan la zeolita sin humedad y así mantener su estado en alta calidad. En cuanto al contenido neto, debe ser de 210g, cantidad suficiente para limpiar 0.5 metros cúbicos (500 litros).

6.9. Aliados clave

Los principales aliados estratégicos de la investigación son fundamentales para el desarrollo de la propuesta de valor, siendo los proveedores de zeolita clave en este proceso. Su colaboración es esencial para garantizar un suministro constante y de calidad, con el material necesario para llevar a cabo la descontaminación del agua y la filtración.

Los aliados principales en este proyecto son los agricultores, con su reconocimiento y recomendación, el alcance del proyecto sería mucho mayor, potenciando la demanda del servicio y de los productos vinculados al proceso de filtración.

Una vez procesada la zeolita y obtenido el material residual, será esencial contar con la colaboración de una empresa del sector de la construcción, a la que se le venderá este material residual para su reutilización. Este elemento se mezclará con cemento, contribuyendo así a la creación de nuevos materiales de construcción y edificación de diferentes espacios. El aliado, desempeñará un papel crucial en la integración y uso de estos materiales reciclados en sus obras al fomentar la sostenibilidad y la economía circular.

Otro aliado crucial es la alcaldía de Chaclacayo, la cual puede facilitar la implementación del proyecto a nivel local además de la obtención de permisos. Su apoyo es fundamental para promover políticas y estrategias logísticas que maximicen el impacto en la salud de los vecinos, al garantizar cultivos saludables y mejorar la calidad del agua.

6.10. Fuentes de ingresos

El proyecto generará ingresos a partir de los agricultores interesados en mejorar la calidad del agua para sus cultivos. Estos podrán adquirir el servicio mediante un pago inicial y, posteriormente, realizar pagos mensuales. Una vez cubierto el pago mensual, se podrá proceder con la limpieza del tanque, el cual servirá para la recolección de la zeolita sobrante tras el proceso de filtración. Este material residual será una fuente de ingresos para el proyecto, ya que se venderá a una empresa constructora, con el objetivo de transformar los desechos en materiales útiles para la edificación de estructuras, generando así una oportunidad económica para los aliados en el sector de la construcción.

Por otra parte, se podrá vender un paquete de zeolita con una medida estándar de 210 gramos, una cantidad suficiente para la optimización de 0.5 metros cúbicos (500 litros) de agua, lo que generará un ingreso por cada producto, el cual necesario para el funcionamiento del sistema de filtrado, así como la venta de sustrato de aluminio para sedimentar con mayor prontitud la zeolita con metales pesados encapsulados.

Para cobrar el valor de instalación de este proyecto, se estructura una tarifa referente a la cantidad de agua a tratar, según la demanda que este sugiera por el espacio a regar, la cantidad de zeolita a aplicar y la velocidad con que desea habilitar esta agua para su uso.

6.11. Impacto

La presente investigación se propone abordar de manera integral la problemática de la salubridad del agua del Río Rímac, afectada significativamente por los relaves mineros. Este deterioro de la calidad hídrica tiene repercusiones directas en los agricultores y sus cultivos. Por lo tanto, se opta por aportar en la optimización de la calidad de agua, lo que trae consigo a cultivos saludables en beneficio de vecinos de Chaclacayo al impactar positivamente en la salud pública.

Además, la incorporación de zeolita como material principal en los filtros representa un enfoque no sólo responsable, sino también sostenible hacia el cuidado de los recursos naturales. Por medio de esta acción, se fomentan prácticas de desarrollo sostenible y economía circular al reutilizar residuos para la construcción de estructuras. Esta iniciativa no solo reduce el desperdicio, sino que también contribuye a la creación de materiales que tienen un menor impacto ambiental, fomentando así un enfoque más responsable.

