

Carrera de **INGENIERÍA AMBIENTAL**

“PROPUESTA PARA LA REDUCCIÓN DE
METALES PESADOS MEDIANTE
ELECTROCOAGULACIÓN EN AGUAS
CONTAMINADAS POR EFLUENTES MINEROS
EN EL RÍO LLAUCANO, CONSIDERANDO LA
PERCEPCIÓN SOCIAL, CAJAMARCA, 2023.”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniera Ambiental

Autores:

Karla Estephania Luna Victoria Acevedo

Yoselyn Lizeth Velasquez Valderrama

Asesor:

M. Sc. Marieta Eliana Cervantes Peralta

<https://orcid.org/0000-0001-9405-7048>

Trujillo - Perú

2023

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Wilberto Effio Quezada	42298402
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Liana Cárdenas Gutiérrez	40221041
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Carlos Alva Huapaya	06672420
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD

18/3/23, 22:47

Turnitin - Originality Report - FORMATOS PARA TÍTULO_KARLA LUNA_YOSELYN VELASQUEZ

Informe de originalidad de Turnitin

Procesado el: 18-mar-2023 22:37 -05
 identificación: 2035882129
 Número de palabras: 7851
 Enviado: 1

FORMATOS PARA TÍTULO_KARLA LUNA_YOSELYN VELASQUEZ By Karla Estephania LUNA VICTORIA ACEVEDO

Índice de similitud
13%

Similitud por fuente

Fuentes de Internet:	13%
Publicaciones:	0%
Papeles del estudiante:	6%

4% coincidencia ()

[Roncal Solís, Nelson Julyño, Villanueva Guevara, Cinthia. "Eficiencia del carbón activado de cascavilla de arroz como adsorbente en remoción de metales pesados de efluentes industriales- Cajamarca 2021", Universidad Privada del Norte, 2021](#)

4% de coincidencia (Internet desde el 19 de octubre de 2022)

<http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/4619/TESIS-2022-ING.%20AMBIENTAL-RIVEROS%20HUAMAN%20Y%20HUAMAN%20PAYAN.PDF?isAllowed=v&sequence=1>

2% de coincidencia ()

[FERNIZA GARCÍA, FRANCISCO, FERNIZA GARCÍA, FRANCISCO. "Eficiencia de un sistema acoplado Electrocoagulación-Fitoremmediación para la remoción de Pb, Cu, Cd y Zn presentes en efluentes mineros", Universidad Autónoma del Estado de México, 2017](#)

2% de coincidencia (Internet desde el 16 de abril de 2018)

<http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1299/TESIS%20HERNAN%20cast%20privada%2025%20isAllowed=v&sequence=1>

2% de coincidencia (Internet desde el 11 de septiembre de 2021)

<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3010/Quibugul.pdf?isAllowed=v&sequence=1>

RESUMEN La presente investigación se realizó con el objetivo de formular una propuesta para reducir metales pesados presentes en efluentes mineros mediante el proceso de electrocoagulación, en Cajamarca, Perú-2023, para ello se realizó la comparación de los estudios denominados M1, M2 Y M3 antes y después de la aplicación del proceso, esto para evaluar la eficiencia del mismo, dicha comparación evidencia un porcentaje de remoción de metales pesados entre 63% y 81%, además todos los parámetros analizados obtuvieron valores por debajo de los ECA, lo que sobrepasa que estas aguas podrían reutilizarse dependiendo del uso; finalmente se realizó la aplicación de una encuesta para conocer la percepción de la población, fue un cuestionario cerrado tipo Likert, la confiabilidad de este fue determinado por el programa Producto de Estadística y Solución de Servicio (SPSS) para obtener el alfa de Combrach, obteniendo un rango de 0.848, los resultados expresan que, 69 personas considerando que se debería brindar mayor información respecto a las medidas para evitar la contaminación de aguas, 83 personas considerando que las empresas que dejan ir elementos contaminantes a un cuerpo de agua deben ser multadas y 97 pobladores empleando el agua del Río Llaucano para riego. PALABRAS CLAVES: Metales pesados, Electrocoagulación, Efluentes Mineros. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN 1.1. Realidad problemática La contaminación del recurso hídrico representa un gran problema a escala mundial y está relacionada principalmente con el crecimiento demográfico, la industrialización y la concentración urbana (Herrera,2017, p.3); así mismo, uno de los mayores problemas para este recurso, procede de la contaminación por metales pesados, El agua contiene de forma natural, pequeñas concentraciones de estos, algunos de los cuales no son perjudiciales para el ecosistema, sino que son necesarios para el desarrollo de los organismos; El problema surge cuando se produce un aumento en la concentración de estos elementos, convirtiéndose entonces en sustancias tóxicas para los organismos, es por ello que hay una necesidad urgente de desarrollar técnicas innovadoras y eficaces para el tratamiento de aguas residuales. (Arango, 2005, p.2) Cabe mencionar que, en el hombre puede producir un daño a quienes se fundamentan en la cercanía de ríos, lagos, costas, etc.; provocando el deterioro de la calidad del agua, que es consumida por los mismos, Según Sarmiento, en el año 2017, menciona que, a partir de la revolución industrial iniciada a comienzos del siglo XIX, el problema se ha extendido a ríos y mares de todo el mundo; debido a ello la Comisión Europea ha iniciado un procedimiento por incumplimiento contra Italia por no garantizar que el agua destinada al consumo humano cumple las normas europeas; La contaminación del agua por arsénico y flúor es un problema persistente en Italia, y en particular en la región del Lacio; Según un nuevo informe de la Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA, por sus siglas en inglés), entre el 75 y el 96% del área evaluada de los mares de Europa tiene un problema de contaminación. (AEMA, 2019). Según los expertos, los metales como el plomo o el estaño se descubren desprendiéndose de las minas y contaminando fuentes de agua potable, envenenando ríos, contribuyendo al cambio climático y saliendo grandes áreas del paisaje; Asimismo, la contaminación por metales pesados en México es un problema que va en aumento debido a la actividad antrópica, específicamente la minería; Los metales contaminantes más importantes en México, dada su toxicidad y abundancia son: mercurio,

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos por hacer un esfuerzo sobre humano por ayudarme a lograr esta meta que anhelé por años y ser mi inspiración siempre, del mismo modo a cada miembro de mi familia. A Jose Alexander Raphael Bravo Castillo, por ser la persona que es y motivarme a ser quien realmente yo quiero ser.

Karla Luna Victoria Acevedo

A mis queridos padres que son mi mayor inspiración, un ejemplo a seguir y un pilar incondicional, a mis hermanos por estar compartiendo mi entusiasmo en mis logros, brindándome su soporte y colaboración en los momentos difíciles.

A mi querida Abuelita Ana María Valderrama Graos por ser parte de mis sueños, siempre dándome esa fuerza de voluntad para superarme día a día, A Ronal Valderrama Valderrama por ser la persona que siempre me dio los ánimos para no darme por vencida, A Jorge Luis Ruiz Juárez por ser la persona que nunca dejo de confiar en mí, siempre me motivo y fue mi soporte en todo momento.

Yoselyn Lizeth Velásquez Valderrama.

AGRADECIMIENTO

Mi mayor agradecimiento a mis amigos, quienes hicieron que incluso en los momentos de tensión, no falten las risas. Sobre todo, a quienes por más adelante que pudieran estar, nunca me dejaron y siempre procuraron que todos avancemos en una misma línea. Gracias Rosa, Dayana, Freddy, Jhordi, Liseth y Yoselyn.

A la plana docente de la Universidad Privada del Norte, a mis maestros en general y a los que en cuyos cursos más me costó aprobar, gracias por volverme alguien perseverante y quien no se rinde con facilidad.

Karla Luna Victoria Acevedo

Mi mayor agradecimiento a mi hermana María Laura Velásquez Valderrama quien hizo de este proceso un momento llevadero, siempre con sus buenos consejos y sus ánimos para no rendirme, a mis amigos Milagros Álvarez, Job Barría que a pesar de la distancia estuvieron ahí brindándome su apoyo y alentándome a lograr una de mis mayores metas,

A la plana docente de la Universidad Privada del Norte, por apoyarme y guiarme, contribuyendo significativamente en mi formación universitaria.

Finalmente, pero no menos importante un agradecimiento especial al Ing. M. SC. Víctor Hugo Gómez Ramírez, quién validó nuestros instrumentos de toma de datos, sin su ayuda gran parte de nuestra investigación no hubiera sido posible.

Yoselyn Lizeth Velásquez Valderrama.

Tabla de contenido

JURADO EVALUADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE ECUACIONES	10
RESUMEN	11
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	12
1.1. Realidad problemática	12
1.2. Formulación del problema	19
1.3. Objetivos	19
1.4. Hipótesis	20
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	21
CAPÍTULO III: RESULTADOS	30
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	40
4.1 Discusión	40
4.2 Conclusiones	42
REFERENCIAS	44
ANEXOS	49

Índice de tablas

Tabla 1. Resultado de alfa de Cronbach	28
Tabla 2. Comparación de parámetros fisicoquímicos antes y después de aplicar el proceso de electrocoagulación.	37
Tabla 3. <i>Comparación de concentración de metales pesados antes y después del proceso de Electrocoagulación.</i>	37
Tabla 4. Comparación de los resultados del proceso de Electrocoagulación con el ECA Categoría 3.....	38
Tabla 5. Valores Permitidos para la Categoría 3 de la Calidad de Aguas	55

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación del Río Llaucano en el Distrito de Bambamarca	23
Figura 2. Formulación de Propuesta Ambiental	30
Figura 3. Evaluación por grupos etarios y nivel educativo de la población encuestada.	31
Figura 4. Población económicamente activa encuestada.	31
Figura 5. Número de pobladores que han o no escuchado sobre la contaminación de aguas en su localidad.	32
Figura 6. Opinión de la población sobre su conocimiento respecto a las medidas para evitar la contaminación de aguas.	32
Figura 7. Número de pobladores que conocen las enfermedades que le puede causar el tener contacto con las aguas contaminadas del río.....	33
Figura 8. Índice de pobladores que considera estar informado sobre esta problemática.	33
Figura 9. Opinión de los pobladores sobre la contaminación que realizan las empresas y el que dejen ir elementos contaminantes a un cuerpo de agua.....	34
Figura 10. Uso que le dan los pobladores al agua del Río Llaucano.....	34
Figura 11. Factores más perjudicantes para el agua según la población.	35
Figura 12. Responsable de la contaminación del Río Llaucano según los pobladores.	35
Figura 13. Índice de preocupación de los pobladores respecto a la contaminación del Río.	36
Figura 14. Alternativas de prevención ante la problemática según la población.	36
Figura 15. Diagrama de Flujo de la Eficiencia de Remoción de Metales Pesados por Electrocoagulación.	39

Figura 16. fundamento teórico de la electrocoagulación	52
Figura 17. Procedimiento del proceso de electrocoagulación ejemplo piloto.	53
Figura 18. Parte de la contaminación del Río Llaucano, Bambamarca, 2023.....	56
Figura 19. Presencia de agua contaminada por efluentes mineros en la parte media de la Cuenca del Río Llaucano, Bambamarca, 2023.....	56
Figura 20. Contaminación por parte de la población del Río Llaucano, Bambamarca, 2023.....	57
Figura 21. Encuesta de los pobladores del Distrito de Bambamarca, referente a su percepción Ambiental, 2023.	57
Figura 22. Encuesta de los pobladores del Distrito de Bambamarca, referente a su percepción Ambiental, 2023.	58
Figura 23. Encuesta de los pobladores del Distrito de Bambamarca, referente a su percepción Ambiental, 2023.	59
Figura 24. Encuesta de los pobladores del Distrito de Bambamarca, referente a su percepción Ambiental, 2023.	59

Índice de ecuaciones

Ecuación 1. Fórmula finita de la muestra	24
---	-----------

RESUMEN

En la actualidad, la conciencia medioambiental permitió una creciente en investigaciones sobre la evaluación y remediación de contaminantes existentes en el agua, la presente investigación se realizó con el objetivo de formular una propuesta para reducir metales pesados presentes en efluentes mineros mediante el proceso de electrocoagulación, en Cajamarca, Perú-2023, para ello se realizó la comparación de los estudios denominados M1, M2 y M3 antes y después de la aplicación del proceso, esto para evaluar la eficiencia del mismo, dicha comparación evidenció un porcentaje de remoción de metales pesados entre 63% y 81%, además que todos los parámetros analizados obtuvieron valores por debajo de los ECA, lo que demostró que estas aguas podrían reutilizarse aplicando el tratamiento; finalmente se realizó la aplicación de una encuesta para conocer la percepción de la población en referencia al proceso de electrocoagulación, constó de 10 preguntas y fue un cuestionario cerrado tipo Likert, la confiabilidad de esta fue determinada por el programa Producto de Estadística y Solución de Servicio (SPSS) mediante un análisis para obtener el alfa de Cronbach que fue aplicado al 10% de la muestra; obteniendo un rango de 0.848, los resultados expresaron que, 69 personas consideran que se debería brindar mayor información respecto a las medidas para evitar la contaminación de aguas, 83 personas consideran que las empresas que dejan ir elementos contaminantes a un cuerpo de agua deben ser multadas y 97 pobladores emplean el agua del Río Llaucano para riego.

