

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO



Facultad de Ingeniería

Carrera profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos

**INFLUENCIA DEL TIEMPO DE RETENCIÓN Y PROPORCIÓN DEL
ZURO DE ZEA MAYS EN EL DRENAJE ÁCIDO DE MINA PARA LA
REMOCIÓN DE HIERRO Y PLOMO TOTAL DEL RÍO HUALGAYOC –
ARASCORGUE, CAJAMARCA, 2019**

Bach. Roger Jesús Bautista Terán

Bach. Alicia Saraí Jiménez Machuca

Asesor: Ing. Mg. Gary Christiam Farfán Chilicaus

Cajamarca – Perú

Febrero – 2020

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO



Facultad de Ingeniería

Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos

**INFLUENCIA DEL TIEMPO DE RETENCIÓN Y PROPORCIÓN DEL
ZURO DE ZEA MAYS EN EL DRENAJE ÁCIDO DE MINA PARA LA
REMOCIÓN DE HIERRO Y PLOMO TOTAL DEL RÍO HUALGAYOC –
ARASCORGUE, CAJAMARCA, 2019**

Tesis presentada en cumplimiento parcial de los requerimientos para optar el
Título Profesional de Licenciado en Ingeniería Ambiental y Prevención de
Riesgos

Bach. Roger Jesús Bautista Terán

Bach. Alicia Saraí Jiménez Machuca

Asesor: Ing. Mg. Gary Christiam Farfán Chilicaus

Cajamarca – Perú

Febrero – 2020

COPYRIGHT © 2020 by

ROGER JESÚS BAUTISTA TERÁN

ALICIA SARAÍ JIMÉNEZ MACHUCA

Todos los derechos reservados

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y

PREVENCIÓN DE RIESGOS

APROBACIÓN DE TESIS PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL

INFLUENCIA DEL TIEMPO DE RETENCIÓN Y PROPORCIÓN DEL ZURO
DE ZEA MAYS EN EL DRENAJE ÁCIDO DE MINA PARA LA REMOCIÓN
DE HIERRO Y PLOMO TOTAL DEL RÍO HUALGAYOC – ARASCOGUE,
CAJAMARCA, 2019

Presidente: _____

Secretario: _____

Vocal: _____

Asesor: _____

Dedicatoria

A mis padres, que son pilares fundamentales en mi vida que con su tenacidad y lucha insaciable han hecho de ellos el gran ejemplo de seguir y destacar no solo para mí, sino para mis hermanos y familia en general.

A mis hermanos, en especial a mi hermana Norma Eliza que desde el cielo guía mis pasos y me motiva para seguir adelante.

Roger Jesús Bautista Terán.

A mis padres por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, apoyándome en todo momento, depositando su entera confianza en cada reto que se me presenta, también por inculcar en mí el ejemplo de valentía para no temer a las adversidades porque Dios siempre está conmigo.

A mis hermanas, por su apoyo, cariño y por estar en los momentos más importantes de mi vida.

Alicia Saraí Jiménez Machuca.

Agradecimientos

Agradecemos a Dios por bendecirnos en todo momento, guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a nuestros padres por ser pilares fundamentales, creer en nosotros, apoyarnos en todo momento, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado.

Agradecemos a la Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo por permitir desarrollar nuestro trabajo de investigación en las instalaciones de Laboratorio de Ingeniería Ambiental y prevención de riesgos.

Agradecemos de una forma especial a nuestro asesor de tesis al Mg. Gary Christiam Farfán Chilicaus quien con su experiencia, conocimientos y motivación nos orientó en la ejecución de este proyecto de investigación.

Agradecemos al Instituto de Innovación Agraria (INIA) por facilitarnos la biomasa residual de manera desinteresada para poder realizar nuestra investigación.

Resumen

Influencia del tiempo de retención y proporción del zuro de *Zea mays* en el drenaje ácido de mina para la remoción de hierro y plomo total del río Hualgayoc – Arascorgue, es una tesis motivada en conocer la influencia que tiene estos 2 factores en la adsorción del zuro de maíz. Tiene como objetivo principal determinar el tiempo de retención y la proporción de zuro de *Zea mays* en el drenaje ácido de mina para la remoción de hierro y plomo, como hipótesis se plantea: El tiempo de retención y la proporción del zuro de *Zea mays* influye en el drenaje ácido de mina para la remoción de hierro y plomo. El tipo de investigación es explicativa-experimental y cuantitativa, se tomó como muestra 30 litros de agua residual y 1.350 kg de zuro de maíz. La principal conclusión es que no hubo influencia de tiempo de retención en la remoción de plomo y hierro, pero en la proporción si presentó influencia en el metal hierro. Se recomienda realizar una cinética de adsorción antes de ejecutar una investigación relacionada con la adsorción de metales, ya que va permitir conocer el tiempo en que se realiza el proceso y no siempre se debe guiar de los antecedentes y promover el uso de tecnologías limpias para conservar el medio ambiente.

Palabras clave: Metales pesados, adsorción, zuro de *Zea mays*.

Abstract

Influence of retention time and proportion of the zero Zea maysz in the acid mine drainage for the removal of iron and total lead from the Hualgayoc – Arascorgue river, is a thesis motivated to know the influence of these 2 factors in the adsorption of the zero of corn. Its main objective is to determine the retention time and the proportion of Zea mays wall in the acid mine drainage for the removal of iron and lead, as a hypothesis arises: The retention time and the proportion of the zero from Zea mays influences Acid mine drainage for iron and lead removal. The type of research is explanatory-experimental and quantitative, 30 liters of wastewater and 1,350 kg of corn zero were taken as samples. The main conclusion is that there was no influence of retention time in the removal of lead and iron, but in the proportion it did influence the iron metal. It is recommended to carry out an adsorption kinetics before carrying out an investigation related to the adsorption of metals, since it will allow to know the time in which the process is carried out and should not always be guided by the background and promote the use of clean technologies to conserve environment.

Keywords: Heavy metals, adsorption, Zea mays zero

ÍNDICE

Dedicatoria	i
Agradecimientos	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
LISTA DE TABLAS	viii
GRÁFICOS	x
LISTA DE FIGURAS	xi
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1. Planteamiento del problema	1
1.1. Descripción de la realidad problemática	1
1.2. Definición del problema	3
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo General	3
1.3.2. Objetivos específicos	3
1.4. Justificación e importancia	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	5
2. Fundamentos teóricos de la investigación	5
2.1. Antecedentes teóricos	5
2.2. Marco teórico	9
2.2.1. El río Hualgayoc – Arascorgue	9
2.2.2. El agua	9
2.2.3. Metales pesados	11
2.2.4. Los drenajes ácidos de mina	14

2.2.5.	Tecnologías convencionales	17
2.2.6.	Proceso de biosorción	17
2.2.7.	Maíz INIA 603 – choclero	24
2.2.8.	Zuro de maíz (Zea mays)	26
2.2.9.	Marco legal	27
2.3.	Marco conceptual	29
2.4.	Hipótesis de la investigación	32
2.5.	Operacionalización de las variables	33
CAPÍTULO III: MÉTODO DE INVESTIGACIÓN		34
3.1.	Tipo de investigación	34
3.2.	Diseño de investigación	35
3.3.	Área de investigación	35
3.4.	Población	37
3.5.	Muestra	37
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	37
3.6.1.	Instrumentos	42
3.7.	Técnicas para el procesamiento y análisis de datos	42
3.8.	Interpretación de datos	43
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN		44
4.1.	Resultados	44
4.2.	Análisis e interpretación de resultados	45
4.2.1.	Análisis e interpretación de resultados del Pb	45
4.2.2.	Análisis estadístico para hierro (Fe)	50
4.2.3.	Incertidumbre	55
4.2.4.	Comparación de las concentraciones en relación con el ECA	58
4.3.	Discusión de resultados	61
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		64



5.1. Conclusiones	64
5.2. Recomendaciones	66
REFERENCIAS	67
LISTA DE ABREVIATURAS	74
GLOSARIO	75
ANEXOS	76

LISTA DE TABLAS

N°	Título de la tabla	Pág.
	Tabla 1. Diferencias entre adsorción física y química	21
	Tabla 2. Características agronómicas del maíz	25
	Tabla 3. Taxonomía del maíz.....	25
	Tabla 4. Cantidad de zuro tamizado.....	37
	Tabla 5. Ubicación de las 3 estaciones de muestreo	39
	Tabla 6. Registro del agua tratada del punto 1 – Hualgayoc	40
	Tabla 7. Registro del agua tratada del punto 2 – Arascorgue	40
	Tabla 8. Registro del agua tratada del punto 3 – Pomagón.....	41
	Tabla 9. Instrumentos, equipos y materiales.....	42
	Tabla 10. Porcentaje de adsorción de plomo y hierro.....	44
	Tabla 11. Comparaciones utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%	45
	Tabla 12. Análisis de varianza de efecto tiempo.....	46
	Tabla 13. Comparaciones utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%	47
	Tabla 14. Prueba estadística de interacción: tiempo vs. Proporción (Pb).....	49
	Tabla 15. Análisis de varianza de efecto proporción (Fe)	50
	Tabla 16. Comparaciones utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%	50
	Tabla 17. Análisis de varianza de efecto tiempo.....	51
	Tabla 18. Comparaciones utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%	52

Tabla 19. Prueba estadística de interacción: tiempo vs. Proporción (Fe).	54
Tabla 20. Análisis de incertidumbre para (Pb).....	55
Tabla 21. Análisis de incertidumbre para (Fe).....	57
Tabla 22. Media de las concentraciones (Cf; Ci) de Pb.....	58
Tabla 23. Aplicación de la prueba T student.....	58
Tabla 24. Media de las concentraciones (Cf; Ci) de Fe.	60
Tabla 25. Aplicación de la prueba T student.....	60

GRÁFICOS

Gráficos	Pag.
Gráfico 1. Diferencias de las medias de proporción para % de adsorción (Pb)....	46
Gráfico 2. Diferencias de las medias de tiempo para % de adsorción (Pb)	47
Gráfico 3. Efecto de la proporción y el tiempo en el % de adsorción (Pb).....	48
Gráfico 4: Interacción del tiempo y proporción en el % de adsorción (Pb).....	49
Gráfico 5. Diferencias de las medias de proporción para % de adsorción (Fe)....	51
Gráfico 6. Diferencias de las medias de tiempo para % de adsorción (Fe)	52
Gráfico 7. Efecto de la proporción y el tiempo en el % de adsorción (Fe).....	53
Gráfico 8. Interacción del tiempo y proporción en el % de adsorción (Fe).....	54
Gráfico 9. Análisis de incertidumbre para (Pb) en el % de adsorción	56
Gráfico 10. Análisis de incertidumbre para (Fe) en el % de adsorción	58
Gráfico 11. Comparación de las concentraciones de (Pb) con el ECA.....	59
Gráfico 12. Comparación de las concentraciones de (Fe) con el ECA	60

LISTA DE FIGURAS

Figuras	Pág.
Figura 1: Bioacumulación de metales pesados	19
Figura 2: Bioadsorción de metales pesados	20
Figura 3: Ubicación del punto H-1.....	76
Figura 4: Toma de muestras punto H-1.....	76
Figura 5: Muestra recolectada en la galonera H-1.....	76
Figura 6: Visualización del punto H-1	76
Figura 7: Toma de muestras punto A-2.....	77
figura 8: Muestra recolectada en la galonera A-2	77
Figura 9: Toma de muestras punto P-3.....	77
figura 10: Recolección de la muestra en la galonera P-3	77
Figura 11: Muestras de las 3 estaciones para ser analizadas.....	78
Figura 12: muestras de las 3 estaciones en las galoneras.....	78
Figura 13: Recepción del zuro de maíz triturado	79
Figura 14: Zuro de maíz para realizar el tamizaje.....	79
Figura 15: Tamizado del zuro de maíz en 3 mallas diferentes.....	80
Figura 16: Peso del maíz en 25g.	80
Figura 17: Peso del maíz en 50 gramos.....	80
Figura 18: Peso del maíz en 75 gramos	80
Figura 19: Medición de un litro de muestra de agua de la galonera	81
Figura 20: Vaso precipitado con zuro de maíz en muestra de agua.....	82
Figura 21: Utilización del agitador magnético	82
Figura 22: Agitación de la muestra en diferentes tiempos.....	82

Figura 23: Recolección de la muestra	82
Figura 24: Recolección de las muestras	82
Figura 25: Muestra de agua en el equipo de filtración.....	83
Figura 26: realización del filtrado de cada muestra	83

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1. Planteamiento del problema

1.1. Descripción de la realidad problemática

Hualgayoc es el distrito con el mayor número de pasivos mineros a nivel nacional y a nivel de cuencas, la del Llaucano, que precisamente pasa por esta localidad cajamarquina, figura como la segunda más afectada a nivel nacional: son 1080 pasivos mineros identificados en toda la cuenca del Llaucano. Además, también están afectados los ríos Tingo – Maygasbamba, Hualgayoc – Arascorgue (Echave, 2019).

Las viejas prácticas mineras, el manejo inadecuado de estos residuos, así como también, la inexistencia de normas precisas que regulen el cierre de minas ha devenido en la acumulación de pasivos ambientales mineros a lo largo de extensas áreas y ha provocado contaminación de recursos naturales cuyo uso pone en riesgo la salud pública (Chávez, 2015).