7. Resultados

La presente investigación se contextualiza con la contaminación constante del río Rímac por residuos mineros que perjudican a un gran sector de la población, entre ellos, numerosos agricultores que suelen desviar o acumular sus aguas para regar sus cultivos. Se confirman estos últimos detalles mediante entrevistas. Por lo que decidimos, a raíz de este problema idear un modelo de filtrado con la aplicación de un aluminosilicato como principal componente, llevando a cabo, mediante la experimentación, la muestra de su eficiencia.

Se llegó a reunir agua proveniente del río a la altura del distrito de Chaclacayo, se aplicó el proceso de filtrado en dos muestras diferentes por lo que ambos resultados tuvieron una efectividad considerable, la diferencia es que en uno se aplicó sulfato de aluminio con el que dio una diferencia marcada en el tiempo de floculación y sedimentación del producto.

En el resultado con sulfato, la sedimentación y producto final se tuvo en un periodo de 8 horas y sin el sulfato de 48 horas.

Las muestras se dividieron en 20 litros cada una, por lo que se les aplicaron 8.4 gramos de zeolita, se procedió a usar una bomba de agua para generar una mezcla homogénea por 30 minutos, seguido de esto, se dejó reposar.

Dentro de los resultados, el agua se presentaba más cristalina, se podía apreciar la desaparición de la turbidez y el sedimento, en la base del reservorio.

Utilizando el sistema de bombeo, se estuvo recolectando el agua después del proceso para regar una muestra de control con trigo y tierra.

Una vez adquiridas las muestras se le presentó a grupo de dos agricultores el proceso para filtrar el agua, posterior a ello se le hicieron una serie de preguntas y una prueba para evaluar la facilidad con la que se puede entender el proceso, ambos usuarios respondieron de forma óptima, sin embargo, calificaron el proceso como “ligeramente complicado” por lo que

se procedió a explicar el contexto de estudio, con ello se les dictaron ciertas características presentes en los cultivos afectados por la contaminación de metales pesados como ramas quebradizas, hojas opacas, la caída prematura del fruto y un aumento considerable en el tiempo de maduración. Las respuestas al ser afirmativas corroboraron la presencia de metales pesados en sus cultivos por lo que, después de ver la solución propuesta manifestaron un interés contundente en transmitir la información a sus colegas dentro del mismo rubro.

8. Conclusiones

La cercanía con los ríos representa, para muchos agricultores, la principal fuente hídrica para el riego de sus cultivos. Sin embargo, gran parte de estas fuentes son contaminadas en su mayoría, por metales pesados que afectan la vida animal y vegetal. Debido a esto se decidió desarrollar un filtro con la zeolita como elemento principal, su capacidad para encapsular metales pesados e inhibir sus propiedades tóxicas lo volvieron un elemento ideal para este proceso.

Pese a demostrarse en repetidas ocasiones que el estado del río Rímac es perjudicial para la salud, en los últimos años no se aplicaron medidas de remediación que pudieran ayudar a los agricultores. Con el propósito de mejorar el estado de salud poblacional se decidió generar una solución, con un proceso adaptado a la necesidad de buscar fuentes de agua limpia para los agricultores, se ideó un proceso con el que se puede disponer de agua descontaminada para el regadío constante de sus cultivos.

La investigación se basa en datos existentes sobre los niveles de metales pesados en el agua, lo que demuestra la situación actual de contaminación en Chaclacayo y la solución propuesta enfrenta desafíos debido a la constante introducción de metales pesados por la minería informal y la mala gestión de los relaves mineros, esto implica que la contaminación

del río puede persistir a pesar de los esfuerzos de filtrado. Sin embargo, se logró demostrar que con la zeolita se puede remediar el agua que se usa para los cultivos, por consiguiente, mejorar la salud de la población.

Los materiales filtrantes que retienen los metales pesados facilitan la gestión de los residuos, volviéndose más seguros. Por consiguiente, nos da un valor agregado para este servicio de filtración con zeolita y así evitar cualquier efecto ambiental desfavorable a futuro.