PALABRAS CLAVES: Metales pesados, Electrocoagulación, Efluentes Mineros.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La contaminación del recurso hídrico representa un gran problema a escala mundial y está relacionado principalmente con el crecimiento demográfico, la industrialización y la concentración urbana (Herrera,2017, p.3); así mismo, uno de los mayores problemas para este recurso, procede de la contaminación por metales pesados, el agua contiene de forma natural, pequeñas concentraciones de estos, algunos de los cuales no son perjudiciales para el ecosistema, sino que son necesarios para el desarrollo de los organismos; el problema surge cuando se produce un aumento en la concentración de estos elementos, convirtiéndose entonces en sustancias tóxicas para los organismos, es por ello que hay una necesidad urgente de desarrollar técnicas innovadoras y eficaces para el tratamiento de aguas residuales. (Arango, 2005, p.2)

Cabe mencionar que, en el hombre puede producir un daño a quienes se establecen en la cercanía de ríos, lagos, costas, etc.; provocando el deterioro de la calidad del agua, que es consumida por los mismos, según Sarmiento, en el año 2017, menciona qué, a partir de la revolución industrial iniciada a comienzos del siglo XIX, el problema se ha extendido a ríos y mares de todo el mundo; debido a ello la Comisión Europea ha iniciado un procedimiento por incumplimiento contra Italia por no garantizar que el agua destinada al consumo humano cumple las normas europea; la contaminación del agua por arsénico y flúor es un problema persistente en Italia, y en particular en la región del Lacio; según un nuevo informe de la Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA, por sus siglas en inglés), entre el 75 y el 96% del área evaluada de los mares de Europa tiene un problema de contaminación. (EEA, 2019)

Según los expertos, los metales como el plomo o el estaño continúan desprendiéndose de las minas y contaminando fuentes de agua potable, envenenando ríos, contribuyendo al cambio climático y afectando grandes áreas del paisaje; asimismo, la contaminación por metales pesados en México es un problema que va en aumento debido a la actividad antrópica, específicamente la minería; los metales contaminantes más importantes en México, dada su toxicidad y abundancia son: mercurio, arsénico, plomo y cromo (Covarrubias y Peña, 2017, p.1), del mismo modo, en Perú actualmente existen muchas deficiencias e imperfecciones en el diseño institucional para asegurar el acceso a agua limpia, lo cual se evidencia en la conducta de algunos empresarios, que para maximizar su rentabilidad consideran únicamente sus costos privados de producción, omitiendo los costos sociales y ambientales (Herrera y Millones, 2012, p.44)

Los lixiviados de vertederos o vertidos de aguas residuales pueden ser asimismo una fuente de contaminación, hay que señalar también que en algunos casos existen aguas que sufren un proceso de enriquecimiento natural en metales pesados al atravesar acuíferos formados por rocas que los contienen en su composición; asimismo, la medición de los metales pesados en aguas se puede llevar a cabo por diferentes técnicas. Una de ellas es la Espectrofotometría de Masas con Plasma de Acoplamiento Inductivo, para la que se utiliza un equipo de última generación, ICP-Masas. (Ríos y Horna, 2017).

Una de las tecnologías emergentes aplicadas a la reducción de concentración de metales pesados en las aguas residuales es la electrocoagulación que a partir del año 1906 tuvo su primera patente concedida en Estados Unidos a su vez tuvo problemas de tipo financiero o de regulación de incentivos que generaron tropiezos para que la industria adoptara esta técnica, pero se conocen desarrollos anteriores. Desde el siglo XIX, exactamente en 1888, donde se efectuó el primer ensayo reportado en Londres por Webster. Su proceso utilizaba ánodos de hierro soluble, con una caída de potencial de 1.8 vatios entre

los electrodos, distantes una pulgada, y una corriente anódica de 0.6 Amp/pie². De este modo, es necesario conocer también qué implican los metales pesados, los cuales son un grupo de elementos químicos que presentan una densidad alta. Son en general tóxicos para los seres humanos y entre los más susceptibles de presentarse en el agua destacamos mercurio, níquel, cobre, plomo y cromo. (Ferniza, 2017).

Ruiz (2017) en su proyecto *“Prototipo de una celda de electrocoagulación abastecida con energía fotovoltaica para tratamiento de aguas residuales en la industria minera”*, realizó un prototipo a escala de una celda de electrocoagulación para el tratamiento de aguas residuales de las minas de carbón, El diseño y la construcción del prototipo de celda permitió evaluar analíticamente la calidad del agua procesada respecto a los parámetros fisicoquímicos de calidad del agua establecidos para vertimientos en Colombia, encontrando que se generan cambios significativos en la turbiedad, dureza, demanda química de oxígeno (DQO) y oxígeno disuelto entre otros parámetros, los resultados de este estudio permitieron dar a conocer las variables que afectan dicho proceso y el diseño de una celda de electrocoagulación que tuviera los elementos necesarios para el tratamiento que se iba a realizar.

Durante (2017) realizó su investigación *“Tratamiento por electrocoagulación de aguas de cianuración generadas en Beneficio del oro en una zona minera del sur de Bolívar”*, con el fin de reducir cianuro presente en aguas residuales contaminadas por la minería Aurífera, se aplicó la Metodología de superficie de respuesta (RMS), se realizó un muestreo para la recolección de las aguas residuales y se almacenó, luego se recolectó un volumen necesario para la evaluación del sistema de electrocoagulación. Los resultados del presente estudio obtuvieron un 79.5% de remoción de cianuro utilizando como arreglo los métodos de electrodos ánodos – cátodos Fe-Al, la validación del modelo se llevó a cabo bajo las condiciones: 27 cm, 300 seg y pH 11. Que se acercan a la máxima eficiencia de remoción

de 74.9%.

Ferniza (2017) en su trabajo de investigación *“Eficiencia de un sistema acoplado electrocoagulación-fitorremediación para la remoción de pb, cu, cd y zn, presentes en efluentes mineros”* tuvo como objetivo, implementar y evaluar la eficiencia de un sistema acoplado de Electrocoagulación-Fitorremediación, para la remoción de metales pesados presentes en agua residual minera en el Estado de México, para el tratamiento de fitorremediación fue seleccionada la macrófita *Typha latifolia L.*, y se probaron diluciones de 12.5, 25, 50, 75 y 100%, sin embargo las plantas tuvieron procesos de fitotoxicidad en las diluciones de 50% a 100% del agua electro coagulada. Siendo la dilución al 12.5% la concentración a la cual los biomarcadores como la relación clorofila a/b y la tasa de crecimiento relativo, donde no se presentaron efectos tóxicos en la planta; Finalmente los resultados obtenidos del tratamiento acoplado indicaron una remoción del 99.2% Cu, 81.3% Cd y 99.4% Pb; en el caso del Zn se presentó incremento en su concentración debido a desorción de la planta.

Huayta (2017) en su trabajo de investigación *“Propuesta de tratamiento electroquímico en aguas de filtración de relave, provenientes de southern copper corporation en la región Moquegua, para su uso agrícola”*, propuso construir una celda electroquímica donde se aplicó el método de electrocoagulación en una muestra de relave emitido por Southern Copper Corporation y en la que se evaluaron diferentes parámetros tales como: pH, conductividad eléctrica, intensidad de corriente y también la eficiencia de remoción en cloruros, calcio y sulfatos, sometiendo la muestra, a voltajes progresivos de 10, 13 y 70 voltios. En base a los resultados obtenidos después del tratamiento de electrocoagulación, el 100% de los ensayos realizados tuvo como resultado la remoción de los iones Cl^- , Ca^{2+} , SO_4^{2-} , del mismo modo se obtuvo que en el ensayo de 70 voltios la muestra de efluente alcanzó los valores necesarios establecidos teniendo como porcentajes

de remoción 98,06% Cl⁻, 78,28% Ca²⁺ y 98,69% SO₄²⁻, después de una hora de tratamiento continuo, con tales resultados se confirmó la eficiencia del tratamiento.

Castañeda y Choton (2018) en su investigación *“Estudio de la densidad de corriente y tiempo de residencia en el proceso de electrocoagulación y su influencia en la reducción de Fe²⁺ de solución de drenaje ácido de mina”*, cuya finalidad fue explicar el efecto de la densidad de corriente y tiempo de residencia en el proceso de electrocoagulación, al tener una densidad de 80 mA/cm² y tiempo de 40 minutos, el porcentaje de remoción de los iones de Fe²⁺ fue de 76.20%, llegando a la conclusión de que la densidad de corriente es la variable de mayor influencia sobre la reducción de iones de Fe²⁺ por medio del proceso de electrocoagulación.

Perales (2019) en su investigación *“Influencia del proceso de electrocoagulación en la remoción de cromo hexavalente (Cr⁺⁶) en soluciones acuosas a nivel de laboratorio en la Universidad Continental, 2019”*, tuvo como objetivo determinar la influencia del proceso de electrocoagulación en la remoción de Cr⁺⁶, para lo que se fabricó un reactor tipo Batch, obteniendo que los porcentajes de remoción de Cr⁺⁶ alcanzaron un 100 % de remoción en un tiempo de 40 minutos y con un voltaje de 30 voltios siendo estos dos valores los óptimos para lograr una remoción completa de Cr⁺⁶.

Flores (2016), en su investigación *“Evaluación de la concentración de metales pesados en las aguas del río Grande y su relación con la actividad minera”*. cuantificó la presencia de metales pesados en las aguas del río Grande y; determinó si su concentración supera los ECA para agua, Se evaluó ocho metales pesados en ocho puntos predeterminados en el cauce del río Grande y algunos de sus tributarios, las evaluaciones se hicieron cada 30 días, tanto en la estación seca como en la estación lluviosa. si bien sus resultados demostraron que en todos los puntos de monitoreo existen metales pesados, no se pudo

concluir que sea debido a la actividad minera. El plomo fue el único metal que en cinco puntos de monitoreo sobrepasó los Estándares de Calidad Ambiental para agua, siendo su máxima concentración en el punto RGR (0,246 mg L⁻¹), donde superó en 392% al ECA; asimismo, el manganeso excedió en la estación lluviosa en el punto RG2 (0,591 mg L⁻¹) con 18% y en el punto QE3 (0,533 mg L⁻¹) en la estación seca con 6.6 %.

Ríos y Horna (2017) en su investigación “Concentración de metales pesados (as, cd, cr, hg y pb) en el agua de la cuenca baja del Río Jequetepeque, en relación a los estándares de calidad del agua - categoría 3, Cajamarca – 2016”, Tuvieron como objetivo principal determinar la concentración de metales pesados As, Cd, Cr, Hg y Pb en el agua de la cuenca baja del Río Jequetepeque El método de investigación que aplicaron fue de carácter descriptivo y comparativo. Se tomó como muestra un litro por cada una de las 6 estaciones de monitoreo en época de lluvia, así como en época de estiaje (12 muestras). Los resultados fueron concentraciones menores a los estándares establecidos por el D.S. N°015-2015-MINAM para aguas superficiales categoría 3 (D1: Riego de cultivos de tallo alto y bajo y D2: bebida de animales) y solo fue detectada la presencia de los siguientes metales pesados: El Arsénico, en dos puntos de muestreo (P4: 0,001mg/L y P5: 0,003 mg/L) Cadmio en cinco diferentes puntos de muestreo (P2, P3, P4, P5 y P6 con 0,001mg/L) y Plomo en dos puntos de muestreo (P3: 0,004 mg/L y P6: 0,007 mg/L) estas concentraciones respecto al mes de mayo (época de lluvia), mientras que en el mes de noviembre (época de estiaje) los valores de la concentración de estos metales fueron : Arsénico, en tres puntos de muestreo (P1: 0,004mg/L, P2: 0,005mg/L y P4: 0,006 mg/L) y Plomo en dos puntos de muestreo (P3: 0,003 mg/L y P6: 0,004 mg/L).

Las teorías aplicadas al trabajo de investigación fueron: La clasificación de los grupos etarios, donde el MINSA (Ministerio de Salud), en su investigación “Número de casos de malaria, Perú 2016 – 2022”, clasifica a la población según grupos den edad, los

cuales son: Niños (0 - 11 años), adolescentes (12 - 17 años), joven (18 – 29 años), adulto (30 – 59 años) y adulto mayor (60+ años); también, la PEA (Población económicamente activa) en el que el INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática) determina grupos de Población Económicamente Activa por sexo y condición de ocupación, según nivel de educación alcanzado; por otro lado están las teorías del desarrollo sostenible, el cual consiste en satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones, garantizando el equilibrio entre el crecimiento económico, el cuidado del medio ambiente y el bienestar social, tratando de buscar posibles soluciones a los problemas derivados de la industrialización y el crecimiento poblacional, tales como el cambio climático, la escasez de agua, las desigualdades o el hambre. Y la remediación, que es el tratamiento o conjunto de operaciones que se realizan con el objetivo de recuperar la calidad de los suelos y aguas subterráneas contaminadas, para lo que se determina la metodología de restauración ambiental, su aplicación en función de las características del suelo, así como los controles y seguimientos a realizar durante el proceso. (Sachs, 2015, p.8)

Como hemos podido evidenciar, la contaminación del recurso hídrico por efluentes mineros es un problema que cada vez ha ido tomando mayor fuerza, el cual se ve influenciado por múltiples factores, de entre los cuales uno de los que más destaca es el uso de los ríos como medio de disposición final de efluentes por parte de las industrias mineras.

1.2. Formulación del problema

Pregunta General:

¿En qué medida la propuesta realizada contribuirá con la descontaminación del río y la calidad de vida de los pobladores del distrito de Bambamarca?

Preguntas Específicas:

¿Qué tan eficiente es el proceso de electrocoagulación para la descontaminación de metales pesados en aguas contaminadas con estos?

¿El proceso de electrocoagulación podría obtener resultados que cumplan con la normativa peruana?

¿Cuál es el grado de conocimiento que tienen los pobladores que emplean el agua del río Llaucano respecto a su estado?

1.3. Objetivos

Objetivo General:

Formular una propuesta para reducir metales pesados presentes en aguas contaminadas por efluentes mineros en base a la percepción social, mediante la aplicación del proceso de electrocoagulación en el Río Llaucano, Cajamarca, 2023.

Objetivos Específicos:

Contrastar los resultados de parámetros físico-químicos del proceso de electrocoagulación antes y después del tratamiento en aguas contaminadas con metales pesados por efluentes mineros, teniendo como base trabajos de investigación.

Comparar los resultados del proceso de electrocoagulación con el ECA en aguas contaminadas con metales pesados provenientes de efluentes mineros.

Determinar la percepción actual de la población referente al ámbito informativo y ambiental sobre el río Llaucano contaminado por efluentes mineros.

1.4. Hipótesis

Según el tipo de investigación desarrollada, la presente no requiere hipótesis.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1 Tipo de Investigación

El enfoque considerado para la presente investigación fue cualitativo el cual según Sánchez (2019), menciona que se “Sustenta en evidencias que se orientan a la descripción profunda del fenómeno con la finalidad de comprenderlo y explicarlo a través de la aplicación de métodos y técnicas derivadas de sus concepciones y fundamentos epistémicos, como la hermenéutica, la fenomenología y el método inductivo” (p.3). Es por ello que la presente investigación se sustenta en este enfoque, ya que nos permite la recolección y análisis de los datos de diferentes tipos de investigaciones.