En el agua de la zona de estudio existe presencia de metales pesados como: aluminio, calcio, hierro, cobre, plomo, zinc, arsénico, entre otros, también coliformes que se encuentran por encima de los límites máximos permisibles, como consecuencia de los pasivos ambientales abandonados por la actividad minera y que aún no son remediados. La contaminación es producto, en un 97%, de los pasivos ambientales o vertimientos mineros

de aguas industriales, en un 2% de las aguas residuales domésticas y en un 1%, de los residuos sólidos urbanos (Cholán, 2015).

Los metales pesados en elevadas concentraciones pueden ocasionar daños hacia la salud, tales como erupciones cutáneas, dolor de estómago, problemas respiratorios, debilitamiento del sistema inmune, alteración del material genético, cáncer, afectación a los riñones e hígado e inclusive la muerte (Tejada, Herrera, & Nuñez, 2016).

La necesidad de reducir la concentración de metales pesados presentes en los recursos hídricos, ha conducido al desarrollo de las diversas técnicas de separación tales como: la coagulación, precipitación diferencial, intercambio iónico, extracción con solventes, flotación y biosorción, para que las concentraciones de los metales pesados se encuentren por debajo de los niveles exigidos por la legislación internacional sobre la conservación del medio ambiente (Mijangos & Jodra, 1995).

Ante este problema, surge la bioadsorción como una alternativa de solución para la remoción de iones metálicos presentes en el agua, esto ayuda a remover grandes porcentajes de concentraciones de iones metálicos, usando biomasa lignocelulósicas, como materiales adsorbentes (Netzahuatl & Cristiani, 2010).

1.2. Definición del problema

¿Cuál es la influencia del tiempo de retención y la proporción del zuro de *Zea mays* en el drenaje ácido de mina para la remoción de hierro y plomo total del río Hualgayoc - Arascorgue, Cajamarca, 2019?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Determinar el tiempo de retención y la proporción del zuro de *Zea mays* en el drenaje ácido de mina para la remoción de plomo y hierro total del río Hualgayoc - Arascorgue, Cajamarca, 2019.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el tiempo de retención más efectivo del zuro de *Zea mays* en el drenaje ácido de mina para la remoción de plomo y hierro total del río Hualgayoc - Arascorgue, Cajamarca, 2019.
- Determinar la proporción más efectiva del zuro de *Zea mays* en el drenaje ácido de mina para la remoción de plomo y hierro total del río Hualgayoc - Arascorgue, Cajamarca, 2019.
- Comparar los resultados de hierro y plomo post tratamiento con el Estándar de Calidad Ambiental D.S 004-2017-MINAM para el agua de la categoría 3.

1.4. Justificación e importancia

El deterioro del agua por drenajes ácidos de pasivos ambientales en Hualgayoc es notoria y prevalece en el tiempo, estas aguas discurren hacia el río Hualgayoc – Arascorgue, afectando la calidad del recurso hídrico en la zona de estudio. En la actualidad existe mayor preocupación por la protección de nuestros recursos naturales, es por ello que nace esta investigación que permitirá contribuir científicamente a dar solución a este problema a través de una tecnología limpia y sustentable como es la utilización de una biomasa residual (zuro de Zea mays) como bioadsorbente para la remoción de iones metálicos, esto nos va a permitir conocer la influencia de adsorción con relación al tiempo de retención y la proporción que vamos a utilizar para identificar cuál es el más efectivo.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2. Fundamentos teóricos de la investigación

2.1. Antecedentes teóricos

Según Sánchez (2018), en su trabajo de investigación titulado: “Biosorción de plomo y cadmio con la tusa de maíz (*Zea mays*.L.), en las aguas del Río Rimac – Zona de corcona, Huarochirí”, estudió la biosorción con proceso para la remoción de las concentraciones de Pb y Cd en las aguas del río Rimac utilizando la tusa de maíz. Estos metales son provenientes de la presencia de los relaves mineros de la zona de tamboraque, y el arrojamiento de desechos en los ríos por parte de la población donde tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de la tusa de maíz mediante el proceso de biosorción en el plomo (Pb) y cadmio (Cd) de las aguas del río Rimac – zona Corcona, Huarochirí. Realizó un estudio para la determinación del tamaño óptimo de la tusa de maíz en un tiempo de contacto de 12, 24, 36 y 48 horas, con el fin de demostrar la capacidad de remoción de biosorción de la tusa de maíz. Los resultados a condiciones de tamaño de partícula de la tusa de maíz la más óptima fue la malla +1.00 mm, dando valores de concentración de ambos metales por debajo de los Estándares Calidad Ambiental (ECA). Logrando una remoción de 60.33% en un tiempo de contacto de 36 horas para Pb y 75% en Cd, en un tiempo de contacto de 12 horas. Concluyó que la tusa de maíz es eficiente para la remoción de Pb y Cd, ya que baja los niveles de concentración y es en diferentes tiempos y en diferentes tamaños. A mayor tiempo de exposición con la biomasa tusa de maíz, se efectúa una influencia de pH de la muestra,

variando en un rango de disminución de 7.20 a 5.20, debido a que el material biosorbente se encontró en sitios ácidos. En el tiempo de contacto, presentó mayor remoción de Cd en un determinado tiempo de 12 horas, logrando disminuir el nivel de concentración por debajo de los estándares y para Pb en tiempo de 36 horas.

Según Balseca (2017), En su trabajo de investigación titulado: “Capacidad del zuro de maíz *Zea mays* como bioadsorbente para remover plomo divalente en aguas contaminadas a nivel laboratorio, SJL,2017”. Tuvo como objetivo determinar la capacidad del zuro de maíz *Zea mays* como bioadsorbente para remover plomo divalente en aguas contaminadas a nivel laboratorio, SJL,2017.

En su trabajo de investigación aplicó un diseño de investigación experimental, donde establece el efecto a causa de una manipulación con un tipo pre y post prueba; debido a que opero dos variables, la independiente (remoción de plomo divalente en aguas contaminadas), para luego observar los cambios que se generaron en el proceso de descontaminación de la muestra. Llegó a la conclusión que el zuro de maíz tiene la capacidad como bioadsorbente de remover plomo divalente en aguas contaminadas, teniendo como resultado que la capacidad mayor de adsorción de plomo fue 65.14 mg de pb/g de bioadsorbente en la muestra N°7, también identificó que la dosis óptima del zuro de maíz como bioadsorbente fue de 4g de bioadsorbente/Litro de agua contaminada y demostró que *Zea mayz* es eficaz para remover plomo divalente en aguas

contaminadas, dado que obtuvo un 91.31% de remoción del contaminante presente en la muestra.

Según Tejada, Herrera, & Nuñez (2016), en su trabajo de investigación titulado: “Remoción de plomo por biomasa residual de cáscara de naranja (*Sitrus sinenses*) y zuro de maíz (*Zea mays*)”, tuvieron como objetivo general remover las cantidades de concentración de plomo en aguas residuales industriales. Demostró la capacidad de remoción de grandes porcentajes de iones metálicos a través de un proceso de adsorción utilizando biomasa como el zuro de maíz y la cáscara de naranja. Efectuó una comparación entre biomasa usadas en el presente trabajo, cambiando el tamaño de partícula y el pH, con el propósito de determinar la adsorción en su mejor condición, a modo que utilizaron modelos matemáticos para la descripción de la cinética de adsorción de Pb. Como resultado encontraron que las biomasa utilizadas, manifestaron contener mayor capacidad de adsorción a condiciones de tamaño de partícula de 0.5mm, en el caso del zuro de maíz y 1mm en la cáscara de naranja a un pH de 6, con valores de remoción de 67.5% y 90.2% respectivamente logrando así mayor eficiencia en la remoción de Pb.

Según Oré, Lavado, & Bendezú (2015), en su trabajo de investigación titulado: “Biosorción de Pb (II) de aguas residuales de mina usando el marlo de maíz *Zea mays*”, tuvo como objetivo caracterizar al biosorbente, realizando pruebas de biosorción de Pb (II) a

partir de soluciones acuosas y estudiar las variables de dosis de biosorbente, cinética, concentración inicial Pb (II) y pH, en la que obtuvieron como resultados que el zuro de maíz posee una capacidad máxima de biosorción de 7,9 mg/g. Se logró remover el 97% de Pb (II) contenido en las aguas residuales de mina, llegando a la conclusión de que los ensayos de biosorción se determinó las condiciones óptimas para la remoción de Pb (II) las cuales fueron de 4g/L de biosorbente, tiempo de agitación de 90 minutos y pH 5,0. Estableció que el proceso de biosorción se dio por intercambio iónico e interacción electrostática entre el adsorbato y la superficie del biosorbente marlo de maíz. Logró remover el 97 % de Pb (II) contenido en las aguas residuales de mina, lo cual indica un método eficiente y económico para el tratamiento de aguas residuales con Pb (II).

2.2. Marco teórico

2.2.1. El río Hualgayoc – Arascorgue

Nace con el nombre de Hualgayoc al este del cerro Coymolache, cruza por el centro poblado de su nombre y baja precipitadamente hasta fluir en el Llaucano llevando los relaves mineros y contaminando las aguas del río Llaucano (Custodio, 2006).

La calidad de las aguas en el río Hualgayoc – Arascorgue, del análisis realizado y de la revisión de las tendencias encontradas, se concluye que las aguas no presentan degradación de su calidad aguas arriba del pueblo de Hualgayoc. Aguas abajo de la confluencia de la quebrada Mesa de plata, que es afectada por la presencia de pasivos mineros ocurre una degradación de la calidad del agua de río en cuanto a metales totales y sólidos totales suspendidos, que se agrava aguas abajo por la presencia de pasivos y actividades mineras existentes, tal como se observa aguas abajo del puente Tahona y en las quebradas aledañas. La presencia de bacterias coliformes fecales y totales detectada en algunos puntos de muestreo está asociada a la existencia de descargas de aguas residuales domésticas de pequeñas comunidades y actividades de pastoreo aguas arriba del pueblo de Hualgayoc. (GFLC, 2005).

2.2.2. El agua

El agua es un compuesto químico que más abunda en la biosfera y, también uno de las más importantes sustancias del medio natural, toda vez que es imprescindible para el sustento de la vida en nuestro planeta. La abundancia y su importancia del agua se deben a sus principales propiedades fisicoquímicas (Dómenech, 2000).

La contaminación acuática es la incorporación de materias extrañas, como microorganismos, productos químicos, residuos industriales, metales pesados, aguas residuales, petróleo, basuras, y demás que deterioran la calidad del agua y en ocasiones alteran sus propiedades físicas (comunican cierto sabor u olor) y la hacen inútil para usos productivos (Badillo, 1985).

2.2.2.1. Afectación de la calidad del agua

Los cambios físicos corresponden a variaciones de la calidad natural de las aguas tales como (color, olor, sabor y temperatura). Asimismo, las alteraciones químicas del agua suelen presentar metales pesados que pueden ser de origen orgánico e inorgánico y las alteraciones biológicas se ocasionan por la presencia de microorganismos patógenos (Medina & Peralta, 2015).

2.2.2.2. Problemática de las aguas de mina

La minería es una de las actividades industriales con mayor grado de manipulación del agua, pues, por un lado, lo emplea en

un gran número de operaciones y, por otro lado, con sus excavaciones genera grandes volúmenes fundamentalmente por infiltración de los acuíferos interceptados y de la escorrentía superficial. Como consecuencia de esto en todos los proyectos mineros es preciso contemplar los medios necesarios para el control y evacuación del agua afuera de las áreas de laboreo mediante bombeo y el empleo de adecuados sistemas de desagüe, así como la adopción de medidas de prevención de la contaminación de las mismas durante la explotación y abandono posterior (Aduvire, 2006).

2.2.3. Metales pesados

Los metales pesados se encuentran de manera natural en el ambiente en concentraciones, que, por lo general, no perjudican las diferentes formas de vida. Los metales pesados no pueden ser degradados o destruidos, pueden ser disueltos por agentes físicos y químicos y ser lixiviados (Londoño, Londoño, & Muñoz, 2016).

Uno de los problemas ambientales más severos es la contaminación del agua por metales pesados, debido a su alta toxicidad y su capacidad de bioacumulación en los organismos vivos. El incremento de la contaminación de aguas por metales pesados se debe a que estos no son química ni biológicamente degradables (Oré, Lavado, & Bendezú, 2015).

Contaminación por metales: Los metales son de importancia para la elaboración de ciertos equipos, reactivos y sustancias, pero a la vez perjudican al ambiente. Estos son transportados a largas distancias por las pequeñas partículas que estos emiten (Rupp, 2017).

2.2.3.1. Plomo

El plomo es un metal tóxico que tiene la capacidad de propagarse en el medio ambiente y que causa diferentes daños en la salud tales como, la anemia, la hepatitis y la encefalopatía. Los efluentes residuales provenientes de la minería contienen altas concentraciones de iones Pb (II) (Oré, Lavado, & Bendezú, 2015).