Nuestra investigación no solo presenta una solución ambiental para el problema del agua contaminada, sino que aporta un modelo de negocio sostenible por la aplicación de una economía circular, en donde no se generan residuos y todos los componentes del proceso son útiles para los diferentes rubros implícitos en el ciclo de remediación. Por este motivo, el uso de zeolita como elemento para rehabilitación hídrica, representa un ejemplo de desarrollo sostenible.

9. Bibliografía

Aguirre, V., y Davila, D. (2021). Contaminación ambiental por mercurio y la salud fisiológica y psicológica del poblador de Huepetuhe -Madre de Dios-2019. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 5*(6), 11435-11456. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i6.1178

Armas, P., y Calapaqui, R. (2022). *Funcionalización y caracterización de una zeolita para la remoción de cobre, plomo y cadmio presentes en medios acuosos*. [Trabajo de titulación, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Dirección de Bibliotecas y Recursos para el Aprendizaje e Investigación. http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/17567

Autoridad Nacional del Agua [ANA] (2022, 02 de setiembre). *Plan de aprovechamiento de Disponibilidades Hídricas de la Cuenca del Río Rímac*. https://www.ana.gob.pe/normatividad/rd-ndeg-0956-2022-anaaaa-canete-fortaleza

Dávila, E. (2023). *Evaluación de factores de riesgo cardiometabólico en personas expuestas a arsénico en agua de consumo en el distrito de Molinos – Jauja*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio Institucional de la UNMSM. https://hdl.handle.net/20.500.12672/19504

De La Puente, L., y Tello, K. (2022). *Eficiencia de la Zeolita en la remoción de metales pesados en el río Condebamba en relación a los estándares de calidad ambiental categoría 3, Cajamarca 2022* [Tesis delicenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. https://hdl.handle.net/11537/33611

Delgado, J. (2021). *Incidencia del cultivo de arroz del sector Shica en la calidad del agua del Río Indoche del Distrito de Soritor de la Provincia de Moyobamba, 2019* [Tesis de titulación, Universidad Nacional de San Martín] Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de San Martín. https://tesis.unsm.edu.pe/handle/11458/4079

Flores, A. (2023). *Fitorremediación asistida con nanopartículas de dióxido de titanio (TiO2) para la remediación de un suelo contaminado con residuos mineros*. [Tesis de maestría, Centro de investigación y de estudios avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Unidad Saltillo]. Repositorio de CINVESTAV. https://repositorio.cinvestav.mx/handle/cinvestav/4343

Fuentes, J. (2021). *Ingeniería genética de levadura y su aplicación biotecnológica para la biorremediación del mercurio*. [Tesis de titulación, Universidad Federico Villarreal] Repositorio Institucional de la Universidad Federico Villarreal. https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/5603

Gaitan, J. (2019). *Potabilización de agua mediante filtración y desinfección.* [Tesis de licenciatura, Universidad Cooperativa De Colombia] Repositorio Institucional de la Universidad Cooperativa de Colombia. https://hdl.handle.net/20.500.12494/11101

Llanos, Z. (2023). *Contaminación por metales pesados de la microcuenca del río alto Huallaga y suelos agrícolas del Área De Influencia En Huánuco* [Tesis doctoral, Universidad Nacional Hermilio Valdizan] Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan. https://repositorio.unheval.edu.pe/item/36721e7e-5643-4ca0-8598-2f99174372d7

Málaga. M. (2022). *Efectos de la contaminación de los relaves mineros sobre la calidad del agua del río Colca*. [Tesis doctoral, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio de la Universidad de San Agustín de Arequipa. https://repositorio.unsa.edu.pe/items/53ab1612-3d13-463e-b54a-c21c9bc88d93

Menéndez, J., y Muñoz, S. (2021). Contaminación del agua y suelo por los relaves mineros. *Paideia XXI*, *11*(1), 141–154. https://doi.org/10.31381/paideia.v11i1.362