Esta investigación con respecto a su propósito es de tipo básica según Rodríguez, (2013) menciona que es aquella actividad, que está orientada a la búsqueda de nuevos conocimientos y campos de investigación, del mismo modo, el investigador se esfuerza por conocer más y mejorar las relaciones entre los fenómenos sin preocuparse por utilizar investigaciones prácticas. Es por esto que utilizamos este tipo de investigación, puesto que se requiere encontrar respuesta a la manera en la que el proceso de electrocoagulación reduce la concentración de metales pesados presentes en aguas contaminadas por efluentes mineros mediante la búsqueda de estudios que permita generar nuevos conocimientos en este tema.

La planificación en las mediciones o recolección de datos de esta investigación es retrospectiva según Ramos (2014) donde menciona que la investigación retrospectiva consiste en revisar investigaciones que ya hayan transcurrido, es decir en acontecimientos pasados con la finalidad de que se tenga un mejor análisis de los datos obtenidos de estudios científicos. Así mismo, la presente investigación es Prospectiva que se define como el proceso de investigación que requiere mirar sistemáticamente el futuro, con el objetivo de identificar las áreas de investigación estratégicas (Mera, 2014). En consecuencia, en la

presente investigación se emplea tanto la investigación retrospectiva y prospectiva, dado que se basa en sucesos pasados y a su vez datos que se obtuvieron en el futuro.

Nuestra investigación es transversal, ya que evaluaremos datos de las variables durante un periodo de 10 años basándonos en datos de publicaciones. Además, según la intervención del investigador la investigación se encuentra dentro de la clasificación observacional ya que no interfieren resultados. Lo cual se sustenta en que, según (Hernández et al., 2014), el número de mediciones en un determinado tiempo de este estudio es transversal como menciona esto es un diseño que recolecta datos de un solo momento y tiempo único por el cual tienen como propósito describir las variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Cabe recalcar que las variables identificadas fueron; remoción de concentración, proceso de electrocoagulación y aguas contaminadas por efluentes mineros.

Se aplicó el diseño propositivo ya que nos basaremos en fuentes de información que tengan relación directa con la remoción de metales pesados presentes en aguas contaminadas mediante el proceso de electrocoagulación. Para luego realizar un análisis de los datos encontrados y así lograr los objetivos planteados.

2.2 Población y Muestra

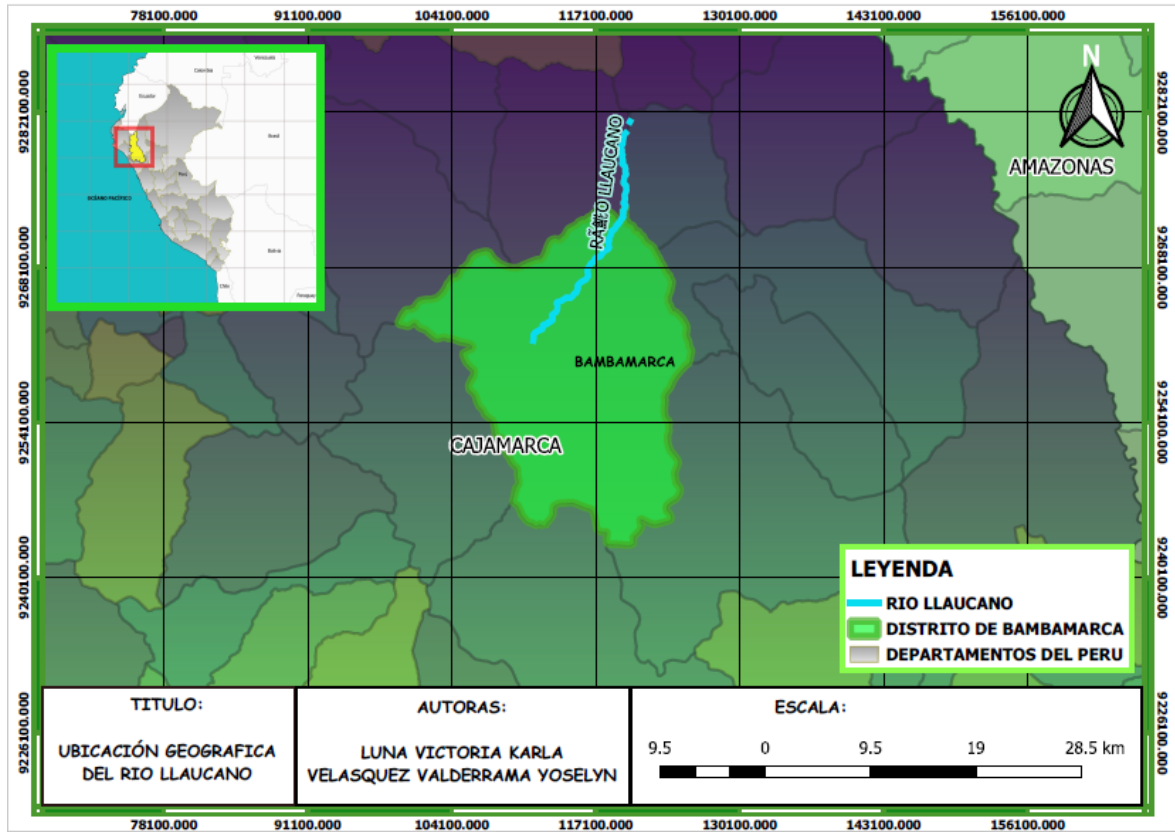
Población

En la presente investigación se trabajó con dos poblaciones, la primera población se orienta a la recolección de datos en base de publicaciones, lo que nos permitirá fundamentar nuestros objetivos basados en investigaciones realizadas en Aguas Contaminadas por Efluentes Minero aplicando el proceso de electrocoagulación para Reducir Metales Pesados.

La segunda población de la presente investigación se realizó con una población finita, dado que se conoce el número exacto de los elementos que constituyen el estudio;

población que está conformada por 51 000 habitantes que residen en el Distrito de Bambamarca, Departamento de Cajamarca, dichos son considerados porque el Río Llaucano contaminado por metales pesados pasa su cauce por dicho Distrito.

Figura 1. Ubicación del Río Llaucano en el Distrito de Bambamarca



Muestra

El desarrollo de las muestras de la presente investigación fueron planteadas en base a los dos poblaciones mencionadas anteriormente, es así que en la primera muestra se utilizó el método de recolección de base de datos de publicaciones donde se seleccionaron 03 documentos de investigación que más adelante serán mencionados como M1, M2 y M3 respectivamente, para ello se plantearon criterios de inclusión como: estar redactado en idioma español, tener una fecha de publicación no menor al año 2013, que contenga al menos una de las variables de estudio; tomándose en cuenta a su vez los tipos de metales pesados y que sean producto de la contaminación de efluentes mineros. Asimismo, dichos documentos

fueron seleccionados teniendo en cuenta los siguientes conceptos: reducción de metales, proceso de electrocoagulación y contaminación de efluentes mineros en un cuerpo de agua; cumpliendo así los tres conceptos como criterios es que fueron seleccionados dichos documentos como muestra; una limitante fue el término “Electrocoagulación en aguas contaminadas por efluentes mineros”, debido a la escasez de estudios sobre la aplicación de esta tecnología ya que es algo novedoso pero no menos efectivo en comparación a otras alternativas más conocidas.

La segunda muestra realizada en la presente investigación utilizó el método no probabilístico, que consistió en seleccionarse a base de tres criterios selectivos, el cual estableció que la muestra sea aplicada teniendo los siguientes criterios de inclusión: para los habitantes que tengan su documento de identidad (DNI), que sean mayores de edad y que residan en la zona rural. Y como criterios de exclusión no se tomaron en cuenta a los habitantes de la zona urbana, y menores de 18 años.

Para determinar el tamaño de muestra finita se utilizó la fórmula presentada a continuación:

$$n = \frac{Z^2 * N * p * q}{e^2(N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Ecuación 1. Fórmula finita de la muestra

Donde:

n: Tamaño de muestra deseado.

N: Tamaño de población.

Z: Nivel de confianza deseado.

e: Nivel de error dispuesto a cometer.

p: Probabilidad de éxito.

q: Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado.

$$n = \frac{1.96^2 * 51000 * 0.9 * 0.1}{0.05^2(51000 - 1) + 1.96^2 * 0.9 * 0.1} = 137.93 = 138$$

Por consiguiente, la segunda muestra está dirigida a 138 habitantes, que cuenten con DNI, sean mayores de edad y vivan en la zona rural de Bambamarca, Distrito de Cajamarca.

2.3 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información

Técnicas

Martínez (2013) define a técnica como la manera de que se delinea en el método; son las estrategias empleadas para recabar la información requerida y así construir el conocimiento de lo que se investiga, mientras que el procedimiento alude a las condiciones de ejecución de la técnica. De este modo la técnica empleada para la recolección de datos en esta investigación fue la encuesta que fue empleada mediante un método inductivo.

La inducción es una forma de razonamiento en la que se pasa del conocimiento de casos particulares a un conocimiento más general, que refleja lo que hay en común en los fenómenos individuales (Rodríguez y Pérez, 2017). Se empleará este método en la presente investigación en el uso de una encuesta, a partir de la cual se logrará llegar de una pregunta específica a una respuesta general.

Así mismo se utilizó una segunda técnica para la recolección de datos de publicaciones que consistió principalmente en un análisis documental. Según Solís (2016) indica que “el análisis documental es la operación que consiste en seleccionar las ideas informativamente relevantes de un documento a fin de expresar su contenido sin ambigüedades para recuperar la información en él contenida”.

Instrumentos

Arias (2020) añade que el proceso de medición de una variable requiere de la utilización de instrumentos como la encuesta, prueba de conocimiento, guía de observación entre otros que permitan al investigador acceder a los datos necesarios para la investigación. Así mismo, plantea que antes de seleccionarse o construir un instrumento se debe realizar los siguientes pasos: delimitación y planteamiento del trabajo, revisión bibliográfica, definición conceptual de los eventos, tabla de operacionalización y definición y caracterización de las unidades de estudio.

Para la recolección de datos sobre la reducción de metales pesados mediante el proceso de electrocoagulación, se trabajó la búsqueda de información relevante haciendo uso de diversas bases de datos y Repositorios Académicos. Por otro lado, se contó como instrumento al programa de Microsoft Excel para la elaboración de matrices donde fue organizada y sintetizada la información más relevante de los artículos o investigaciones seleccionadas como, base de datos, autores, año de publicación y título de la investigación con ello, se considerarán los parámetros fisicoquímicos como indicadores de la remoción de metales pesados.

Así mismo se contó con una encuesta de manera presencial que se trabajó en base a dos aspectos uno informativo y un aspecto ambiental, con tres alternativas de respuesta con un total de diez preguntas con la intención de conocer si la población tiene conocimiento sobre la contaminación de aguas y de qué manera les está afectando, el instrumento utilizado en la encuesta fue el Software Producto de Estadística y Solución de Servicio (SPSS) y como instrumento complementario el programa Microsoft Excel donde se ejecutaron las tablas dinámicas y gráficas de las respuestas de dicha encuesta utilizadas para la presentación de resultados de la investigación como tal.

2.4 Procedimiento

Se ejecuto la recolección de datos de publicaciones con un rango de antigüedad no mayor a 10 años, fueron seleccionadas en el programa de Microsoft Excel mediante una matriz donde se tomó en cuenta: el año de publicación, el título de la publicación, palabras clave que engloben la técnica de electrocoagulación, aguas contaminadas por minería y metales pesados, pasado los filtros antes mencionados se realizó cuadros comparativos para poder determinar que publicaciones serian seleccionadas para poder contrastar los resultados de parámetros físico-químicos del proceso de electrocoagulación antes y después del tratamiento en aguas contaminadas con metales pesados por efluentes mineros, teniendo como base trabajos de investigación seleccionados según nuestra matriz de base de datos de Excel.

Se realizo una encuesta a los habitantes del Distrito de Bambamarca, Departamento de Cajamarca, teniendo en cuenta los aspectos de datos generales, a su vez los criterios de selección como el tener su documento de identidad, la edad, y zona rural, dicha fue aplicada de manera presencial mediante encuestas escritas y con los respectivos protocolos de Seguridad ante el Covid-19 para así poder completar las 138 personas pertenecientes a la muestra. Así mismo se utilizó el Programa de Producto de Estadística y Solución de Servicio (SPSS) en su versión “IBM SPSS STATISTICS 25” que es utilizado para realizar la captura y análisis de datos para crear tablas y gráficas completas a su vez, posee la capacidad de gestionar datos y llevar a cabo el análisis de texto; para acceder se tiene que tener una licencia educativa que dura aproximadamente 30 días de demostración gratuita, siempre y cuando generes un código y certifiques que eres estudiante. En la presente investigación se utilizó para determinar el alfa de Cronbach.

2.5 Validez y Confiabilidad

La validez del instrumento realizado en la presente investigación fue conferida por el juicio experto de docentes metodólogos de la Carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Privada del Norte de la sede San Isidro, Trujillo.

La confiabilidad del instrumento empleado en la investigación fue determinada por el programa SPSS, mediante un análisis para obtener el alfa de Cronbach que fue aplicado al 10% de la muestra; la confiabilidad es dado siempre y cuando su valor sea de 0.7 como mínimo y como máximo aproximado al número 1.

En la presente investigación, el instrumento en el caso de la encuesta obtuvo un rango de 0.848 en base a 10 preguntas; lo cual determino que el instrumento aplicado si tiene la confiabilidad determinada por el alfa de Cronbach. El coeficiente alfa fue descrito en 1951 por Lee J. Cronbach. Donde se indica que es un índice usado para medir la confiabilidad del tipo consistencia interna de una escala, es decir, para evaluar la magnitud en que los ítems de un instrumento están correlacionados (Oviedo y Campo, 2005).

Tabla 1. Resultado de alfa de Cronbach

Estadísticas de Fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N° de Elementos
0.848	10

Fuente: Programa SPSS

2.6 Aspectos éticos

Toda la información utilizada en el presente trabajo está debidamente citado por respeto al derecho de autor, es verídica, y no se ha tenido alteraciones para la presente investigación.