El plomo es un metal tóxico que se encuentra de forma natural en la corteza terrestre. Así mismo, el plomo no es un elemento esencial ni beneficioso para las plantas, animales y personas, es por ello que ha sido clasificado como una sustancia perjudicial para los organismos vivos. El uso de este metal en las distintas industrias ha dado lugar a la contaminación ambiental en varios lugares del mundo. La exposición de niveles considerables de plomo conlleva a graves problemas de salud, debido a que se va acumulando en el organismo afectando a diversos sistemas del cuerpo, es debido a ello que no existe un nivel de exposición al plomo que se considere seguro. Entre las

principales fuentes de contaminación ambiental destacan la explotación minera, la metalurgia, las actividades de fabricación y reciclaje (OMS, 2018).

Es un contaminante venenoso que se acumula en el organismo. Es un metal pesado con estado de oxidación +2 y +4, es maleable, resistente a la oxidación y a la mayoría de productos nocivos a la atmósfera, de color plateado con tono azulado que se empaña para adquirir un color gris mate, se funde con facilidad (Sarmiento, 2013).

2.2.3.2. Hierro

El hierro es un elemento metálico, magnético, maleable y de color blanco plateado. Tiene de número atómico 26 y se encuentra en el grupo 8 de la tabla periódica. Es obtenido de la naturaleza de 2 fuentes diferentes: los óxidos de hierros y los carbonatos de hierro. Los principales minerales de hierro son las hematites, la magnetita, la siderita y la limonita. La pirita que es un sulfuro de hierro, no se procesa como mineral de hierro porque el azufre es muy difícil de eliminar. También existen pequeñas cantidades de hierro combinadas con aguas naturales y en las plantas; además, es un componente de la sangre (Ramírez, 2008).

El hierro en el agua natural, proviene de la disolución de las rocas y minerales donde se encuentra contenido. Artificialmente se puede incrementar ya que es muy utilizado en las industrias y existe la posibilidad de vertidos industriales ferrosos en el agua. El hierro se encuentra en niveles muy bajos en aguas superficiales, ya que en estas aguas el ión hierro es prácticamente insoluble. Por otro lado, el hierro divalente no se encuentra normalmente en este tipo de aguas debido a que se encuentra en situaciones anaeróbicas y la presencia de oxígeno provoca su rápida oxidación (Valencia, 2010).

2.2.4. Los drenajes ácidos de mina

El drenaje ácido de mina, es la emisión o formación de aguas de gran acidez, por lo general ricas en sulfatos, y con contenidos variables en metales pesados. Dicho drenaje se desarrolla a partir de la lixiviación de sulfuros metálicos y/o de la pirita presente en carbonos (Villaseñor, 2002).

Los minerales responsables de la generación de los AMD son los sulfuros de hierro (pirita, FeS_2 y la pirrotita, Fe_{1-x}S) y, en menor medida, calcopirita, marcasita, esfalerita, etc., los cuales son estables e insolubles en ausencia de agua y oxígeno atmosférico. La gestión eficaz de los AMD y la corrección de los impactos que producen solo es posibles si se conocen los procesos que influyen en la liberación y

transporte de los elementos potencialmente tóxicos, en particular de los denominados metales pesados componentes de los drenajes ácidos (Pozo, Puente, & Veiga, 2017).

Drenaje ácido de mina es el agua contaminada originada de la explotación minera, ya sea superficial o profunda típicamente de alta acidez, rica en sulfato y con niveles elevados de metales pesados, principalmente hierro, manganeso y aluminio. Debido a la cantidad de hierro oxidado, el drenaje ácido de mina es a menudo rojizo coloreado (Gamonal, 2010).

Según (Nordstrom & Alpers, 1999), describen el proceso de oxidación de la pirita como principal responsable de la formación de aguas ácidas y, afirman que esas reacciones geoquímicas se aceleran en áreas mineras debido a que el aire entra en contacto con mayor facilidad con los sulfuros a través de las labores de acceso y la porosidad creada en las pilas de estériles y residuos, unido a ello el cambio de composición química y el incremento de la superficie de contacto en las partículas. También afirman que los procesos físicos, químicos y biológicos tienen gran influencia en la generación, movilidad y atenuación de la contaminación ácida de las aguas, y los factores que más afectan a la generación ácida son el volumen, la concentración, el tamaño de grano y la distribución de la pirita.

2.2.4.1. Factores que influyen en el proceso de formación de aguas ácidas

Según Aduvire (2006), nos dice que la calidad y cantidad de un drenaje ácido depende de las características fisicoquímicas de los materiales que entran en contacto con los flujos de agua. Cuando baja el pH la cantidad de metales disueltos suele aumentar. Pero en determinadas condiciones químicas los metales también pueden movilizarse en pH neutros o alcalinos. Durante la neutralización de efluentes con pH bajos se produce la precipitación de muchos de los metales solubles, pero el drenaje resultante sigue conteniendo metales residuales y productos de reacciones secundarias.

Los fenómenos y parámetros que afectan a la geoquímica de aguas ácidas de mina son:

Velocidad de reacción de la piritita y otros sulfuros, oxidación e hidrólisis de Fe disuelto y otros elementos, capacidad de neutralización de los minerales y materiales, capacidad de neutralización de las aguas carbonatadas, transporte de oxígeno, movilidad de agua y vapor, clima y temperatura, adsorción microbiana de metales, precipitación y disolución de los metales durante el transporte, complejos orgánicos y procesos microambientales. Las condiciones para que se formen las aguas

ácidas son: Presencia de agua, oxígeno y hierro en cantidad suficiente, presencia de bacterias y tiempo.

2.2.5. Tecnologías convencionales

Para la eliminación de metales pesados ha surgido la necesidad de buscar métodos económicos y efectivos, tal es el caso de la utilización de tecnologías de separación. Existe varios procesos que son estudiados con la finalidad de retirar metales pesados de residuos líquidos, destacando entre ellos: La bioadsorción, la precipitación extracelular, la captación con biopolímeros purificados y de otras moléculas especializadas derivadas de células microbianas, basadas las dos últimas en la capacidad de los metales para unirse por distintos mecanismos a materiales biológicos (Pagnanelli, Mainelli, & Toro, 2005).

En los últimos años se ha diversificado la utilización de biomasa muerta o productos derivados de ello, ya que, además de eliminar el problema de la toxicidad, presenta ventajas económicas, tanto de mantenimiento como evitando el suplemento de nutrientes (Cañizares, 2000).

2.2.6. Proceso de biosorción

Bioadsorción es la retención, adhesión o concentración de proceso por el cual átomos o moléculas se encuentran en una determinada fase,

depende de que sustancias estén involucradas y de ahí se extrae materia y se concentra en la superficie de otras sustancias formando una nueva fase, el proceso se realiza directamente con un residuo orgánico (Buitrón, 2015).

Esta tecnología principalmente está dirigida a la remoción de metales pesados o especies metaloides de soluciones diluidas por diferentes materiales de origen biológico tales como: algas, hongos, bacterias, frutos, productos agrícolas y algunos tipos de polímeros y se encuentran en gran abundancia en la naturaleza y de bajo costo. La biosorción ocurre cuando los cationes de los metales se unen por interacciones electrostáticas a los sitios atómicos que se encuentran en la pared celular de los citados materiales biosorbentes. Estos sitios que sirven en centros activos para la biosorción se encuentran ubicados en los grupos carboxilo, hidroxilo, amino, imino, sulfónico, que forman parte de la estructura molecular de la mayoría de los polímeros de origen biológico (Cañizares, 2000).

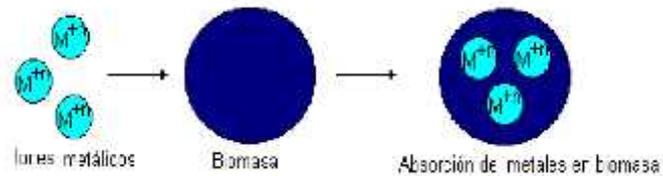
Sin embargo, este proceso presenta intervenciones de diversas variables como: la concentración del material biosorbente, la concentración, el pH y el tamaño de partícula, cuyos resultados serán óptimos y de especial importancia (Calero, Hernáinz, Blásquez, Dionisio, & Martín, 2011).

Según Oré, Lavado, Bendezú (2015), afirman la bioadsorción, es un proceso eficiente y ventajoso ya que el material que se emplea, puede adquirirse fácilmente y además se puede encontrar en la naturaleza.

Villanueva (2006), nos dice que para la captación de los metales pesados por parte de la biomasa existen dos mecanismos diferentes que son:

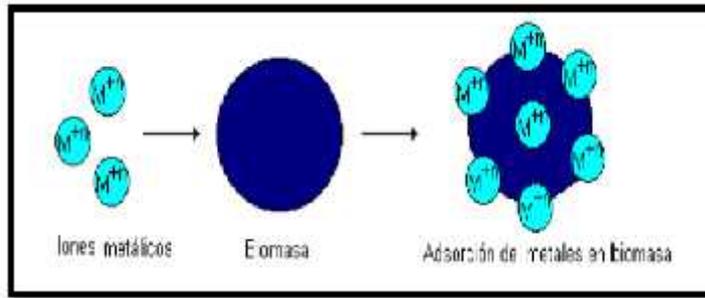
- **Bioacumulación:** Se basa en la absorción de las especies metálicas mediante los mecanismos que se acumulan en la parte interna de las células de biomasa vivas.

Figura 1: Bioacumulación de metales pesados



- **Bioadsorción:** Se basa en la adsorción de los iones por biomasa muerta tratada con sustancias químicas y sin tratar. Este fenómeno puede ocurrir por intercambio iónico, precipitación, complejación y atracción electrostática.

Figura 2: Bioadsorción de metales pesados



2.2.6.1. Tipos de adsorción

a) Adsorción física: Se da cuando el adsorbato y la superficie del adsorbente interactúan solo por medio de fuerzas de Van der Waals, es la forma más simple de adsorción debido a débiles fuerzas de atracción dado que estas fuerzas están presentes en todas partes, se caracteriza por un bajo calor de interacción, ninguna o casi ninguna acción de selección entre adsorbente y adsorbato formando posible multicapas (Lagos, 2016).

En estos casos la molécula adsorbida no está fija en un lugar específico de la superficie, sino más bien está libre de trasladarse dentro de la interface, esta adsorción en general predomina a temperaturas bajas (Perry, 1992).

b) Adsorción química: ocurre cuando las moléculas adsorbidas reaccionan químicamente con la superficie, se forman y se rompen enlaces, se da cuando se forma un enlace químico de intercambio de electrones dependiendo de los materiales

involucrados, formando enlaces fuertes en los centros activos del adsorbente (Lagos, 2016).

Se da cuando el adsorbato sufre una interacción química con el adsorbente y se caracteriza por una compartición de electrones entre el adsorbente y el adsorbato que da como resultado la liberación de una cantidad de calor siendo de misma magnitud de calor de reacción (Perry, 1992).

Los materiales químicamente adsorbidos se restringen a la formación de una monocapa a causa de la compartición de electrones (Lavado, Sun, & Recuay, 2012).

Tabla 1. *Diferencias entre adsorción física y química*

Parámetro	Adsorción física	Adsorción química
Tipo de enlace	Fuerzas intermoleculares de Van der Waals	Enlaces químicas
Reversibilidad	Reversible	Irreversible
Velocidad	Rápido	Lento
Especificidad por el adsorbato	No es específico	Específico
Calor de adsorción H°_{ads} (KJ/mol)	20-40	>100
Temperatura de reacción	Baja	Alta
Tipo de recubrimiento	Multicapas	Monocapa

Fuente: (Volesky, 1995).

2.2.6.2. Influencia de factores en el proceso de la bioadsorción

En la bioadsorción influye directamente factores como el pH; que está relacionado con el tipo de metal que se desea remover y el tipo de biomasa, la cantidad de bioadsorbente que busca una relación de equilibrio, influencia de granulometría que se relaciona con los centros activados, influencia del tiempo (Pinzón & Cardona, 2010).

a) Efecto de la temperatura

Elevadas temperaturas puede causar un cambio en la textura del sorbente y un deterioro del material que desembocan en una pérdida de capacidad de sorción (Tejada, Villabona, & Garcés, 2015).

b) Efecto del pH

El pH es un importante parámetro que controla los procesos de adsorción de metales en diferentes adsorbentes, debido a que estos iones de hidrógeno se constituyen en un adsorbato fuertemente competitivo. La adsorción de iones metálicos depende tanto de la naturaleza de la superficie adsorbente como de la distribución de las especies químicas del metal en la solución acuosa. Así, mismo que la adsorción de cationes suele estar favorecida para valores de pH superiores a 4.5, la adsorción

de aniones prefiere un valor bajo de pH, entre 1.5 y 4 (Garcés & Romero, 2012).

c) Efecto del tamaño de partícula

La adsorción tiene lugar fundamentalmente en el interior de las partículas, sobre las paredes de los poros en puntos específicos. La cantidad de adsorbato (soluto) que se puede adsorber es directamente proporcional al volumen, y es bien conocido que este volumen es directamente proporcional al área externa y también que una partícula pequeña tiene mayor área superficial, o sea mayor área de la superficie interna por su cantidad de poros por unidad de masa (Tejada, Villabona, & Garcés, 2015).

d) Efecto de la concentración inicial

Cabello (2017), La concentración del adsorbato influye en la especiación del adsorbato y, de esta manera, en su disponibilidad para ser captado por el adsorbente.

e) Efecto de cantidad de adsorbente

Cabello (2017), La cantidad de adsorbente está directamente relacionada a la superficie disponible para la adsorción y a la cantidad de posibles grupos funcionales superficiales disponibles para captar al adsorbato.