Montero, Z. (2019). *Satisfacción vital en padres de niños que presentan Saturnismo, distrito de Yanacocha, Cerro de Pasco, 2018*. [Tesis de licenciatura, Universidad Católica de los Ángeles Chimbote]. Repositorio Institucional de la Universidad Católica de los Ángeles Chimbote. https://hdl.handle.net/20.500.13032/20264

Olortegui, D. (2022). *Evaluación de riesgos a la salud por exposición a suelo agrícola con metales pesados (arsénico, cadmio y plomo) en Carapongo, Lurigancho - Chosica*. [Tesis de maestría. Universidad Ricardo Palma]. Repositorio institucional de la Universidad Ricardo Palma. https://hdl.handle.net/20.500.14138/5597

Palma, N., y Flores, V. (2024). *Estrategias de prevención por exposición a mercurio, en poblaciones vulnerables en zonas impactadas por la minería artesanal y a pequeña*

escala: revisión sistemática cualitativa. [Tesis de titulación, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas). Repositorio Académico UPC. http://hdl.handle.net/10757/672047

Palomino, A. (2019). *Estudio Para La Remoción De Arsénico En El Tratamiento De Distintos Tipos De Aguas Con El Empleo De Zeolitas Naturales*. [Tesis de titulación, Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica] Repositorio de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica. https://hdl.handle.net/20.500.13028/4293

Quiroz, L. (2020). *Tratamiento físico-químico para la remediación de lixiviados del relleno sanitario Naranjal mediante la aplicación de Cal, Zeolita y Cloro*. [Tesis de titulación, Universidad Agraria del Ecuador] Centro de Información Agraria. https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/QUIROZ%20JIMENEZ%20LEONARDO%20ANDRES_compressed.pdf

Rodríguez, C. (2021). Intoxicación por arsénico. *Revista Medicina Legal de Costa Rica, 38*(2), 4-16. https://www.scielo.sa.cr/pdf/mlcr/v38n2/2215-5287-mlcr-38-02-4.pdf

Saavedra, A. E. (2021). *Determinación de los efectos ambientales generados por la minería informal y propuesta de plan de manejo. Caso Bella Unión, Caravelí Arequipa 2020*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio de la Universidad de San Agustín de Arequipa. https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/18c9c78a-d77c-4496-8010-f62f33af65b7/content

Salas, C., Garduño, M., Mendiola, P., Vences, J., Zetina, V., Martínez, O., y Ramos, M. (2019). Fuentes de contaminación por plomo en alimentos, efectos en la salud y estrategias de prevención. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, 20*(1) 4-16. https://www.redalyc.org/journal/813/81359562002/81359562002.pdf.

Salazar, T. (2022). *Efectos de calidad de agua para riego de áreas verdes en la urbanización la primavera y cooperativa las pirámides del distrito de El Agustino de la provincia de Lima en el año 2020*. [Tesis de licenciatura, Universidad Privada De Norte]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. https://hdl.handle.net/11537/31304

Salcedo, V. (2021). *Estudio de las propiedades físicas de zeolita natural (aluminosilicato) de tipo clinoptilolita para reemplazo parcial de cemento Portland*. [Tesis de titulación, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio de la Universidad Técnica de Ambato. https://repositorio.uta.edu.ec/items/65c80f12-8ead-4b7a-9a86-cd6ba11a386c

Sánchez, J., y Cubas, N. (2021). Contaminación agricolaación por uso de aguas residuales. Alfa. *Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria*, *5*(13), 65-77. https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i13.98.

Sánchez, M. (2019). *Descontaminación del río Rímac*. [Tesis de maestría. Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional Federico Villarreal. https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/3301

Soles, J. (2023). *Análisis multitemporal de la calidad ambiental del agua superficial del Río Rímac parte baja dentro del marco de la emergencia sanitaria Covid-19* [Tesis de titulación, Universidad Federico Villarreal] Repositorio Institucional de la Universidad Federico Villarreal. https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/8947