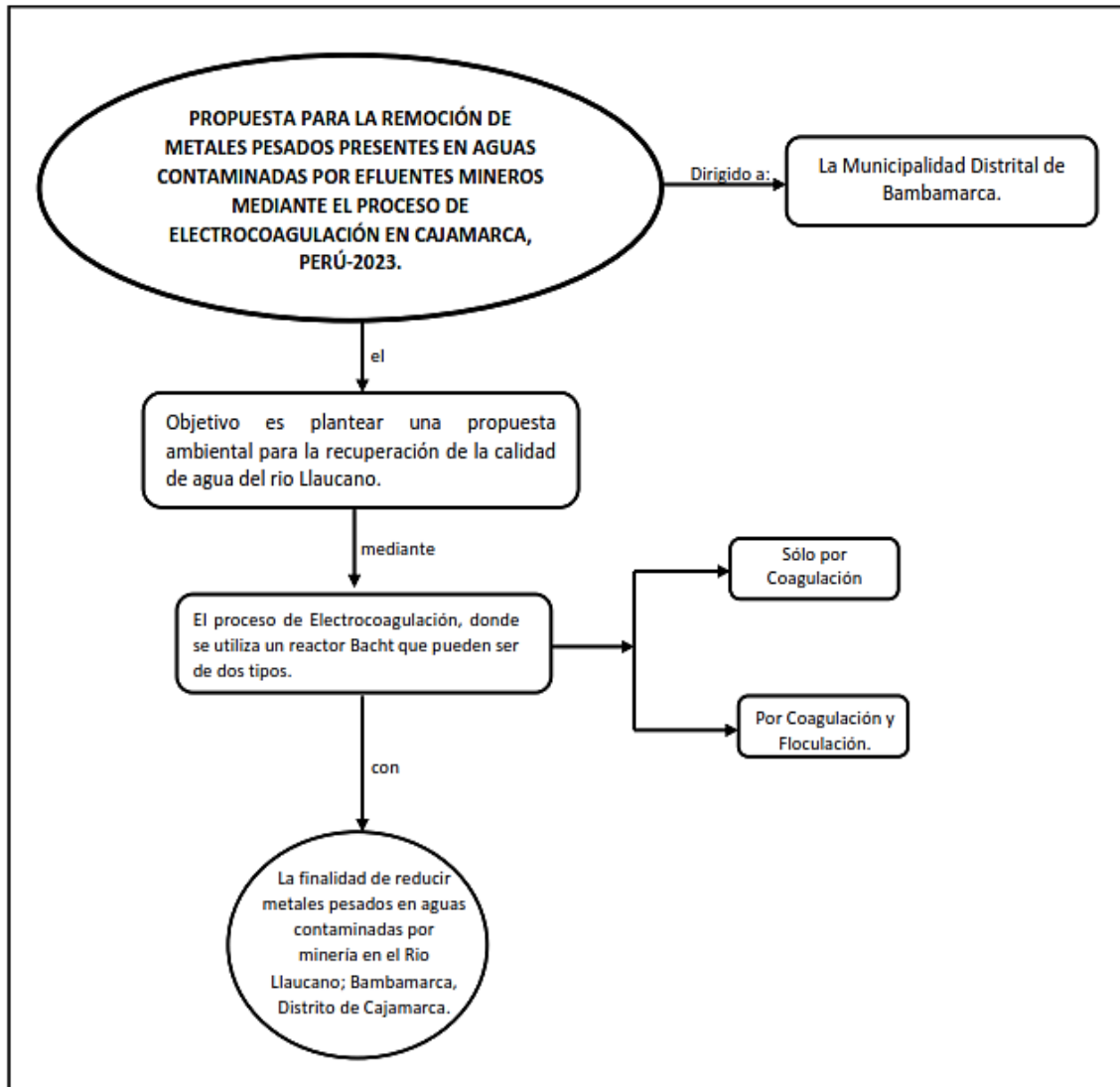
A las personas encuestadas se les hizo pregunta previa si deseaban participar y/o que se les tome fotografía en el momento de la encuesta esto con la finalidad de adjuntar a los anexos de la investigación, se les respeto su derechos y a su vez no fueron forzados.

Cabe recalcar que toda investigación entre seres humanos debe hacerse de acuerdo con tres aspectos éticos básicos: Respeto a las personas, búsqueda del bien y justicia.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

El diagrama de flujo de la figura 2, muestra la formulación de una propuesta para reducir metales pesados presentes en aguas contaminadas mediante el proceso de electrocoagulación en el Río Llaucano, Cajamarca - 2023.

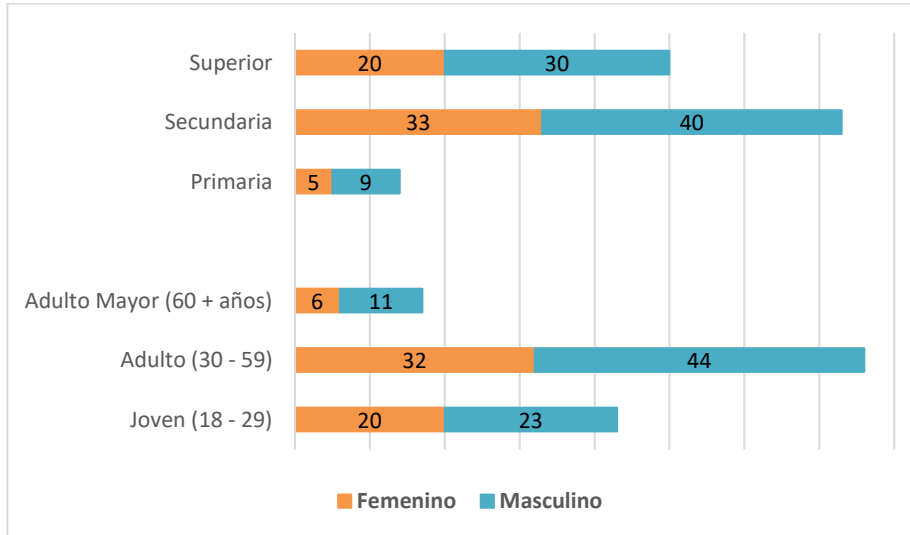
Figura 2. Formulación de Propuesta Ambiental



Nota: La ampliación de la propuesta Ambiental se muestra en el Anexo 4 del presente documento.

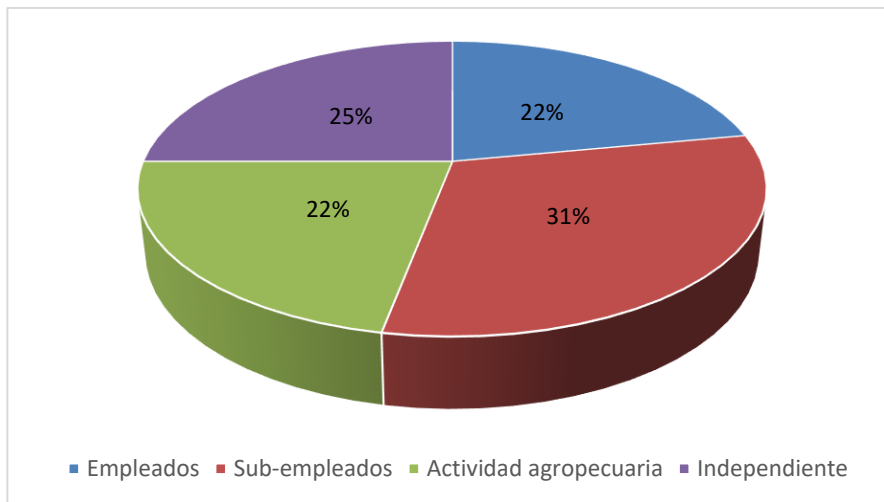
En las siguientes figuras del número 3 a 14, encontramos la percepción actual de la población de Bambamarca referente al ámbito informativo y ambiental sobre el río Llaucano contaminado por efluentes mineros.

Figura 3. Evaluación por grupos etarios y nivel educativo de la población encuestada.



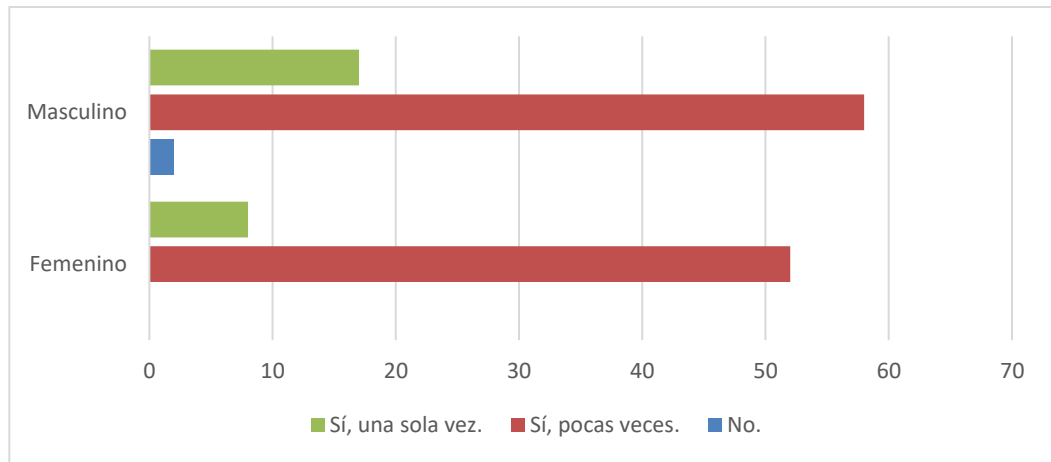
Fuente: MINSA, 2022.

Figura 4. Población económicamente activa encuestada.



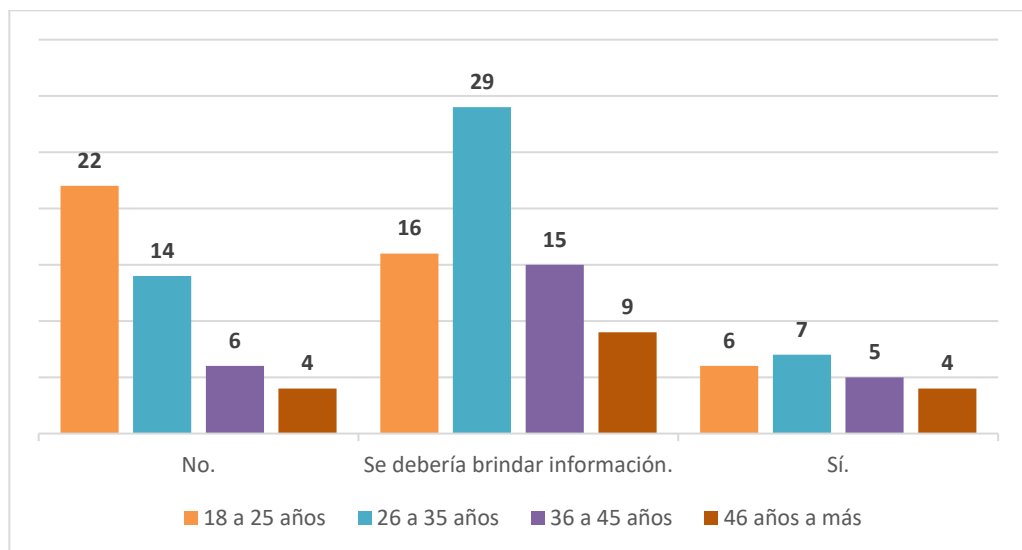
Fuente: INEI, 2017

Figura 5. Número de pobladores que han o no escuchado sobre la contaminación de aguas en su localidad.



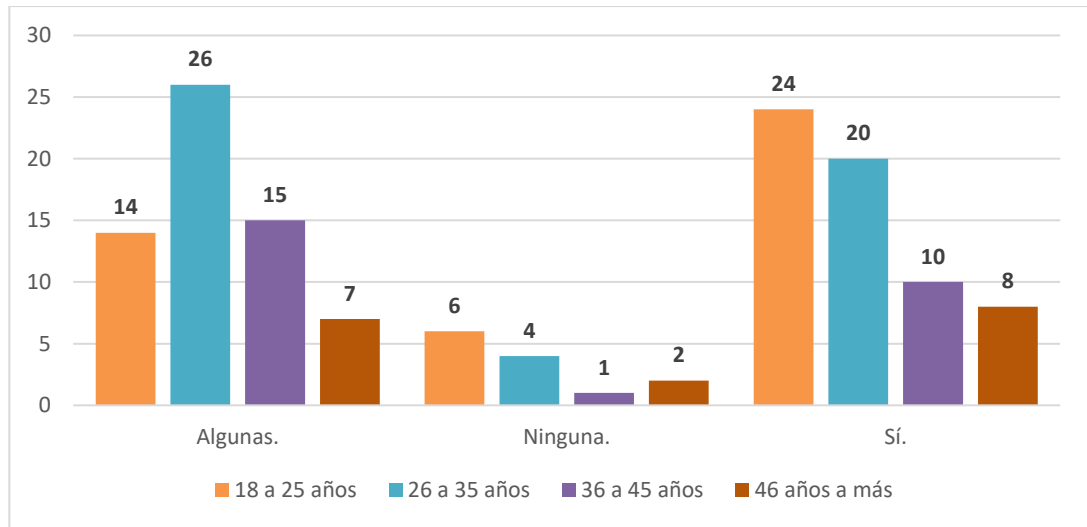
Nota: Se muestra la población encuestada según su sexo.

Figura 6. Opinión de la población sobre su conocimiento respecto a las medidas para evitar la contaminación de aguas.