Para determinar la capacidad de adsorción en el equilibrio de los bioadsorbentes se considera la siguiente ecuación:

$$Q = (C_0 - C_{eq}) * \frac{V}{m}$$

Donde:

Q: es la adsorción de plomo y hierro (mg/g)

C₀: concentración inicial de los iones de plomo

C_{eq}: concentración final de los iones plomo y hierro en el equilibrio (mg/L).

V: Volumen de la solución (L)

m: masa del adsorbente (g)

f) Tipo de material biosorbente

La capacidad de eliminación de los biosorbentes está condicionada en gran parte a la composición de reactividad química de su superficie debido a que estos determinan los mecanismos de retención de los adsorbatos. Otros factores que influyen en su utilización son las propiedades físicas como la densidad, porosidad, la resistencia mecánica o el tamaño o forma de partícula (Izquierdo, 2010).

2.2.7. Maíz INIA 603 – choclero

El maíz choclero es una variedad que presenta una polinización libre, tiene una buena adaptación a las condiciones de los valles interandinos de la sierra entre 2600 y 3000 metros de altitud. Las plantas son de

porte mediano a alto, con buena arquitectura, tallo medianamente grueso, con una o dos mazorcas ubicadas en el tercio medio. La mazorca tiene forma cilindro cónica, con 8 a 10 hileras de granos grandes, amiláceos y de color blanco cremoso. Su potencial de rendimiento de grano seco es de 6 ton/ha. Se puede cosechar a los 170 días de siembra 40000 choclos de primera, con buenos precios (INIA, 2004).

Principales características agronómicas de la variedad

Tabla 2. *Características agronómicas del maíz*

Altura de planta	2.48 m
Altura de mazorca	1.45 m
Días a floración femenina	110 días
Producción de choclo	170 días
Periodo vegetativo	210 días

Fuente: (INIA, 2004).

Taxonomía del maíz

Tabla 3. *Taxonomía del maíz*

Reino	Vegetal
Clase	Liliopsida
Orden	Cyperales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Panicoideae
Género	<i>Zea</i>
Especie	<i>Zea mays</i>

Fuente: (Paliwal, 2001).

2.2.8. Zuro de maíz (*Zea mays*)

Paliwal (2001), sostiene que el zuro del maíz puede denominarse al residuo producido luego de desgranar la mazorca de maíz, es decir su tronco.

2.2.8.1. Caracterización del zuro de *Zea mays*

Moreno, Figueroa, & Hormaza (2012), desarrollaron la caracterización del biosorbente tusa de maíz, obteniendo la composición química en un 0.00% almidón, 1.22% de cenizas, 56.13% fibra en detergente ácido, 85.43% fibra en detergente neutro y 7.39% lignina, permitiendo calcular los contenidos de celulosa y hemicelulosa, cuyo valor fue de 48.74% y 29.21%. Gracias a estos componentes la tusa de maíz es eficiente para retener los iones metálicos.

2.2.8.2. Capacidad del zuro de maíz como biosorbente

El zuro de maíz ha sido utilizado por diversos autores para la biosorción de metales pesados. Se han realizado estudios de zuro de maíz como material adsorbente, en el cual se dedujo que en condiciones de reducción y clasificación por tamaños puede ser utilizado como biosorbente para lograr remoción de metales pesados (Pinzón & Cardona, 2010).

2.2.9. Marco legal

2.2.9.1. Ley General del Ambiente – Ley N° 28611

Establece los principios y normas básicas para asegurar el efectivo ejercicio del derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, así como el cumplimiento y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población y lograr el desarrollo sostenible del país.

2.2.9.2. Ley de Recursos Hídricos – Ley N° 29338

Según el Artículo 83°, está prohibido verter sustancias contaminantes y residuos de cualquier tipo en el agua y en los bienes asociados a ésta, que representen riesgos significativos según los criterios de toxicidad, persistencia o bioacumulación. La Autoridad Ambiental respectiva, en coordinación con la Autoridad Nacional, establece los criterios y la relación de sustancias prohibidas.

2.2.9.3. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM: Estándares de Calidad del Agua (ECA) para Agua.

Establece los niveles de concentración de los elementos, sustancias, parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el agua en su condición de cuerpo receptor y componente

básico de los ecosistemas acuáticos que no represente riesgos significativos para la salud de las personas ni para el ambiente.

Las normas que regulan la concentración de plomo y hierro en el agua, se da en el Decreto Supremo N° 004- 2017- MINAM, las cuales son aplicados en el ámbito nacional que considera las siguientes precisiones:

- Categoría 1: Poblacional y Recreacional
- Categoría 2: Actividades Marino Costeras
- Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de Animales
- Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático

2.3. Marco conceptual

Metales

Son los elementos puros que se caracterizan por ser buenos conductores del calor y la electricidad, poseen alta densidad y son sólidos a temperatura ambiente y sus sales forman iones electropositivos (Cationes) en disolución (Colin & Cann, 2014).

Concentración

Llamado concentración de una sustancia, elemento o compuesto en un líquido, la relación existente entre su peso y el volumen del líquido que lo contiene (Marín & Correa, 2015).

Drenaje ácido de mina

Es la consecuencia de la oxidación de algunos sulfuros minerales (la pirita, pirrotita, marcasita, etc.) en contacto con el oxígeno del aire y el agua (Aduvire, 2006).

Adsorción

Es un fenómeno de atracción de partículas, donde se extrae materia de una fase y se concentra en la superficie de otra formando láminas moleculares o atómicas (Lagos, 2016).

Biosorción

Se refiere a la captación de iones metálicos por medio de una biomasa viva o muerta, a través de mecanismos físicos y químicos (Mejía, 2006).

pH

Medida de la concentración de ion hidrógeno en el agua, expresada como el logaritmo negativo de la concentración molar del ion hidrógeno (Romero, 2004).

Adsorbente

Un buen adsorbente es aquel que presente área superficial suficientemente grande y que requiera menor tiempo para alcanzar el equilibrio de adsorción (Valladares, Cárdenas, de la Cruz, & Mendoza, 2017).

Adsorbato

Es la fase líquida, aquella sustancia que se concentra en la superficie que se une al adsorbente (Lagos, 2016).

Tiempo de retención

Es el tiempo de permanencia del drenaje ácido de mina en el sistema de tratamiento (Gamonal, 2010).

Remoción

Es el término aplicado para describir que las concentraciones totales de hierro y plomo son disminuidas del agua mediante procesos biológicos, químicos y físicos (Leyva, Sánchez, Hernández, & Guerrero, 2001).

2.4. Hipótesis de la investigación

- **H_{A1}**: El tiempo de retención influye en el drenaje ácido de mina para la remoción de hierro y plomo total del río Hualgayoc – Arascorgue, Cajamarca, 2019.

- **H_{O1}**: El tiempo de retención no influye en el drenaje ácido de mina para la remoción de hierro y plomo total del río Hualgayoc – Arascorgue, Cajamarca, 2019.

- **H_{A2}**: La proporción de zuro de *Zea mays* influye en el drenaje ácido de mina para la remoción de hierro y plomo total del río Hualgayoc – Arascorgue, Cajamarca, 2019.

- **H_{O2}**: La proporción de zuro de maíz no influye en el drenaje ácido de mina para la remoción de hierro y plomo total del río Hualgayoc – Arascorgue, Cajamarca, 2019.

2.5. Operacionalización de las variables

Variable	Definición	Indicadores	Ítem	Instrumentos
V.I	Relación de igualdad que existe entre dos razones, es decir, entre dos comparaciones, entre dos cantidades determinadas (Estela, 2018).	25 gramos 50 gramos 75 gramos	g/L	Balanza analítica Probeta graduada
V.I	Es el tiempo de permanencia del drenaje ácido de mina en el sistema de tratamiento (Gamonal, 2010).	4 horas 8 horas 12 horas	h	Cronómetro
V.D	La remoción se entiende como la capacidad del sistema para eliminar parte de la concentración de los contaminantes que se encuentra en el agua residual (Flores & Areválo, 2010).	Concentración inicial y concentración final de Fe.	Porcentaje (%)	Espectrofotómetro
V.D	Remoción de plomo total	Concentración inicial y concentración final de Pb.	Porcentaje (%)	Espectrofotómetro

CAPÍTULO III: MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

La metodología de la presente investigación es de tipo explicativa y cuantitativa que se sustenta a continuación:

Explicativa: esta investigación se fundamenta en probar la hipótesis y busca que las conclusiones lleven a formular o contrastar leyes o principios científicos, se analizan causas y efectos de la relación entre variables (Bernal, 2010).

Es de tipo de investigación explicativo - experimental porque el investigador utiliza la experimentación para someter a prueba sus hipótesis (Jiménez, 1998).

Cuantitativa: Este tipo de investigación recoge, procesa y analiza datos cuantitativos o numéricos sobre variables previamente determinadas. Esto hace darle una connotación que va más allá de un mero listado de datos organizados como resultado; pues estos datos que se muestran en el informe final, están en total consonancia con las variables que se declararon desde el principio y los resultados obtenidos van a brindar una realidad específica a la que estos están sujetos. Además estudia la asociación o relación entre las variables que han sido cuantificadas que ayudará en la interpretación de los resultados (Sarduy, 2007).

3.2. Diseño de investigación

Esta investigación es de tipo experimental y transversal.

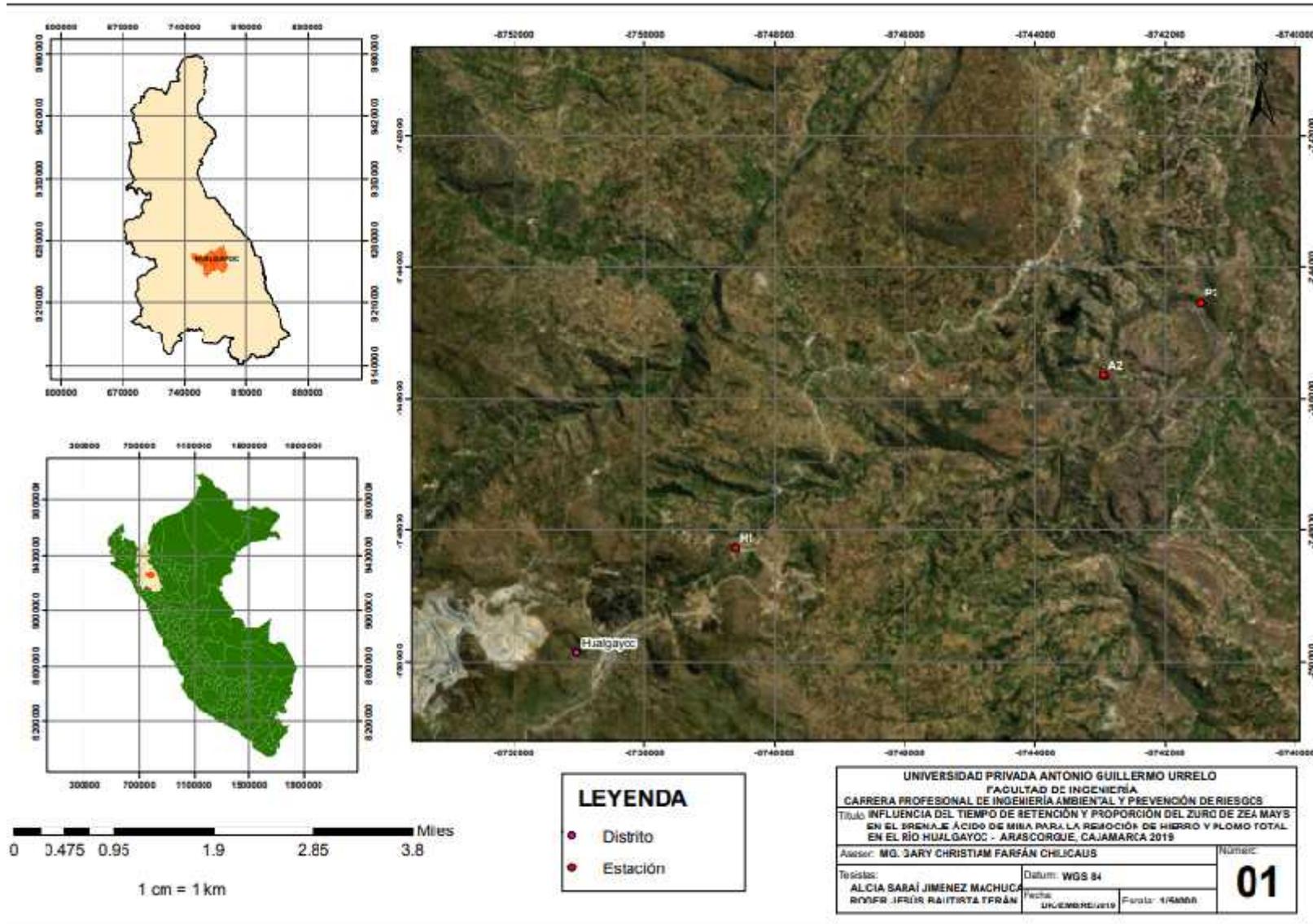
Diseño experimental, porque se caracteriza por tener un alto grado de control de las variables y porque efectúan asignación aleatoria de los sujetos a los grupos (experimental y control) participantes en la investigación. Se caracteriza porque se manipula intencionalmente la variable independiente (Proporción y tiempo de retención del zuro de *Zea mays*) para conocer qué efectos produce esta en la variable dependiente (remoción de plomo y hierro total) y así conocer los cambios que se generan en el post tratamiento (Bernal, 2010).