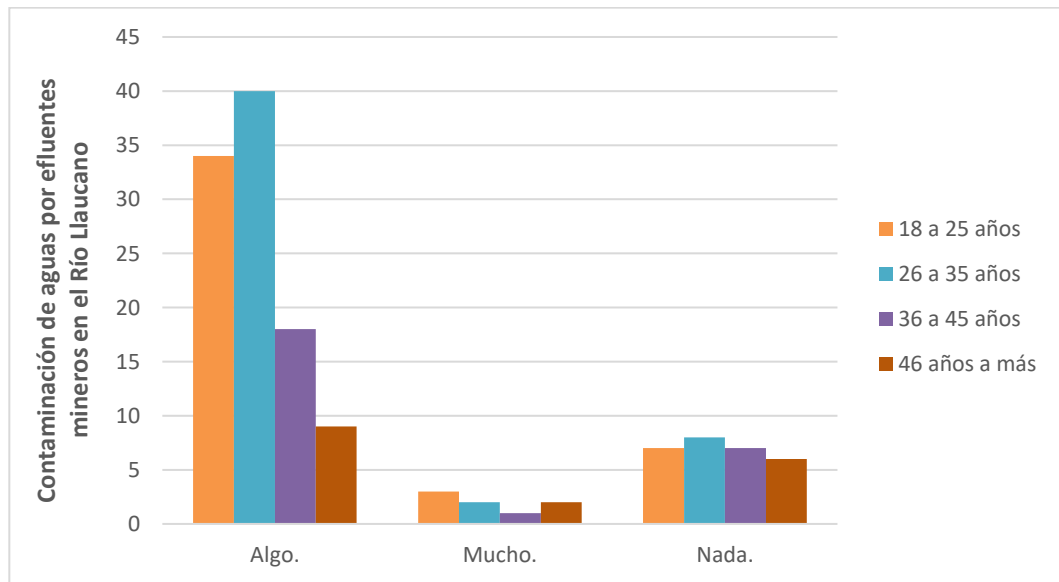
Nota: Se determinó las cantidades en base a las edades de los pobladores.

Figura 7. Número de pobladores que conocen si es que le puede causar enfermedades el tener contacto con las aguas contaminadas del río.



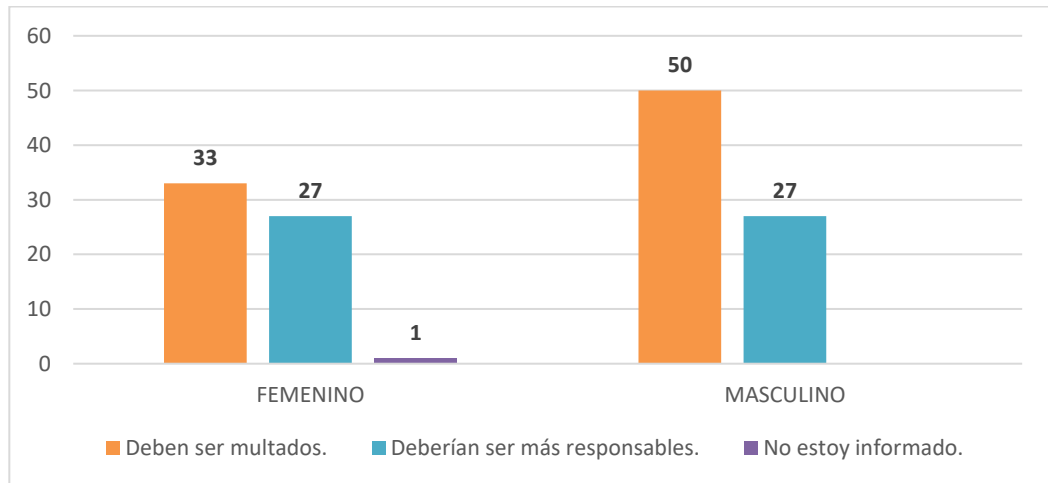
Nota: Se determinó las cantidades en base a las edades de los encuestados.

Figura 8. Índice de pobladores que considera estar informado sobre esta problemática.



Nota: Se determinó en base a las edades de los pobladores.

Figura 9. Opinión de los pobladores sobre la contaminación que realizan las empresas y el que dejen ir elementos contaminantes a un cuerpo de agua.



Nota: la figura se realizó en base al sexo de los encuestados.

Figura 10. Uso que le dan los pobladores al agua del Río Llaucano.

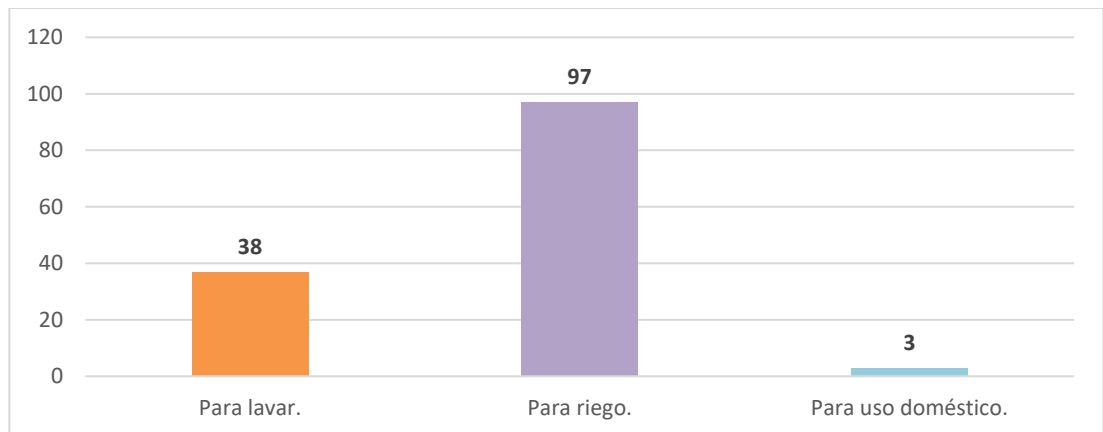


Figura 11. Factores más perjudicantes para el agua según la población.

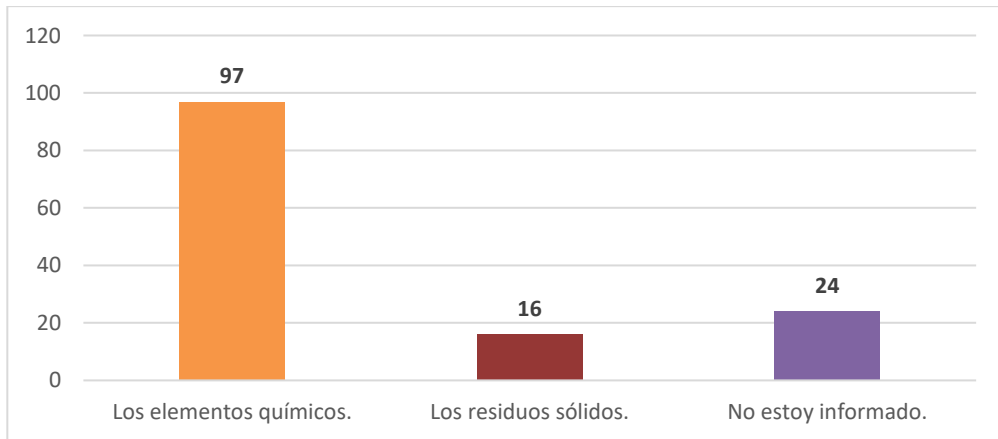
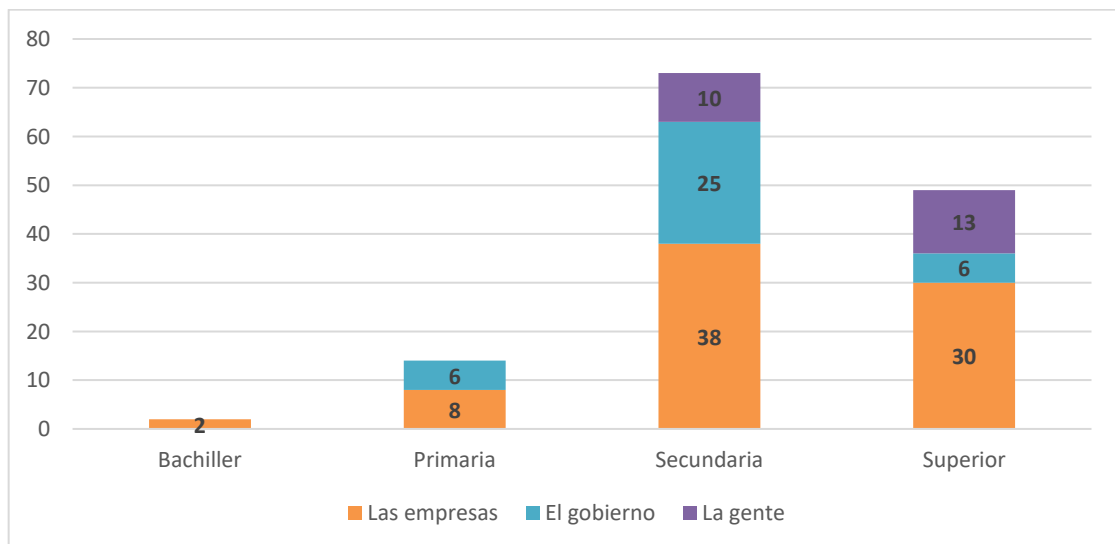


Figura 12. Responsable de la contaminación del Río Llaucano según los pobladores.



Nota: Se tomo en cuenta el nivel educativo de la muestra.

Figura 13. Índice de preocupación de los pobladores respecto a la contaminación del Río.

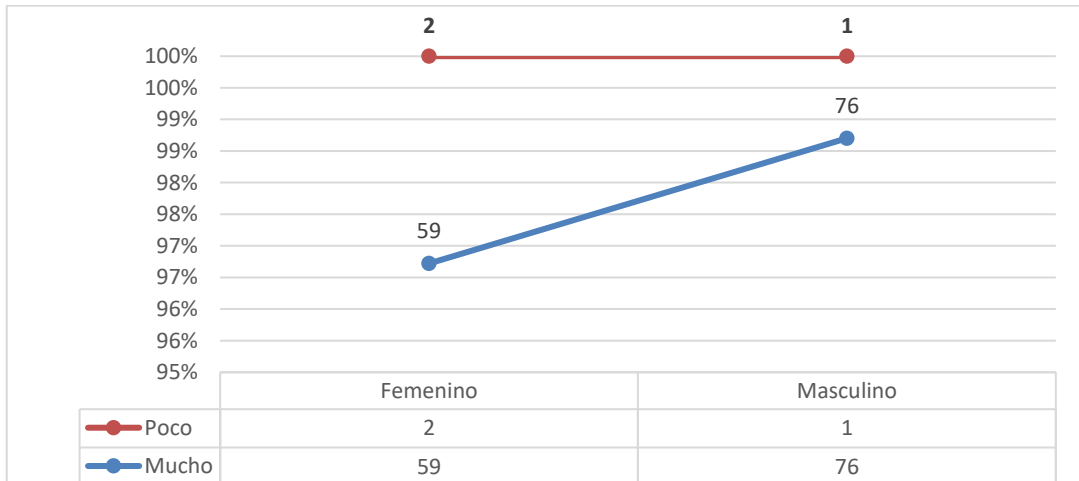
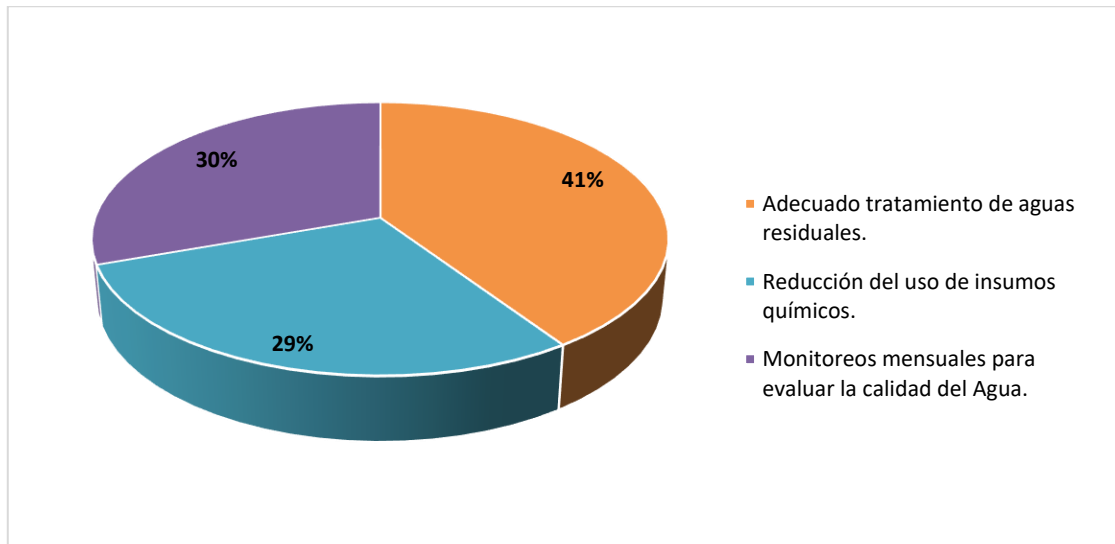


Figura 14. Alternativas de prevención ante la problemática según la población.



Nota: Se determino el Porcentaje por el tipo de alternativa de prevención.

En la Tabla 2 encontramos la Contrastación de los resultados de parámetros fisicoquímicos tales como: el pH, la Temperatura, Solidos Totales en Suspensión, DQO y DBO del proceso de electrocoagulación antes y después del tratamiento en aguas contaminadas con metales pesados por efluentes mineros, teniendo como base trabajos de investigación.

Tabla 2. Comparación de parámetros fisicoquímicos antes y después de aplicar el proceso de electrocoagulación.

ANTES					DESPUÉS					
	pH	T (°C)	Sólidos totales en suspensión	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	pH	T (°C)	Sólidos totales en suspensión	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)
M 1	8.05	20.2	1497	1234	1203	7.3	20.5	68	25	12
M 2	8.7	19.5	453	78	134	8.4	19.8	34	38	14
M 3						9.2	21.4	12	29	9

Nota: M1: “Influencia del Amperaje y Tiempo de Residencia sobre el porcentaje de remoción de metales pesados en el Tratamiento de Aguas Ácidas de minera Yanacocha S.R.L. por Electrocoagulación, 2018” (Gonzales y Malca, 2019).

M2: “Evaluación de la Remoción de Arsénico por Electrocoagulación de Aguas Mineras” (Porto, 2014).

M3: “Caracterización Fisicoquímica y Biológica de la Calidad del Agua en el Río Llaucano de la Ciudad de Bambamarca” (Saavedra, 2019).