Diseño transversal porque según Ancona (2001) la recogida de información se lleva a cabo de una sola vez, aunque se incluyan circunstancias temporales o contextos ambientales diferentes.

3.3. Área de investigación

El estudio se ejecutó en las aguas del río Hualgayoc - Arascorgue, las muestras de agua fueron tomadas en las 3 partes principales del río: aguas arriba (Puente Hualgayoc), medias (Comunidad de Arascorgue) y aguas abajo (desembocadura al río Llaucano).

Mapa N° 1. *Ubicación del río Hualgayoc – Arascorgue, Provincia de Hualgayoc – Bambamarca*



3.4. Población

Aguas del río Hualgayoc- Arascorgue.

7.300 kg de zuro de maíz.

3.5. Muestra

30 litros de agua residual del río Hualgayoc – Arascorgue y 1.350 kg.de zuro de maíz.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

a) Preparación del bioadsorbente (zuro de maíz)

- El zuro de maíz nos proporcionó el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) del tipo 603 - maíz choclero y se trituro para luego poder utilizarlo.

- Se adquirió 7.300 kilogramos de tuza de maíz y solo se utilizó un 1.350kg en el proceso de adsorción.

- Luego se realizó el proceso de tamizado utilizando 3 mallas de diferentes tamaños, malla N° 6, 8 y 20.

Tabla 4. *Cantidad de zuro tamizado*

CANTIDAD DE ZURO TAMIZADO					
N° Tamiz	Malla (µm)	Peso (Kg)	Peso retenido (%)	Peso retenido acumulado (%)	Peso pasante acumulado (%)

6	3350	6,919	94.85	94.85	5.15
8	2360	0,3428	4.70	99.55	0.45
20	850	0,0329	0.45	100	0
total=		7.2947	100		

Fuente: Elaboración propia

Luego se realizó la interpolación para hallar el tamaño de partícula

$$\begin{array}{r}
 3350 \mu\text{m} \longrightarrow 5.15 \\
 X \longleftarrow 2.35 \\
 2360 \mu\text{m} \longleftarrow 0.45 \\
 \hline
 \frac{3350 \mu\text{m} - X}{3350 \mu\text{m} - 2360} = \frac{5.15 - 2.35}{5.15 - 0.45}
 \end{array}$$

*Despejando $X = 2760.22 \mu\text{m} = 2.8 \text{ mm}$.

El tamaño de partícula que se utilizó para la adsorción es de 2.8 mm.

b) Recolección del adsorbato

La recolección del agua fue obtenida del río Hualgayoc- Arascorgue siguiendo el protocolo de monitoreo de agua.

Se monitoreo en 3 puntos diferentes a lo largo del río Hualgayoc- Arascorgue:

- Punto (H₁- Hualgayoc): Se recolectó el agua cerca al Puente Hualgayoc carretera a Bambamarca.
- Punto (A2- Arascorgue): Se recolectó la muestra de agua en el cauce que pasa por la comunidad de Arascorgue.
- Punto (P3- Pomagón): Se recolectó el agua antes de desembocar al río Llaucano.

Se codificó cada muestra de forma sencilla, indicando el lugar, fecha y hora de la toma de muestra. La recolección para la toma de muestra se utilizó frascos que el mismo laboratorio suministró según el protocolo de toma de muestras. Se utilizó un cooler con refrigerante para la conservación y almacenaje a fin de mantener al interior una temperatura adecuada para asegurar su traslado al laboratorio.

También se recolectó agua en galoneras de 12 litros en cada punto para luego utilizarlas en el proceso de adsorción que se trabajó en el laboratorio de la Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo.

Tabla 5. *Ubicación de las 3 estaciones de muestreo*

PUNTOS	COORDENADAS UTM	
	Norte	Este
H1- Hualgayoc	9253093	766401
A2- Arascorgue	9255665	772045
P3- Pomagón	9256746	773519

Fuente: Elaboración propia.

c) Realización del proceso de adsorción

La presente investigación se realizó a nivel laboratorio y se llevó a cabo los siguientes pasos:

- Se utilizó una balanza analítica para pesar el zuro de maíz en 3 proporciones diferentes (25g, 50g y 75g).
- Se midió 1 litro de muestra de agua de la galonera en una probeta previa agitación.

- En un vaso precipitado de 2 litros se agregó el zuro de maíz y la muestra de agua.
- Se utilizó un agitador magnético para la agitación de la muestra a una revolución de 400rpm y a una temperatura ambiente en diferentes tiempos (4h, 8h y 12h), obteniendo el siguiente registro.

Tabla 6. Registro del agua tratada del punto 1 – Hualgayoc

Punto	Tiempo (h)	Masa (g)	Volumen (L)	Entrada – salida	Fecha	Registro
H1- Hualgayoc	4h	25	1	11:14am- 3:14pm	16-10-19	X
		50		12:54pm-4:54pm	14-10-19	X
		75		5:42pm- 9:42pm	16-10-19	X
	8h	25	1	7:24am- 3:24pm	16-10-19	X
		50		9:02am- 5:02pm	15-10-19	X
		75		8:50am- 4:50pm	17-10-19	X
	12h	25	1	7:05pm- 7:05am	15-10-19	X
		50		8:30pm- 8:30am	14-10-19	X
		75		8:10pm- 8:10am	16-10-19	X

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7. Registro del agua tratada del punto 2 – Arascorgue

Punto	Tiempo (h)	Masa (g)	Volumen (L)	Entrada – salida	Fecha	Registro
A2- Arascorgue	4h	25	1	3:33pm- 7:33pm	16-10-19	X
		50		7:30am- 11:30am	18-10-19	X
		75		12:19pm- 4:19pm	17-10-19	X
	8h	25	1	8:50am- 4:50pm	24-10-19	X
		50		8:25am- 4:25pm	24-10-19	X

	75			9:25am- 5:25pm	25-10-19	X
	25			7:50pm- 7:50am	23-10-19	X
12h	50	1		7:06pm- 7:06am	17-10-19	X
	75			9:09pm- 9:09am	24-10-19	X

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8. Registro del agua tratada del punto 3 – Pomagón

Punto	Tiempo (h)	Masa (g)	Volumen (L)	Entrada – salida	Fecha	Registro
		25		7:36am- 11:36am	18-10-19	X
	4h	50	1	3:45pm- 7:45pm	23-10-19	X
		75		4:50pm- 8:50pm	24-10-19	X
		25		10:03am- 6:03pm	25-10-19	X
P3-	8h	50	1	10:47am- 6:47pm	26-10-19	X
Pomagón		75		7:55am- 3:55pm	27-10-19	X
		25		6:55pm- 6:55am	26-10-19	X
	12h	50	1	8:40am- 8:40pm	28-10-19	X
		75		8:30am- 8:30pm	29-10-19	X

Fuente: Elaboración propia.

- Luego de realizar el procedimiento se llevó a filtrar las muestras de agua a la Dirección Regional de Salud Ambiental – Cajamarca, utilizando el equipo de membrana de filtración con un papel filtro de 1.2 μ .
- Luego se realizó el rotulado de cada muestra y se llevó al Laboratorio Regional del Agua para obtener nuestros resultados de los parámetros de plomo y hierro.

3.6.1. Instrumentos

Tabla 9. *Instrumentos, equipos y materiales*

INSTRUMENTOS Y EQUIPOS	MATERIALES
- Balanza analítica	- Zuro de maíz
- Cámara fotográfica	- Agua destilada
- GPS	- Guantes
- Cronometro	- Papel filtro
- Calculadora	- Frascos esterilizados
- Probeta 1L	- 3 galoneras
- Espátula	- Filtros 1.2μ
- Vaso precipitado 2L	- Etiquetas
- Agitador magnético	- Mascarilla
- Pastilla magnética	- Guardapolvo
- Membrana de filtración	- Libreta de campo
	- Materiales de escritorio

Fuente: Elaboración propia

3.7. Técnicas para el procesamiento y análisis de datos

- Para el análisis de datos se encontró el porcentaje de adsorción mediante la concentración inicial y final para luego ser sometido a un análisis de varianza con un nivel de significancia de 95% con un margen de error de +/- 5, los datos fueron analizados mediante la prueba de Fisher en el programa estadístico Minitab 19.
- Para la comparación de las concentraciones de plomo y hierro con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) fueron analizados

mediante la prueba de T- student con un nivel de significancia de 95% con un margen de error de +/- 5.

3.8. Interpretación de datos

Las técnicas de investigación que se utilizó fueron las siguientes:

- ANOVA: Un Análisis de Varianza (ANOVA) prueba la hipótesis de que las medias de dos o más poblaciones son iguales. Los ANOVA evalúan la importancia de uno o más factores al comparar las medias de la variable de respuesta en los diferentes niveles de los factores. La hipótesis nula establece que todas las medias de la población (medias de los niveles de los factores) son iguales mientras que la hipótesis alternativa establece que al menos una es diferente (Minitab, 2019).

- Prueba de Fisher: Analiza una tabla de contingencia 2x2 y prueba si la variable de fila y la variable de columna son independientes (H_0 : la variable de fila y la variable de columna son independientes). El valor p de la prueba exacta de Fisher es exacto para todos los tamaños de muestra (Minitab, 2018).

- T student: Ésta prueba sirve para probar si una media de población y una medida hipotética son diferentes, es una distribución continua que se especifica por el número de grados de libertad. Es una distribución simétrica (Minitab, 2019).

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN
4.1. Resultados

 Tabla 10. *Porcentaje de adsorción de plomo y hierro*

Proporción (g)	Tiempo (h)	PLOMO			HIERRO		
		Ci (mg/l)	Cf (mg/l)	Adsorción (%)	Ci (mg/l)	Cf (mg/l)	Adsorción (%)
25	4	0.022	0.007	68.18	9.923	3.166	68.09
25	8	0.022	0.011	50.00	9.923	5.215	47.45
25	12	0.022	0.006	72.73	9.923	3.809	61.61
50	4	0.022	0.012	45.45	9.923	5.987	39.67
50	8	0.022	0.009	59.09	9.923	5.521	44.36
50	12	0.022	0.016	27.27	9.923	7.399	25.44
75	4	0.022	0.014	36.36	9.923	7.265	26.79
75	8	0.022	0.013	40.91	9.923	6.583	33.66
75	12	0.022	0.006	72.73	9.923	6.208	37.44
25	4	0.02	0.004	80.00	4.232	1.676	60.40
25	8	0.02	0.009	55.00	4.232	1.289	69.54
25	12	0.02	0.004	80.00	4.232	2.284	46.03
50	4	0.02	0.004	80.00	4.232	1.01	76.13
50	8	0.02	0.006	70.00	4.232	3.064	27.60
50	12	0.02	0.004	80.00	4.232	3.006	28.97
75	4	0.02	0.004	80.00	4.232	1.634	61.39
75	8	0.02	0.005	75.00	4.232	1.873	55.74
75	12	0.02	0.004	80.00	4.232	1.967	53.52
25	4	0.021	0.007	66.67	3.737	1.096	70.67
25	8	0.021	0.005	76.19	3.737	0.989	73.53
25	12	0.021	0.005	76.19	3.737	2.024	45.84
50	4	0.021	0.005	76.19	3.737	1.861	50.20
50	8	0.021	0.004	80.95	3.737	2.782	25.56
50	12	0.021	0.008	61.90	3.737	2.405	35.64
75	4	0.021	0.004	80.95	3.737	0.844	77.42
75	8	0.021	0.004	80.95	3.737	1.405	62.40
75	12	0.021	0.004	80.95	3.737	1.855	50.36

Fuente: Elaboración propia.

4.2. Análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Análisis e interpretación de resultados del Pb

De acuerdo a los resultados obtenidos se realiza la evaluación de la influencia del tiempo de retención y la proporción del zuro de *Zea mays*, sobre la remoción de Pb, lo cual se mide mediante la adsorción de cada metal.

4.2.1.1. Análisis de varianza de la proporción en el % Adsorción

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Proporción	2	154.1	77.05	0.30	0.745
Error	24	6192.8	258.03		
Total	26	6346.9			

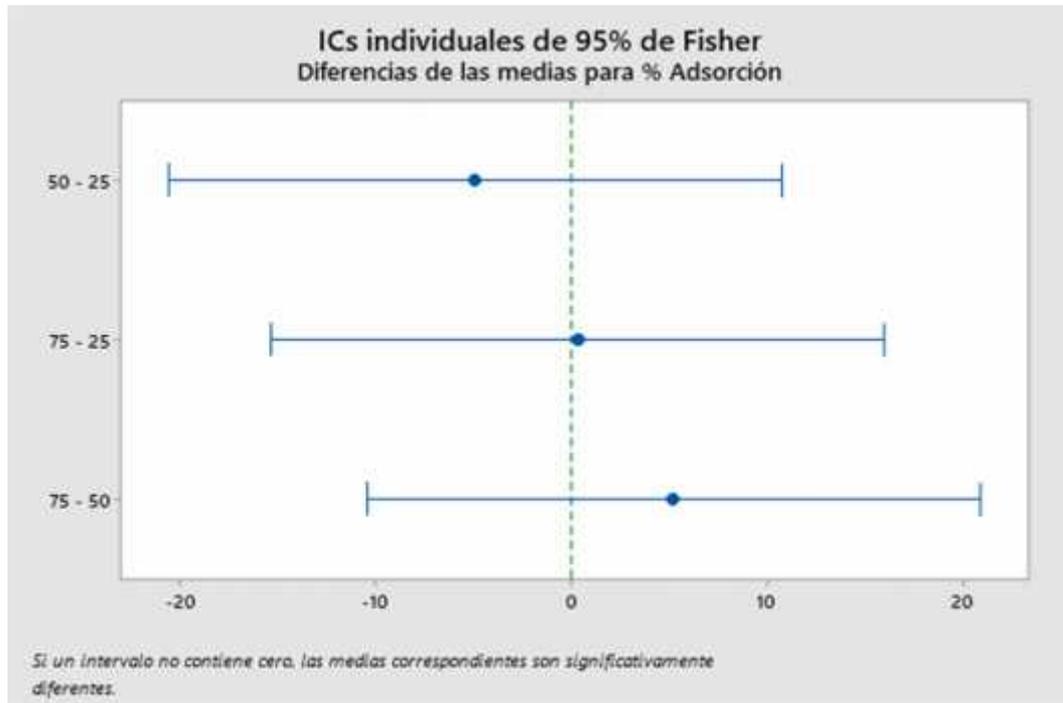
Proporción	N	Medias		
		Media	Desv. Est.	IC de 95%
25	9	69.44	10.73	(58.39; 80.49)
50	9	64.54	18.38	(53.49; 75.59)
75	9	69.76	17.92	(58.71; 80.81)

Prueba de Fisher

Tabla 11. Comparaciones utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%

Proporción	N	Media	Agrupación
75	9	69.76	A
25	9	69.44	A
50	9	64.54	A

Gráfico 1. *Diferencias de las medias de proporción para % de adsorción (Pb)*



Fuente: Elaboración propia

Interpretación

Como podemos ver en el gráfico 1, no se vio influencia en la proporción del zuro de maíz en el porcentaje de adsorción de plomo, teniendo un (p-valor = 0.745) para que tenga significancia debe ser 0.05. También se puede observar que todos los intervalos contiene cero por lo tanto las medias son significativamente iguales.

4.2.1.2. Análisis de varianza del tiempo y. % Adsorción

Tabla 12. *Análisis de varianza de efecto tiempo*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Tiempo	2	107.1	53.55	0.21	0.815
Error	24	6239.8	259.99		
Total	26	6346.9			

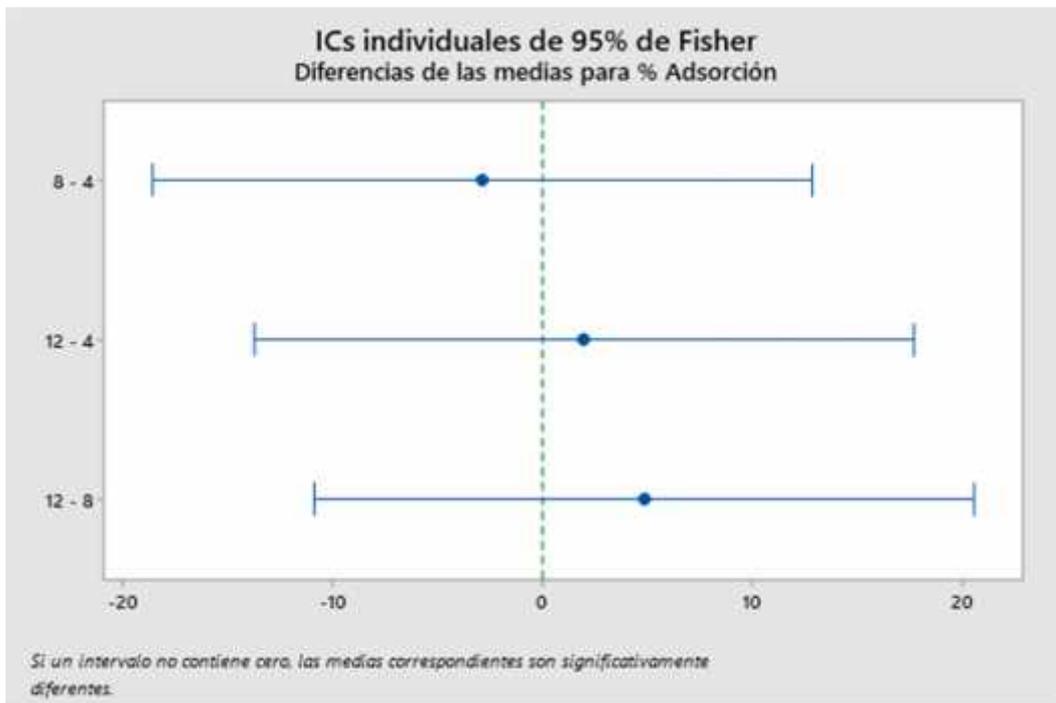
Tiempo	N	Medias		
		Media	Desv. Est.	IC de 95%
4	9	68.20	16.50	(57.11; 79.29)
8	9	65.34	14.57	(54.25; 76.44)
12	9	70.20	17.19	(59.10; 81.29)

Prueba de Fisher

Tabla 13. Comparaciones utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%

Tiempo	N	Media	Agrupación
12	9	70.20	A
4	9	68.20	A
8	9	65.34	A

Gráfico 2. Diferencias de las medias de tiempo para % de adsorción (Pb)



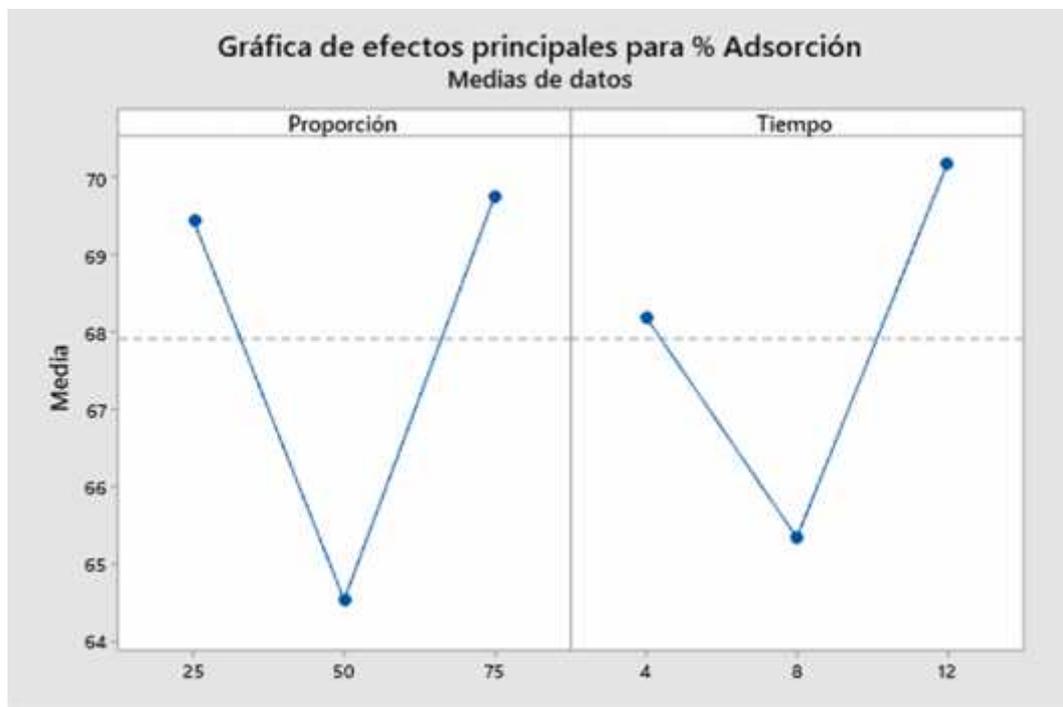
Fuente: Elaboración propia

Interpretación

Como podemos ver en el gráfico 2, no se vio influencia del tiempo de retención en el porcentaje de adsorción de plomo, teniendo un (p-valor = 0.815) para que tenga significancia debe ser 0.05. También se puede observar que todos los intervalos contiene cero por lo tanto las medias son significativamente iguales.

4.2.1.3. Efecto de los dos factores en el % de adsorción (Pb)

Gráfico 3. Efecto de la proporción y el tiempo en el % de adsorción (Pb)



Fuente: Elaboración propia

Interpretación

Se puede ver que para plomo (Pb) no existe efecto significativo en la proporción ni en el tiempo debido a que al aumentar los niveles no presenta una línea inclinada.

4.2.1.4. Interacción de los dos factores en el % de adsorción

Tabla 14. Prueba estadística de interacción: tiempo y Proporción (Pb).

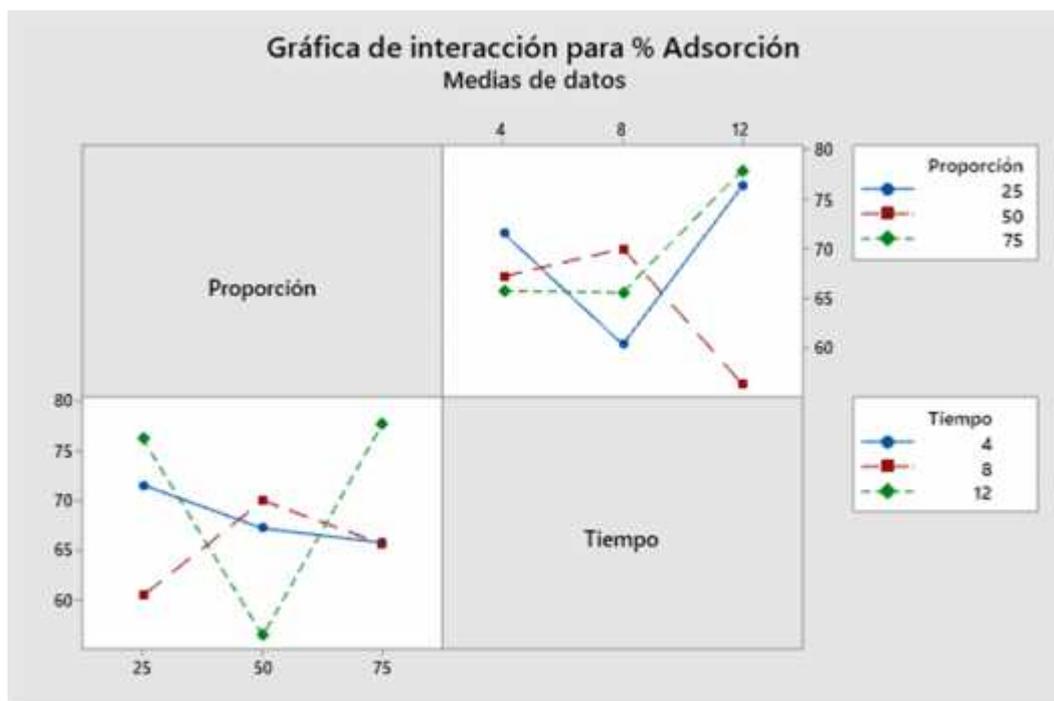
tiempo(horas) x Proporción(gramos)	Adsorción Pb	CV	EE	P- valor
4x25	0.02	25.43	0.022	0.5355
4x50	0.01			
12x25	0.02			
8x50	0.02			
12x50	0.01			
4x75	0.02			
8x75	0.01			
12x75	0.02			

CV: Coeficiente de Variabilidad

EE: Error experimental

p-valor: 0.05 implica diferencia significativa

Gráfico 4: Interacción del tiempo y proporción en el % de adsorción (Pb)



Interpretación

Interpretación

Para tiempo y proporción no hay interacción entre estos factores, para plomo se tiene un p valor de 0.535 en el que no presenta influencia ya que el nivel de

significancia debe ser 0.05. También no existe interacción porque presenta una anomalía de subir y bajar en cuanto al porcentaje de adsorción.

4.2.2. Análisis estadístico para hierro (Fe)

De acuerdo a los resultados obtenidos se realiza la evaluación de la influencia del tiempo de retención y la proporción del zuro de *Zea mays*, sobre la remoción de Fe, lo cual se mide mediante la adsorción de cada metal.