En la Tabla 3 se presenta la comparación de la reducción de metales pesados antes y después de aplicar la técnica de electrocoagulación teniendo como base los trabajos de investigación M1 y M2 respectivamente.

Tabla 3. Comparación de concentración de metales pesados antes y después del proceso de Electrocoagulación.

ANTES				DESPUÉS				
	As(mg/L)	Cr(mg/L)	Ni(mg/L)	Cd(mg/L)	As(mg/L)	Cr(mg/L)	Ni(mg/L)	Cd(mg/L)
M 1	0.14mg				0.05mg			
M 2		0.40mg	1.52mg	0.21mg		0.01mg	0.22mg	0.01mg

Nota: M1: “Influencia del Amperaje y Tiempo de Residencia sobre el porcentaje de remoción de metales pesados en el Tratamiento de Aguas Ácidas de minera Yanacocha S.R.L. por Electrocoagulación, 2018” (Gonzales y Malca, 2019).

M2: “Evaluación de la Remoción de Arsénico por Electrocoagulación de Aguas Mineras” (Porto, 2014).

En la Tabla 4 se muestra la comparación de los resultados del proceso de electrocoagulación con el ECA en aguas contaminadas con metales pesados provenientes de efluentes mineros.

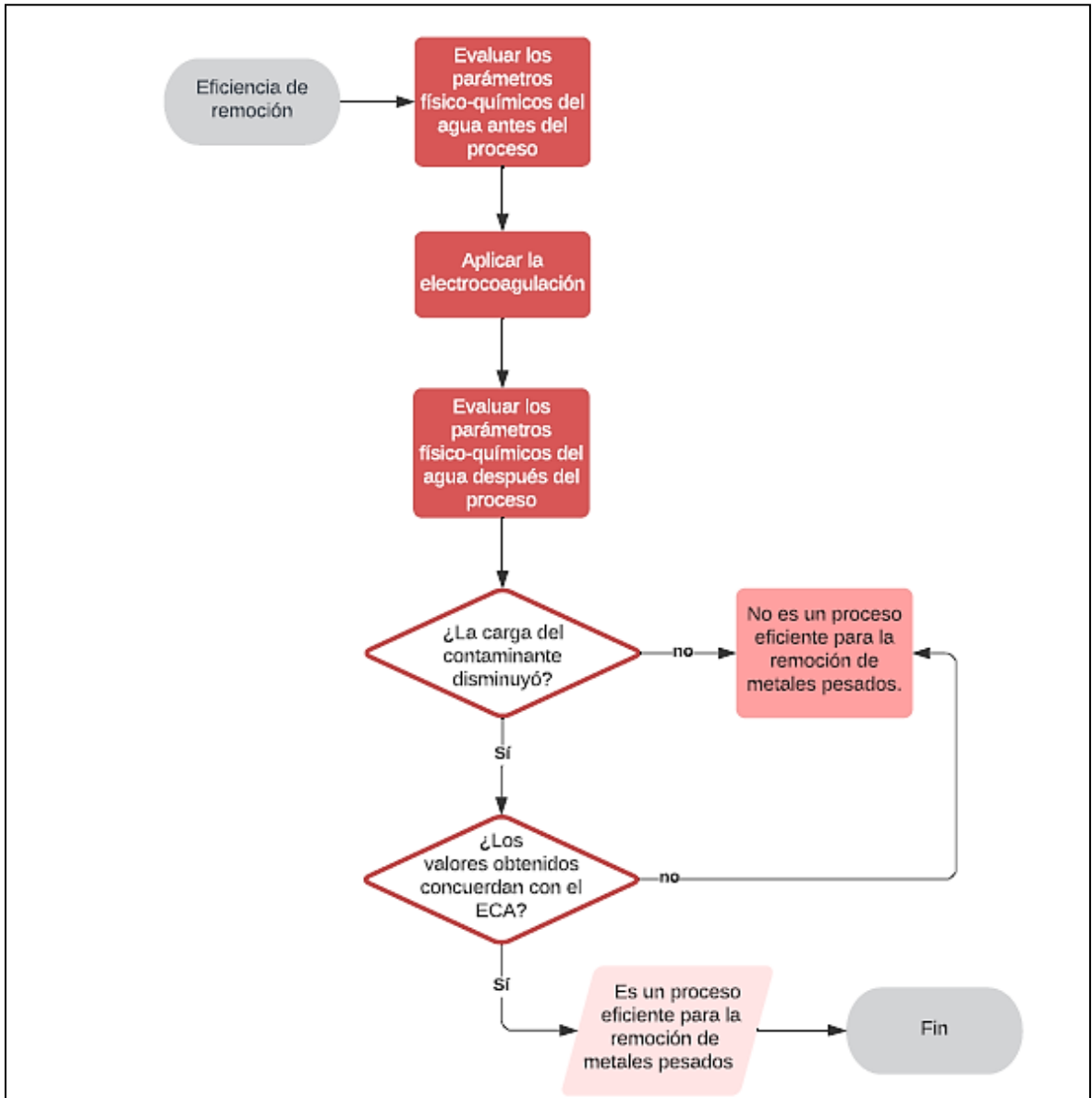
Tabla 4. Comparación de los resultados del proceso de Electrocoagulación con el ECA Categoría 3

	M1		M2		M3	
	Sí cumple	No cumple	Sí cumple	No cumple	Sí cumple	No cumple
pH	X		X			X
Temperatura	X		X		X	
Sólidos totales en suspensión	X		X		X	
DQO	X		X		X	
DBO	X		X		X	

Nota: El Anexo 5 muestra la tabla de los Estándares de Calidad Ambiental Categoría 3

En la Figura 15 se Analiza la eficiencia de la remoción de metales pesados mediante el proceso de electrocoagulación en aguas contaminadas con metales pesados.

Figura 15. Diagrama de Flujo de la Eficiencia de Remoción de Metales Pesados por Electrocoagulación.



CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

Ferniza (2017), en su trabajo de investigación empleó un tratamiento acoplado de Electrocoagulación-fitorremediación donde obtuvo como resultado la remoción eficiente de metales pesados tales como el Cu, Cd y Pb en un 99,2 %, 81,3% y 99,4% respectivamente indicando la eficiencia de la técnica, asimismo Pérez (2019) determinó la influencia del proceso de electrocoagulación en la remoción de Cr^{+6} logrando remover 5,233 ppm de Cr^{+6} en un 100% con un tiempo de 40 minutos probando así la eficiencia de la electrocoagulación; es por ello que se decidió realizar la presente propuesta ambiental que se muestra en la Figura 1 dado que la importancia de esta propuesta radica en que se realiza como un plan de acción con aplicación futura para la recuperación de aguas contaminadas por metales pesados en el Río Llaucano, está dirigida a la Municipalidad distrital de Bambamarca y considera los aspectos más relevantes de la aplicación del proceso de electrocoagulación como alternativa de solución, tales como; fundamento teórico, sub-procesos, materiales, etc.

Los resultados evidencian que (Gonzales y Malca, 2019) en su investigación redujeron en mayor índice los sólidos totales en suspensión pasando de 1497 mg/L a 68 mg/L, esto debido a que el tiempo de tratamiento fue más alto en comparación con las otras investigaciones en mención, con respecto a (Porto, 2014) se evidencia un valor inicial de temperatura de 19,5°C que posteriormente cambia a 19,8°C a causa del calor de la corriente eléctrica, puesto que se empleó un amperaje ligeramente más alto; del mismo modo, es el calor de la corriente eléctrica en mención lo actúa en reducir los índices de DQO (765 mg/L a 29 Mg/L) y DBO (698 mg/L a 9 mg/L) en (Saavedra, 2019) (Tabla 2); cabe recalcar que en la mayoría de los parámetros considerados (pH, temperatura, sólidos totales en suspensión, DQO y DBO), se evidenció una reducción en comparación a las cifras iniciales, por lo que considera que el método es muy eficiente.

Así mismo, en la Tabla 3 se muestra que Gonzales y Malca (2019), en su investigación obtuvieron una reducción de As en un 92.57 % utilizando el proceso de electrocoagulación, mientras que Porto (2014) realizó la técnica en mas metales pesados en aguas mineras teniendo a su vez resultados favorables respecto a la reducción de metales pesados obteniendo el 97.5% de Cr, 85.1% de Ni y un 100% de Cd siendo este el máximo porcentaje de remoción.

Se han obtenido como resultados los valores de M1, M2 y M3: pH: 7.3, 8.4 y 9.2; temperatura: 20.5, 19.8 y 21.4; sólidos totales en suspensión: 68, 34 y 12; DQO: 25, 38 y 29; DBO: 12, 14 y 9, respectivamente; a su vez el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM (MINSA, 2017) establece como estándares de calidad ambiental: pH: 6,5 – 8,5; temperatura: $\Delta 3$ o >3 ; sólidos totales en suspensión: 70 mg/L; DQO:40 mg/L y DBO:15 mg/L, tal como se muestra en la Tabla 2 y se evidencia los ECA en la Tabla 4; de este modo el resultado de esta investigación reporta que todos los valores en los que se realizó el proceso de electrocoagulación, están dentro del estándar aprobado por el MINSA, y que podría ser provechosa su aplicación para una eficiente descontaminación de metales pesados.

Se evaluó la percepción de la población del distrito de Bambamarca donde se obtuvo como resultados el grado de conocimiento sobre la contaminación del Río Llaucano, a su vez mas de 50% afirmo usar el agua de dicho Río para riego de cultivo y en algunas veces uso doméstico, respuestas mostradas en la Figura 10; sin embargo Saavedra (2019), en su trabajo de investigación “Caracterización fisicoquímica y biológica de la calidad del agua en el río Llaucano de la ciudad de Bambamarca”, obtuvo resultados que fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, Categoría 3, establecidas en el Decreto Supremo N°004-2017-MINAM, determinando que los parámetros que sobrepasaron los Estándares fueron el pH, con un valor máximo de 9.27 y coliformes termo tolerantes con un

valor de 35000 NMP/100 mL, valor que representa un grado alarmante de contaminación, dichos resultados permitieron determinar que el agua del Río no es apta para el consumo de animales ni riego de vegetales.

En cuanto a las limitaciones para el desarrollo de este trabajo, se identificaron en primer lugar, dificultades para la búsqueda de ciertos artículos de información debido al tiempo de antigüedad, el cual superaba el periodo establecido en la presente. Además, algunos otros tenían acceso restringido y era necesario pagar un monto de dinero para poder acceder a su contenido. También, en la aplicación de la encuesta, ya que muchos pobladores no estaban dispuestos a brindar información.

4.2 Conclusiones

Es primordial generar alternativas de manejo ante los vertimientos mineros, empleando las diferentes tecnologías dentro de ella la electrocoagulación la cual ha sido demostrada ser eficiente para la remoción de metales pesados, por lo tanto, podría ser utilizado en la gestión de los residuos provenientes de la pequeña minería.

Los estudios evaluados demostraron que la electrocoagulación es un procedimiento que ha logrado en promedio, entre 85.1% y 100% de eficiencia en el proceso de remoción de metales pesados tales como As, Cr, Ni y Cd, además de una considerable reducción respecto a los valores de los distintos parámetros en consideración antes y después del tratamiento.

Antes de la aplicación del tratamiento en M1, M2 y M3, todas estas investigaciones tenían valores que sobrepasaban ECA, después de aplicarlo en distintas condiciones (mayor tiempo de tratamiento, mayor valor de amperaje, etc.), se logró que el 100% de los trabajos en los que se aplicó la electrocoagulación, cumplieran con la normativa vigente, lo que demuestra la efectividad de este proceso.

Se determino y evaluó la percepción de la población del distrito de Bambamarca, donde se pudo afirmar que el 59.2% de la población utiliza el agua contaminadas del Rio Llaucano para riego de sus cultivos, el 20% lo usa para lavar y un 9.8% lo usa para uso doméstico, conteniendo dicho rio metales pesados, coliformes termo tolerantes, entre otros concluyendo así que tanto la población como la municipalidad deben optar por tecnologías de remediación y a su vez capacitarse más sobre las consecuencias que trae consigo el uso de esas aguas contaminadas.

Referencias

- Arángo, A. (2005). La electrocoagulación: una alternativa para el tratamiento de aguas residuales. Redalyc. <https://www.redalyc.org/pdf/695/69520109.pdf>
- <https://www.redalyc.org/pdf/695/69520109.pdf>
- Arias, J. (2020). Técnicas e Instrumentos de Investigación Científica. Repositorio eumed. https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:GzTthsxEu2kJ:https://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/2238/1/AriasGonzales_TecnicasEInstrumentosDeInvestigacion_libro.pdf+&cd=16&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe
- Autoridad Nacional del Agua. (2016). Monitoreo Participativo en el Río Llaucano. ANA. <http://www.ana.gob.pe/noticia/autoridad-nacional-del-agua-realiza-monitoreo-participativo-de-la-calidad-del-agua-en-la>
- Castañeda, D. y Choton, E. (2018). “Estudio de la densidad de corriente y tiempo de residencia en el proceso de electrocoagulación y su influencia en la reducción de Fe^{2+} de solución de drenaje ácido de mina”. Universidad Nacional de Trujillo. <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/11230>
- Covarrubias, S. y Peña, J. (2017). Contaminación ambiental por metales pesados en México: problemática y estrategias de fitorremediación. Revista Internacional de Contaminación Ambiental. <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/RICA.2017.33.esp>
[01.01](https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/RICA.2017.33.esp)
- Durante, E. (2016). Tratamiento por electrocoagulación de aguas de cianuración generadas en Beneficio del oro en una zona minera del sur de Bolívar, Colombia. Universidad de Colombia. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/448/TRABAJO%20>

[DE%20GRADO%202016%20-](#)

[%20ELVIA%20VALERIA%20DURANTE%20YANEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y](#)

EEA. (2019). La contaminación de los mares europeos continúa. Meteored.
<https://www.tiempo.com/ram/la-contaminacion-de-los-mares-europeos-continua.html>

Ferniza, F. (2017). *Eficiencia de un sistema acoplado electrocoagulación-fitorremediación para la remoción de pb, cu, cd y zn, presentes en efluentes mineros*. Universidad Autónoma del Estado de México.
<http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/65059/TESIS%202017-split-merge.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Flores, H. (2016). “*Evaluación de la concentración de metales pesados en las aguas del río Grande y su relación con la actividad minera*”. Universidad Nacional de Cajamarca.
<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1299>

Gózales, E. y Malca, M. (2019). Influencia del amperaje y tiempo de residencia sobre el porcentaje de remoción de metales pesados en el tratamiento de aguas ácidas de Minera Yanacocha S.R.L. por electrocoagulación, 2018. Repositorio UPN Sitio web:
<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/21258>

Herrera, P. y Millones, O. (2012). ¿Cuál es el costo de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos en el Perú? Revista Peruana.
<https://cies.org.pe/sites/default/files/files/articulos/economiaysociedad/06-herrera.pdf>

Herrera (2017). La contaminación del agua. Academia edu. <https://cies.org.pe/wp-content/uploads/2016/07/06-herrera.pdf>

Huayta, L. (2017). *Propuesta de tratamiento electroquímico en aguas de filtración de relave, provenientes de southern copper corporation en la región Moquegua, para su uso agrícola.*

Universidad Nacional de San Agustín.

<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3010/Quhugul.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

INEI. (2017). Censos 2017. <https://m.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/ocupacion-y-vivienda/>

Martínez, V. (2013). Métodos, técnicas e instrumentos de investigación. de Academia.edu

Sitio web:

https://www.academia.edu/6251321/M%C3%A9todos_t%C3%A9cnicas_e_instrumentos_de_investigaci%C3%B3n

Mera, C. (2014). Pensamiento prospectivo: visión sistémica de la construcción del futuro.

Redalyc. <https://www.redalyc.org/pdf/5155/515551535005.pdf>

MINSA. (2017). Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen

Disposiciones Complementarias. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones>

MINSA. (2022). Número de casos de Malaria, Perú 2016 - 2022.

<https://www.dge.gob.pe/portal/docs/vigilancia/sala/2022/SE16/malaria.pdf>

Oviedo, H y Campo, A. (2005). Aproximación al uso del coeficiente alfa de Cronbach.

SciELO. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-74502005000400009

- Perales, J. (2019). Influencia del proceso de electrocoagulación en la remoción de cromo hexavalente (Cr^{+6}) en soluciones acuosas a nivel de laboratorio en la Universidad Continental, 2019. Universidad Continental.
https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/7711/4/IV_FIN_107_T_E_Perales_Vilchez_2019.pdf
- Porto, H. (2014). Evaluación de la remoción de arsénico por electrocoagulación de aguas mineras. Repositorio UNAP. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4488>
- Ramos, M. (2014). Investigación retrospectiva para dar respuesta al origen de una enfermedad ocupacional músculo-esquelética. *Salud de los Trabajadores*, 22 (1), 65 – 70. <http://ve.scielo.org/pdf/st/v22n1/art08.pdf>
- Ríos, J. y Horna, S. (2017). Concentración de metales pesados (as, cd, cr, hg y pb) en el agua de la cuenca baja del Río Jequetepeque, en relación a los estándares de calidad del agua - categoría 3, Cajamarca - 2016. Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo. <http://repositorio.upagu.edu.pe/bitstream/handle/UPAGU/213/TESIS%20100%25%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Rodríguez, W. (2013). *Guía de investigación científica*. Editorial. https://repositorio.uch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12872/23/rodriguez_arainaga_walabonso_guia%20_investigacion_cientifica.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rodríguez, A. y Pérez, A. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. SciELO. <http://www.scielo.org.co/pdf/ean/n82/0120-8160-ean-82-00179.pdf>
- Ruiz, B. (2017). Prototipo de una celda de electrocoagulación abastecida con energía fotovoltaica para tratamiento de aguas residuales en la industria minera. Corporación

Universitaria minuto de dios – Bogotá.

<https://core.ac.uk/download/pdf/160120161.pdf>

Saavedra, L. (2019). Caracterización fisicoquímica y biológica de la calidad del agua en el río Llaucano de la ciudad de Bambamarca. Repositorio UNC.

<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/2951>

Sachs, J. (2015). La era del Desarrollo Sostenible. DEUSTO.

https://static0planetadelibroscommx.cdnstatics.com/libros_contenido_extra/31/30978

[La era del desarrollo sostenible.pdf](#)

Sampieri. (2018). Metodología de la Investigación. <https://pics.unison.mx/maestria/>

[content/uploads/2020/05/Metodologia_de_la_Investigacion-Sampieri.pdf wp-](#)

Sánchez, F. (2019). Fundamentos epistémicos de la investigación cualitativa y cuantitativa: consensos y disensos. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 13

(1), 102 – 122. <http://www.scielo.org.pe/pdf/ridu/v13n1/a08v13n1.pdf>

Sarmiento, A. (2017). Scopus. <http://rabida.uhu.es/dspace/handle/10272/7629>

Sinia. (2017). Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. MINAM.

<https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones>

Solís, I. (2016). El análisis documental como eslabón fundamental para la eficiencia de los servicios de información.

<https://www.monografias.com/trabajos14/analisisdocum/analisisdocum.shtml>

Universidad San Marcos. (2019). Normas APA – 7ma (séptima) edición. Normas APA.

https://www.usanmarcos.ac.cr/sites/default/files/i_taller_apa_7_ed.pdf

Anexos

Anexo I. Matriz de Consistencia.

TÍTULO: "REDUCCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS MEDIANTE EL PROCESO DE ELECTROCOAGULACIÓN EN AGUAS CONTAMINADAS POR EFLUENTES MINEROS, CAJAMARCA, 2021."					
PROBLEMA	HIPOTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	METODOLOGÍA	POBLACIÓN
¿De qué manera el proceso de electrocoagulación reduce la concentración de metales pesados presentes en aguas contaminadas por efluentes mineros, Cajamarca, Perú-2021?	<p>Implícita</p> <p>General: formular una propuesta para reducir metales pesados presentes en aguas contaminadas por efluentes mineros mediante el proceso de electrocoagulación en el Río Llaucano, Cajamarca, Perú-2021.</p> <p>Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Determinar la percepción actual de la población referente al ámbito informativo y ambiental sobre el río Llaucano contaminado por efluentes mineros. - Contrastar los resultados de parámetros fisicoquímicos del proceso de electrocoagulación antes y después del tratamiento en aguas contaminadas con metales pesados por efluentes mineros, teniendo como base trabajos de investigación. - Comparar los resultados del proceso de electrocoagulación con el ECA en aguas contaminadas con metales pesados provenientes de efluentes mineros. - Analizar la eficiencia de la remoción de metales pesados empleando el proceso de electrocoagulación en aguas contaminadas con metales pesados. 	<p>FÁCTICA</p> <p>Contaminación de Aguas</p> <p>TEMÁTICA</p> <p>Proceso de Electrocoagulación</p> <p>PROPOSITIVA</p> <p>Reducción de Metales Pesados.</p>	<p>Tipo de investigación: Descriptivo PROPOSITIVA</p> <p>Diseño: No experimental descriptivo Propositivo.</p> <p>Técnica: Recolección de datos en base a terceros</p> <p>Encuesta</p> <p>Instrumento: Análisis Documentario</p> <p>Cuestionario</p> <p>Nivel de Investigación: Cualitativo</p>	<p>Población: Aguas contaminadas por efluentes mineros en el departamento de Cajamarca.</p> <p>Muestra Aguas contaminadas del Río Llaucano del departamento de Cajamarca.</p>	

Anexo 2. Matriz de Operacionalización de Variables

EFLUENTES MINEROS, CAJAMARCA, 2021.”

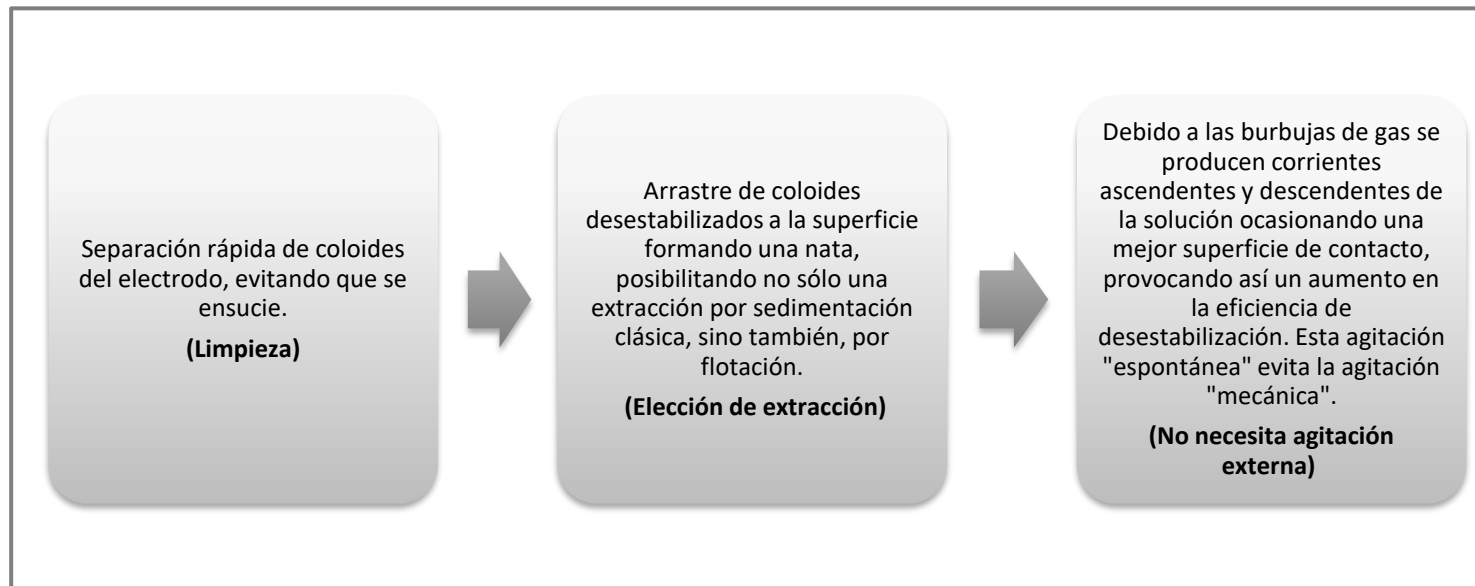
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
VARIABLE FÁTICA Contaminación de Aguas	El grado de contaminación de una fuente de agua se mide de acuerdo a la cantidad y tipo de elementos contaminantes. Estos se definen como aquellos que contienen “un exceso de materia o energía (calor) que provoque daño a humanos, animales, plantas y bienes, o que perturbe las actividades que se desarrollan con agua, es decir, que limitan su uso en condiciones seguras de salud para el hombre y el ambiente” (Palma et al., 2021).	Se someterá a una encuesta para evidenciar el grado de contaminación y la percepción de los pobladores aledaños al Río Llaucano	Se tomará en cuenta una muestra de la población total del Distrito de Bambamarca.	Número de pobladores a encuestar.	Nominal
VARIABLE TEMÁTICA: Proceso de Electrocoagulación.	Es un proceso que aplica los principios de la coagulación-floculación en un reactor electrolítico. Este es un recipiente dotado de una fuente de corriente y varios electrodos encargados de aportar los iones desestabilizadores de partículas coloidales que reemplazan las funciones de los compuestos químicos que se utilizan en el tratamiento convencional, induciendo la corriente eléctrica en el agua a través de placas metálicas paralelas de hierro o aluminio (Caviedes et al., 2015).	Será aplicado mediante una comparación de teorías en base a trabajos de investigación por terceros.	Se tomará 03 trabajos de investigación.	Determinar la eficiencia del proceso de electrocoagulación. Comparación con los ECA – Categoría 3 Comparación de Parámetros Físicoquímicos	Nominal
VARIABLE PROPOSITIVA: Reducción de Metales Pesados.	Los metales pesados son sustancias propias de la naturaleza de peso molecular alto, muy difundidos y en muchos casos muy útiles, como, por ejemplo, el plomo que se utiliza mucho para tubería, y el cadmio (Erostegui, 2009).	Se va a elaborar una propuesta para poder mejorar la calidad del agua del Río Llaucano; Bambamarca, 2021.	La Propuesta	Poner un Plan de Acción	Nominal

Anexo 3. Matriz de Instrumentos.