4.2.2.1. Análisis de varianza de la proporción vs. % Adsorción

Tabla 15. Análisis de varianza de efecto proporción (Fe)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Proporción	2	2005	1002.6	4.64	0.020
Error	24	5184	216.0		
Total	26	7189			

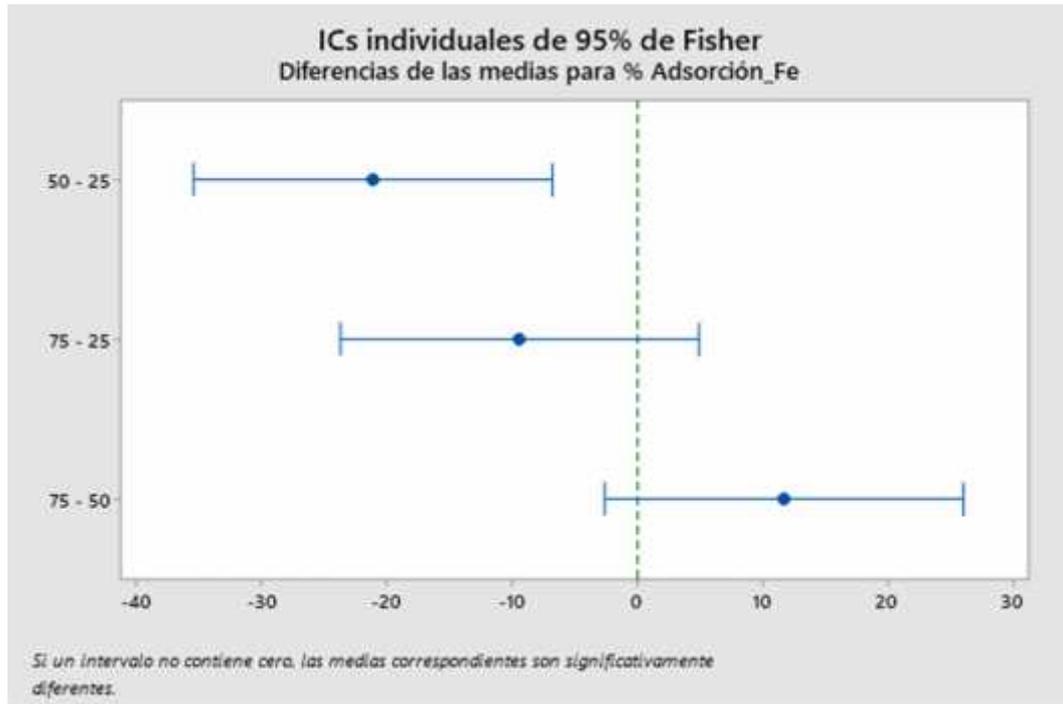
Proporción	N	Medias		
		Media	Desv. Est.	IC de 95%
25	9	60.35	11.23	(50.24; 70.46)
50	9	39.29	16.35	(29.17; 49.40)
75	9	50.97	15.95	(40.86; 61.08)

Pruebas de Fisher

Tabla 16. Comparaciones utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%

Proporción	N	Media	Agrupación
25	9	60.35	A
75	9	50.97	A B
50	9	39.29	B

Gráfico 5. Diferencias de las medias de proporción para % de adsorción (Fe)



Fuente: Elaboración propia

Interpretación

En este gráfico se puede ver que si hay influencia en la proporción del zuro de maíz en el porcentaje de adsorción de hierro, donde se verifica que el (p- valor = 0.020) siendo menor a 0.05, demuestra una diferencia estadísticamente significativa entre los intervalos ya que no contiene cero, por lo tanto sus medias son significativamente diferentes, siendo el mejor tratamiento de 25g.

4.2.2.2. Análisis de varianza de tiempo en el % Adsorción

Tabla 17. Análisis de varianza de efecto tiempo

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Tiempo	2	1207	603.3	2.42	0.110
Error	24	5983	249.3		
Total	26	7189			

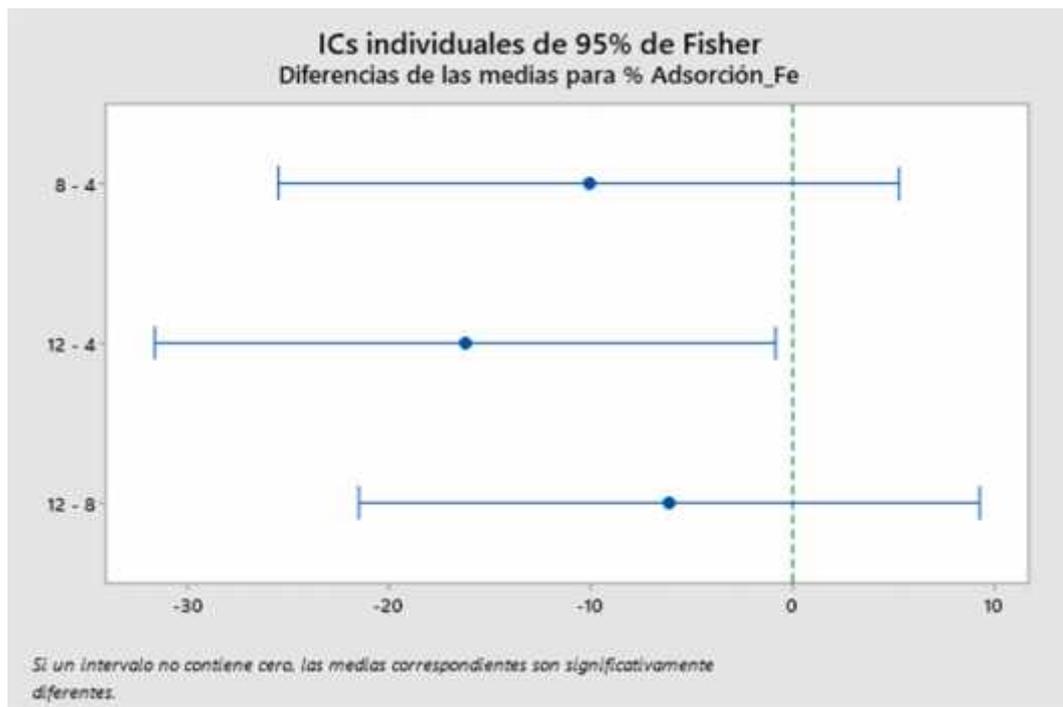
Tiempo	N	Medias		
		Media	Desv. Est.	IC de 95%
4	9	58.97	17.13	(48.11; 69.83)
8	9	48.87	17.13	(38.01; 59.73)
12	9	42.76	11.82	(31.90; 53.62)

Pruebas de Fisher

Tabla 18. Comparaciones utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%

Tiempo	N	Media	Agrupación
4	9	58.97	A
8	9	48.87	A B
12	9	42.76	B

Gráfico 6. Diferencias de las medias de tiempo para % de adsorción (Fe)



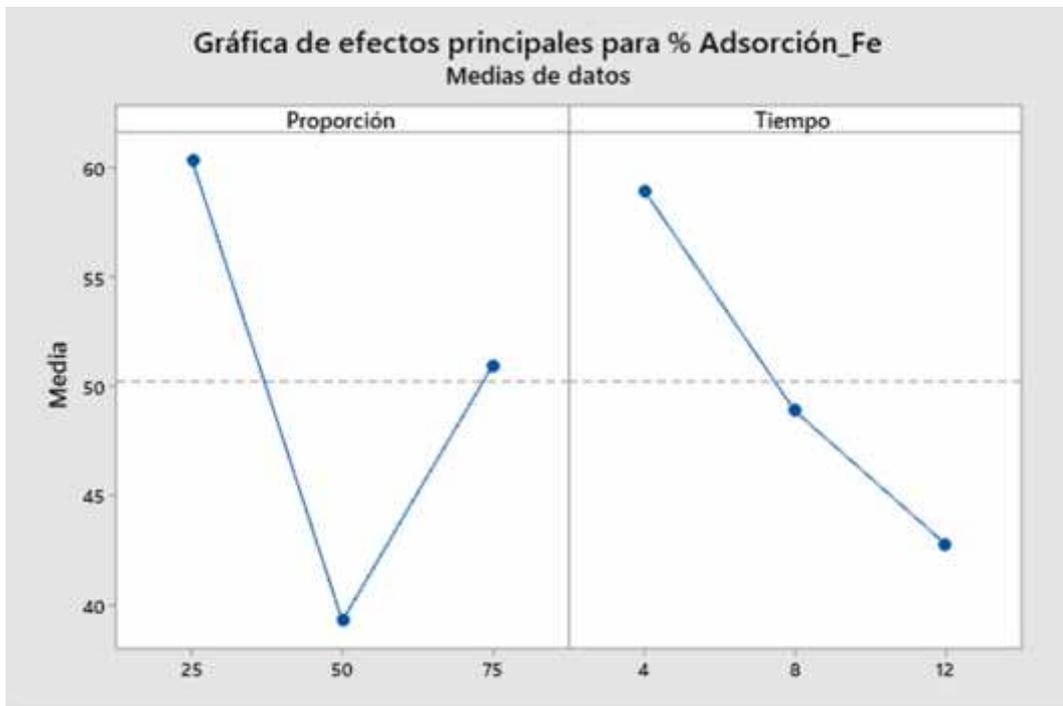
Fuente: Elaboración propia

Interpretación

En el gráfico se presenta que no hay influencia del tiempo de retención en el porcentaje de adsorción de hierro, teniendo un (p-valor = 0.110) para que tenga significancia debe ser 0.05. También se puede observar que todos los intervalos se contienen cero, por lo que sus medias son significativamente diferentes.

4.2.2.3. Efecto de los dos factores en el % de adsorción (Fe)

Gráfico 7. Efecto de la proporción y el tiempo en el % de adsorción (Fe)



Fuente: Elaboración propia

Interpretación

Se puede ver que para hierro (Fe) no existe efecto significativo en la proporción pero si en el tiempo y esto se debe a que sus medias son diferentes en todos los niveles.

4.2.2.4. Interacción de los dos factores en el % de adsorción

Tabla 19. Prueba estadística de interacción: tiempo y Proporción (Fe).

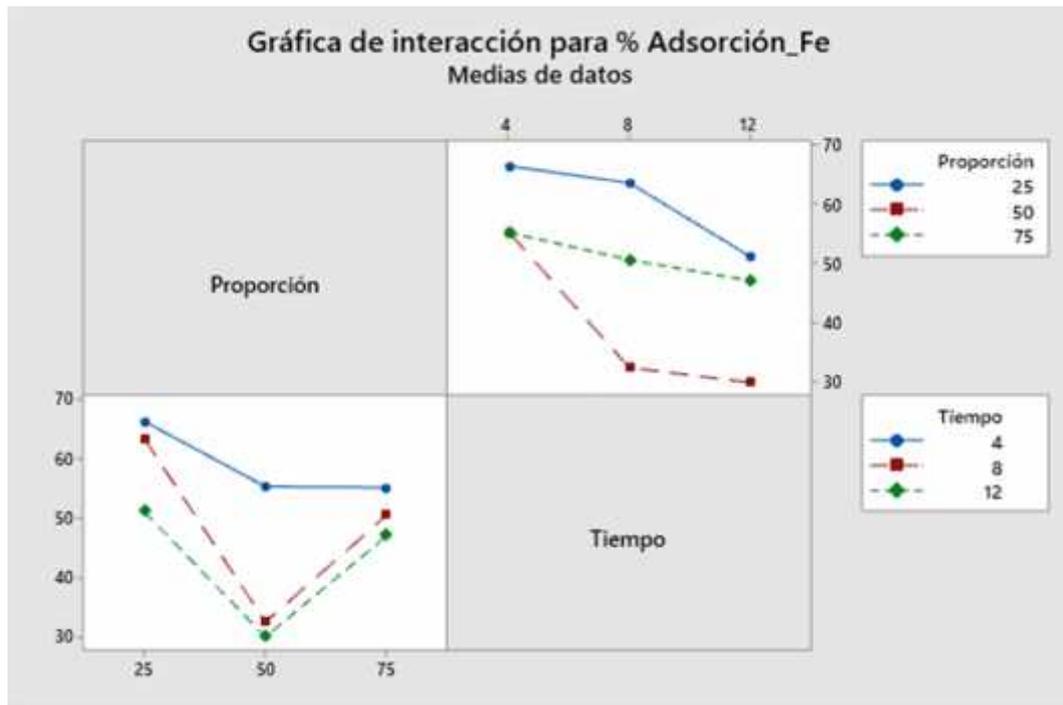
tiempo(horas) x Proporción(gramos)	Adsorción Fe	CV	E.E	P-valor
4x25	3.98	52	0.85	0.9683
4x50	3.01			
12x25	3.26			
8x50	2.17			
12x50	1.69			
4x75	2.72			
8x75	2.68			
12x75	2.62			

CV: Coeficiente de Variabilidad

EE: Error experimental

p-valor: 0.05 implica diferencia significativa

Gráfico 8. Interacción del tiempo y proporción en el % de adsorción (Fe)



Fuente: Elaboración propia

Interpretación

Para tiempo y proporción no hay interacción entre estos dos factores para hierro se tiene un p valor de 0.9683 en el que no presenta influencia ya que el nivel de significancia debe ser 0.05. También no existe interacción porque presenta una anomalía de subir y bajar en cuanto al porcentaje de adsorción.

4.2.3. Incertidumbre

Es importante considerar la calidad de los resultados en función a su variación de cada dato, en este caso representado por la incertidumbre que se muestra en la siguiente tabla y gráfico.