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	TECNICA	INSTRUMENTO
FÁTICA Contaminación de Aguas.	Se tomará en cuenta una muestra de la población total del Distrito de Bambamarca.	Número de pobladores a encuestar.	Encuesta	Cuestionario
TEMÁTICA Proceso de Electrocoagulación	Se tomará 03 trabajos de investigación.	Determinar la eficiencia del proceso de electrocoagulación. Comparación con los ECA – Categoría 3 Comparación de Parámetros Físicoquímicos	Revisión bibliográfica Análisis de documentos	Ficha de recojo de datos.
PROPOSITIVA Metales Pesados	La Propuesta	Poner un Plan de Acción	Revisión Bibliográfica.	Análisis documentario

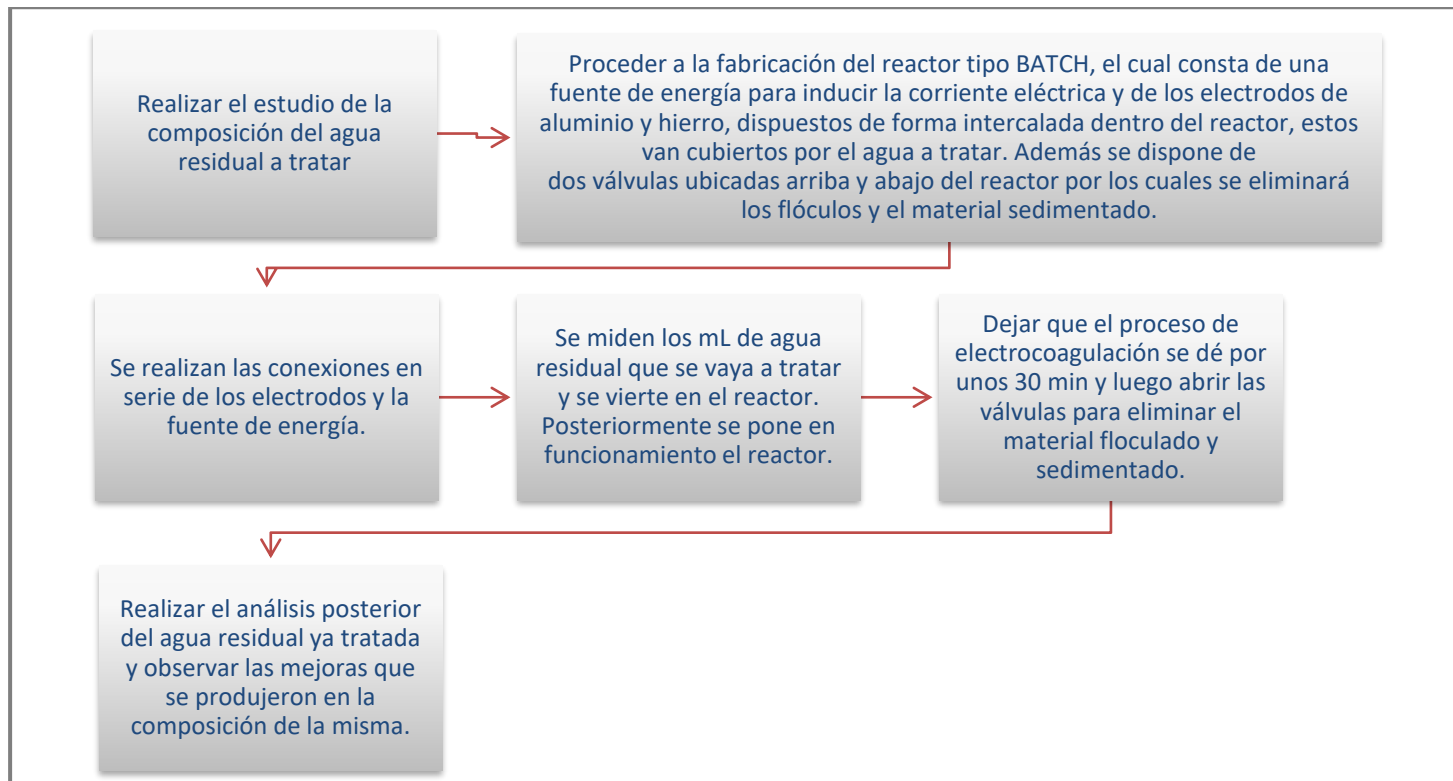
Anexo 4. Ampliación de la propuesta Ambiental.

Figura 16. fundamento teórico de la electrocoagulación



Nota: "La Electrocoagulación" (Betancourt y Domínguez, 2013).

Figura 17. Procedimiento del proceso de electrocoagulación ejemplo piloto.

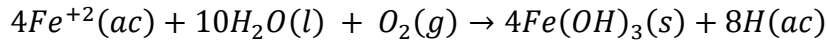
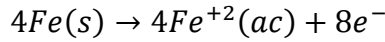


Nota: “La Electrocoagulación” (Betancourt y Domínguez, 2013)

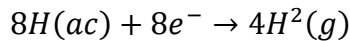
Reacciones involucradas en la electrocoagulación

Ecuación de la Formación del hidróxido férrico

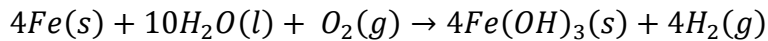
En el ánodo ocurren las siguientes reacciones:



En el cátodo ocurre la reacción:

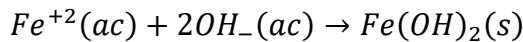
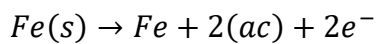


Reacción global:

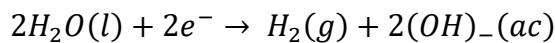


Ecuación de la Formación del hidróxido ferroso

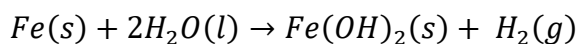
En el ánodo se dan las reacciones:



En el cátodo:

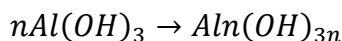
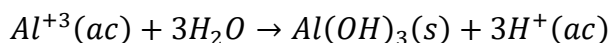
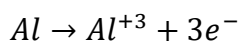


Reacción global

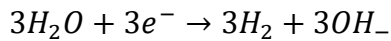


Nota: *Luego de la formación de los hidróxidos de hierro los coloides se aglomeran, especialmente aquellos con carga negativa, y posteriormente otras partículas de contaminantes interactúan con estos aglomerados, siendo removidos por formación de complejos o atracciones electrostáticas.*

Ecuación del aluminio cuando actúa con el ánodo



En el cátodo:



Nota: Los iones Al^{+3} en combinación con los OH^- reaccionan para formar algunas especies monoméricas como $Al(OH)_2^+$, $Al_2(OH)_2^+$, $Al(OH)_2^+$, y otras poliméricas, tales como $Al_6(OH)_{15}^{3+}$, $Al_7(OH)_{17}^{4+}$, $Al_8(OH)_{20}^{4+}$, $Al_{13}O_4(OH)_{24}^{7+}$ y $Al_{13}(OH)_{34}^{5+}$ que por procesos de precipitación forman el $Al(OH)_3(s)$, como se muestra en la reacción de ánodo. El $Al(OH)_3(s)$ es una sustancia amorfa de carácter gelatinoso, que expone una gran área superficial con propiedades absorbentes y que es propicia para los procesos de adsorción y atracción de las partículas contaminantes.

Anexo 5. Estándares de la Calidad Ambiental de la Categoría 3.

Tabla 5.

CATEGORÍA 3: PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES DE TALLO BAJO Y TALLO ALTO			<i>Valores</i>
PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR	
pH	Unidad de pH	6,5-8,5	
Temperatura	°C	Δ3	
Sólidos totales en suspensión	mL/L	70	
DQO	mg/L	40	
DBO	mg/L	15	

Permitidos para la Categoría 3 de la Calidad de Aguas

Anexo 6. Fotografías de la aplicación de encuesta en el encuesta en el Distrito de Bambamarca, Cajamarca, 2023.

Figura 18. Parte de la contaminación del Río Llaucano, Bambamarca, 2023.

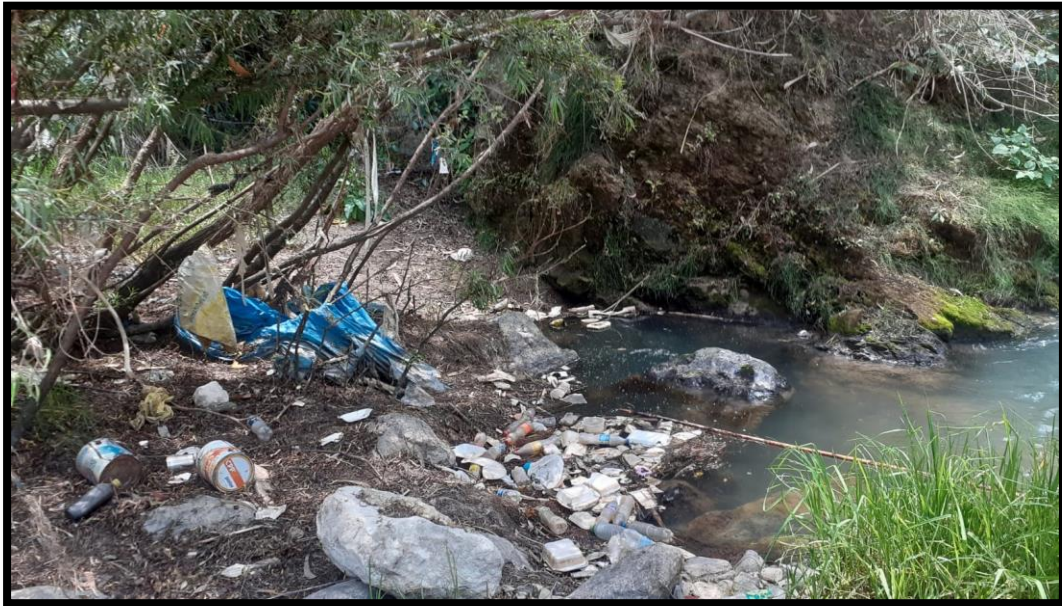


Figura 19. Presencia de agua contaminada por efluentes mineros en la parte media de la Cuenca

del Río Llaucano, Bambamarca, 2023.



Figura 20. Contaminación por parte de la población del Río Llaucano, Bambamarca, 2023.



Figura 21. Encuesta de los pobladores del Distrito de Bambamarca, referente a su percepción

Ambiental, 2023.



Figura 22. Encuesta de los pobladores del Distrito de Bambamarca, referente a su percepción Ambiental, 2023.



Figura 23. Encuesta de los pobladores del Distrito de Bambamarca, referente a su percepción Ambiental, 2023.



Figura 24. Encuesta de los pobladores del Distrito de Bambamarca, referente a su percepción Ambiental, 2023.



Anexo 7. Encuesta Aplicada a los Pobladores del Distrito de Bambamarca, Cajamarca, 2023.

ENCUESTA SOBRE LA CONTAMINACIÓN DE AGUAS EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA 2023.

FECHA: _____

Buenos Días/Tardes Joven/Sr. /Sra. /Srta., somos estudiantes de la Universidad Privada del Norte y actualmente estamos realizando una investigación propositiva con la finalidad de reducir la Contaminación de Aguas en el Río Llaucano de Cajamarca. La información obtenida será empleada en nuestra Tesis de Pregrado con la finalidad de obtener el Título de Ingeniero Ambiental.

Por lo cual agradeceríamos nos brinde su tiempo de manera voluntaria y responda con la mayor sinceridad posible las siguientes preguntas:

DATOS GENERALES:

Departamento:

Distrito:

Sexo: Masculino ()
Femenino ()

Nombres y Apellidos:

Edad:

- a. 18 a 25 años
- b. 26 a 35 años
- c. 36 a 45 años
- d. 46 años a más

Nivel educativo:

Ocupación:

ASPECTO INFORMATIVO:

1. ¿Ha escuchado usted sobre la contaminación de aguas en su localidad?
 - a. Sí, pocas veces.
 - b. Sí, una sola vez.
 - c. No.

2. ¿Cree que la población conoce suficientes medidas para evitar la contaminación de aguas?
 - a. Sí.
 - b. No.
 - c. Se debería brindar información.

3. ¿Conoce usted las enfermedades que le puede causar el tener contacto con las aguas contaminadas río Llaucano?
 - a. Sí.
 - b. Algunas.
 - c. Ninguna.

4. ¿Consideras que estás informado sobre el tema?

- a. Mucho.
- b. Algo.
- c. Nada.

5. ¿Dónde obtuviste esta información?

- a. Televisión.
- b. La radio.
- c. Diarios/Periódicos.

ASPECTO AMBIENTAL:

6. ¿Qué opina sobre la contaminación que realizan las empresas y el que dejen ir elementos contaminantes a un cuerpo de agua?

- a. Deberían ser más responsables.
- b. Deben ser multados.
- c. No estoy informado.

7. ¿Para qué utiliza usted el agua del Río Llaucano?

- a. Para riego.
- b. Para lavar.
- c. Para uso doméstico.

8. ¿Qué tanto crees que afecte la contaminación de aguas del Río Llaucano en tu entorno?

- a. Mucho.
- b. Poco.
- c. Nada.

9. ¿Cuáles crees que son los factores más perjudicantes para el agua?

- a. Los elementos químicos.
- b. Los residuos sólidos.
- c. No estoy informado.

10. ¿Quién crees que es responsable de la contaminación del Río Llaucano?

- a. La gente.
- b. Las empresas.
- c. El gobierno.

11. ¿Qué tanto te preocupa la contaminación del Río Llaucano?


- a. Mucho.
- b. Poco.
- c. Nada.

12. ¿Qué alternativas de prevención puede proponer para minorizar la contaminación de aguas por minería en el Río Llaucano?


- a. Adecuado tratamiento de aguas residuales.
- b. Reducción del uso de insumos químicos.
- c. Monitoreos mensuales para evaluar la calidad del Agua.

Anexo 8. Validación del instrumento a cargo del Metodólogo de la Universidad Privada del Norte, Sede San Isidro, Trujillo, para la aplicación de la encuesta en el Distrito de Bambamarca, Cajamarca, 2023.

MATRIZ DE EVALUACIÓN DE EXPERTOS

Título de la investigación:		"Reducción de la concentración de metales pesados mediante el proceso de electrocoagulación en aguas contaminadas por efluentes mineros, Cajamarca, 2021."		
Línea de investigación:		Desarrollo Sostenible y Gestión Empresarial.		
Apellidos y nombres del experto:				
El instrumento de medición pertenece a la variable:		Variable fáctica		
Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.				
Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	x		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	x		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	x		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	x		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	x		
6	¿La redacción de las preguntas tienen un sentido coherente y no están sesgadas?	x		
7	¿Cada una de las preguntas del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?	x		
8	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	x		
9	¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición?	x		
10	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	x		
11	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	x		
Sugerencias: Sin sugerencias.				
Firma del experto: Docente investigador: Julio Cesar Matute Calderón				
				

Anexo 9. Validación del instrumento por el Especialista Ambiental para la Aplicación de la Encuesta en el Distrito de Bambamarca, Cajamarca, 2023.

MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS				
Título de la investigación:	"Reducción de la concentración de metales pesados mediante el proceso de electrocoagulación en aguas contaminadas por efluentes mineros, Cajamarca, 2021."			
Línea de investigación:	Desarrollo Sostenible y Gestión Empresarial.			
Apellidos y nombres del experto:	Ing. M. Sc. Víctor Hugo Gómez Ramírez			
El instrumento de medición pertenece a la variable:	Variable fáctica			
<p>Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, lo exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.</p>				
Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿La redacción de las preguntas tienen un sentido coherente y no están sesgadas?	X		
7	¿Cada una de las preguntas del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?	X		
8	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
9	¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición?	X		
10	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	X		
11	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	X		
<p>Sugerencias: Considerar incluir el título de la investigación en el instrumento de medición</p>				
<p>Firma del experto:</p> <div style="text-align: center;">  Ing. Víctor Hugo Gómez Ramírez <small>C.P. 150123</small> </div>				