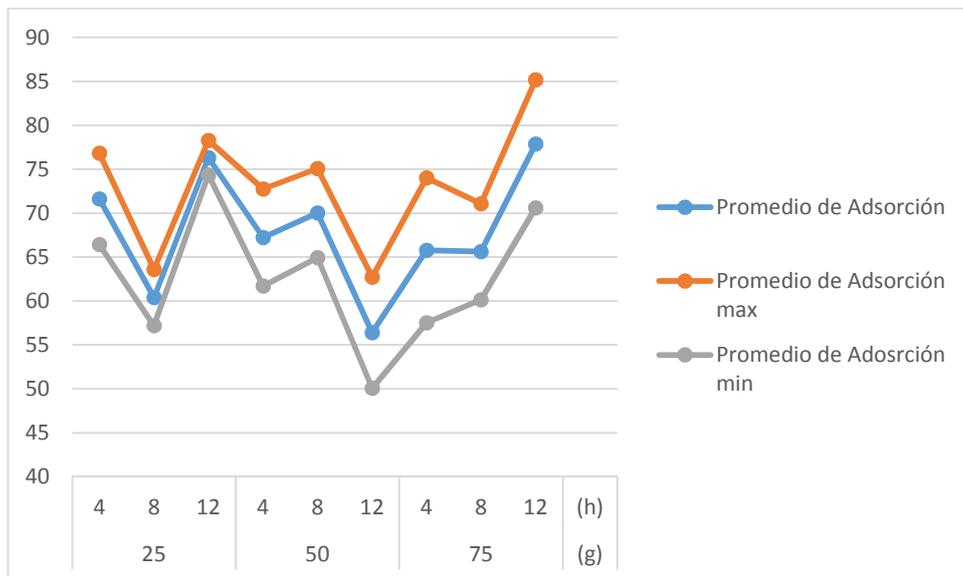
4.2.3.1. Incertidumbre para plomo

Tabla 20. *Análisis de incertidumbre para (Pb)*

PLOMO										
P	T	Ci	Cf	U	Cf min	Cf máx	Adsorción	Ads. max	Ads. min	Dif. Porc.
(g)	(h)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(%)	(%)	(%)	%
25	4	0.022	0.007	0.0006	0.0064	0.0076	68.182	70.903	65.461	5.442
25	8	0.022	0.011	0.0009	0.0101	0.0119	50.000	54.212	45.788	8.424
25	12	0.022	0.006	0.0005	0.0055	0.0065	72.727	75.001	70.454	4.547
50	4	0.022	0.012	0.0010	0.0110	0.0130	45.455	49.927	40.982	8.945
50	8	0.022	0.009	0.0007	0.0083	0.0097	59.091	62.371	55.811	6.560
50	12	0.022	0.016	0.0013	0.0147	0.0173	27.273	33.348	21.197	12.151
75	4	0.022	0.014	0.0012	0.0128	0.0152	36.364	41.619	31.108	10.511
75	8	0.022	0.013	0.0010	0.0120	0.0140	40.909	45.605	36.213	9.393
75	12	0.022	0.006	0.0005	0.0055	0.0065	72.727	75.113	70.342	4.771
25	4	0.02	0.004	0.002	0.0020	0.0060	80.000	90.000	70.000	20.000
25	8	0.02	0.009	0.0007	0.0083	0.0097	55.000	58.649	51.351	7.298
25	12	0.02	0.004	0.0004	0.0036	0.0044	80.000	81.804	78.196	3.608
50	4	0.02	0.004	0.002	0.0020	0.0060	80.000	90.000	70.000	20.000
50	8	0.02	0.006	0.0005	0.0055	0.0065	70.000	72.378	67.622	4.756
50	12	0.02	0.004	0.002	0.0020	0.0060	80.000	90.000	70.000	20.000
75	4	0.02	0.004	0.002	0.0020	0.0060	80.000	90.000	70.000	20.000

75	8	0.02	0.005	0.0004	0.0046	0.0054	75.000	77.173	72.827	4.346
75	12	0.02	0.004	0.002	0.0020	0.0060	80.000	90.000	70.000	20.000
25	4	0.021	0.007	0.0006	0.0064	0.0076	66.667	69.556	63.777	5.779
25	8	0.021	0.005	0.0004	0.0046	0.0054	76.190	77.948	74.433	3.514
25	12	0.021	0.005	0.0004	0.0046	0.0054	76.190	77.987	74.394	3.592
50	4	0.021	0.005	0.0004	0.0046	0.0054	76.190	78.299	74.082	4.217
50	8	0.021	0.004	0.0020	0.0020	0.0060	80.952	90.476	71.429	19.048
50	12	0.021	0.008	0.0006	0.0074	0.0086	61.905	64.833	58.976	5.857
75	4	0.021	0.004	0.002	0.0020	0.0060	80.952	90.476	71.429	19.048
75	8	0.021	0.004	0.002	0.0020	0.0060	80.952	90.476	71.429	19.048
75	12	0.021	0.004	0.002	0.0020	0.0060	80.952	90.476	71.429	19.048

Gráfico 9. Análisis de incertidumbre para (Pb) en el % de adsorción



Interpretación.

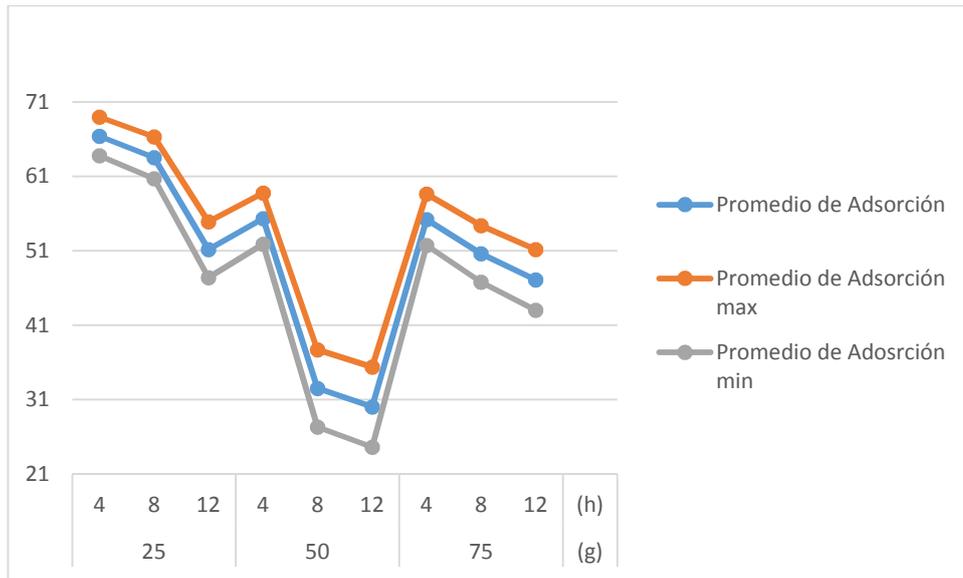
Según la tabla N° 20 y gráfico N° 9 podemos ver que para el caso de plomo influye con un 20%.

4.2.3.2. Incertidumbre para hierro

 Tabla 21. *Análisis de incertidumbre para (Fe)*

HIERRO										
P	T	Ci	Cf	U	Cf min	Cf máx	Adsorción	Ads. max	Ads. Min	Dif. Porc.
(g)	(h)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(%)	(%)	(%)	%
25	4	9.923	3.166	0.2438	2.922	3.410	68.094	70.551	65.638	4.913
25	8	9.923	5.215	0.4016	4.813	5.617	47.445	51.492	43.399	8.093
25	12	9.923	3.809	0.2933	3.516	4.102	61.614	64.570	58.659	5.911
50	4	9.923	5.987	0.4610	5.526	6.448	39.665	44.311	35.020	9.292
50	8	9.923	5.521	0.4251	5.096	5.946	44.362	48.646	40.077	8.568
50	12	9.923	7.399	0.5697	6.829	7.969	25.436	31.177	19.694	11.483
75	4	9.923	7.265	0.5594	6.706	7.824	26.786	32.424	21.149	11.275
75	8	9.923	6.583	0.5069	6.076	7.090	33.659	38.767	28.551	10.216
75	12	9.923	6.208	0.4780	5.730	6.686	37.438	42.256	32.621	9.635
25	4	4.232	1.676	0.1291	1.547	1.805	60.397	63.446	57.348	6.099
25	8	4.232	1.289	0.0993	1.190	1.388	69.542	71.887	67.196	4.691
25	12	4.232	2.284	0.1759	2.108	2.460	46.030	50.186	41.875	8.311
50	4	4.232	1.01	0.0778	0.932	1.088	76.134	77.972	74.297	3.675
50	8	4.232	3.064	0.2359	2.828	3.300	27.599	33.174	22.024	11.150
50	12	4.232	3.006	0.2315	2.775	3.237	28.970	34.439	23.500	10.939
75	4	4.232	1.634	0.1258	1.508	1.760	61.389	64.362	58.416	5.946
75	8	4.232	1.873	0.1442	1.729	2.017	55.742	59.150	52.334	6.816
75	12	4.232	1.967	0.1515	1.816	2.118	53.521	57.100	49.942	7.158
25	4	3.737	1.096	0.0844	1.012	1.180	70.672	72.930	68.413	4.517
25	8	3.737	0.989	0.0762	0.913	1.065	73.535	75.573	71.497	4.076
25	12	3.737	2.024	0.1558	1.868	2.180	45.839	50.009	41.669	8.341
50	4	3.737	1.861	0.1433	1.718	2.004	50.201	54.035	46.366	7.669
50	8	3.737	2.782	0.2142	2.568	2.996	25.555	31.288	19.823	11.464
50	12	3.737	2.405	0.1852	2.220	2.590	35.644	40.599	30.688	9.911
75	4	3.737	0.844	0.0650	0.779	0.909	77.415	79.154	75.676	3.478
75	8	3.737	1.405	0.1082	1.297	1.513	62.403	65.298	59.508	5.790
75	12	3.737	1.855	0.1428	1.712	1.998	50.361	54.183	46.539	7.644

Gráfico 10. *Análisis de incertidumbre para (Fe) en el % de adsorción*



Interpretación.

Según la tabla N° 21 y gráfico N° 10 podemos ver que para el caso de hierro influye con un 11%.

4.2.4. Comparación de las concentraciones en relación con el ECA

4.2.4.1. Plomo

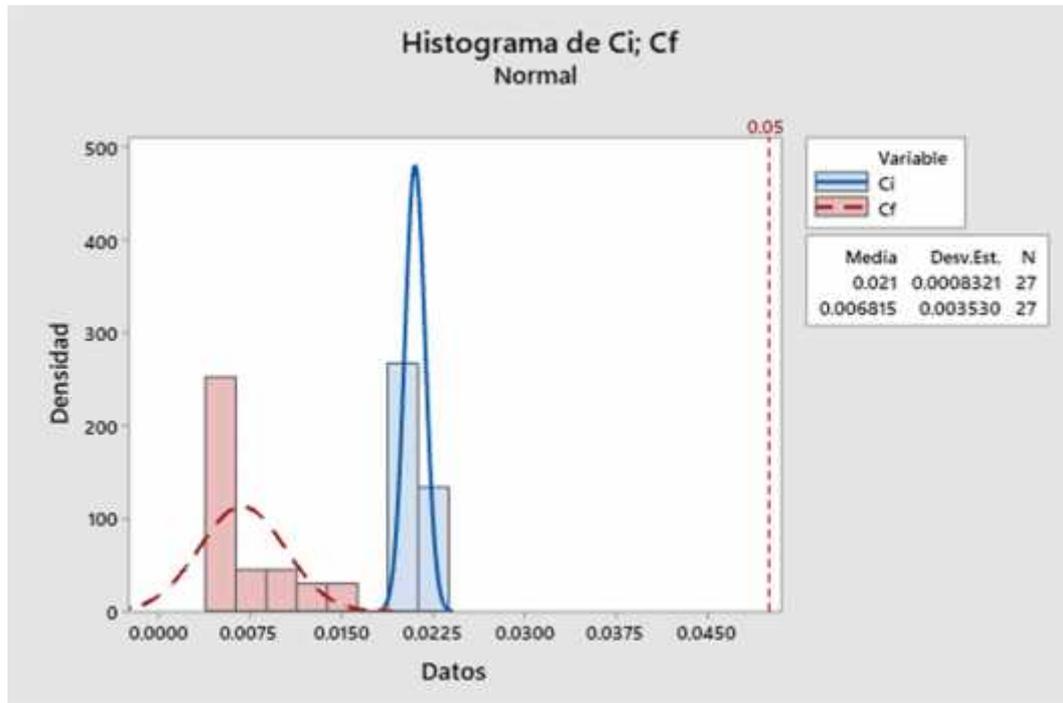
Tabla 22. *Media de las concentraciones (Cf; Ci) de Pb.*

Muestra	N	Media	Desv. Est.	Error estándar de la media	IC de 95% para μ
Cf	27	0.0068	0.003530	0.000679	(0.005418; 0.008211)
Ci	27	0.0210	0.000832	0.000160	(0.020671; 0.021329)

Tabla 23. *Aplicación de la prueba T student*

Muestra	Valor T	Valor p
Cf	-63.56	0.000
Ci	-181.10	0.000

Gráfico 11. Comparación de las concentraciones de (Pb) con el ECA



Fuente: Elaboración propia

Interpretación

En el gráfico mostrado se observa que el ECA, presenta un valor ya establecido de 0.05 (mg/l) para plomo en la categoría 3 (riego de vegetales y bebida de animales), se tiene la concentración inicial de 0.021 (mg/l) y de concentración final 0.006 (mg/l) ambos se encuentra dentro del Estándar de Calidad Ambiental pero los valores indican que en la Cf tiene una tendencia a disminuir indicando que se ha mejorado la calidad del agua referente al ECA.

4.2.4.2. Hierro

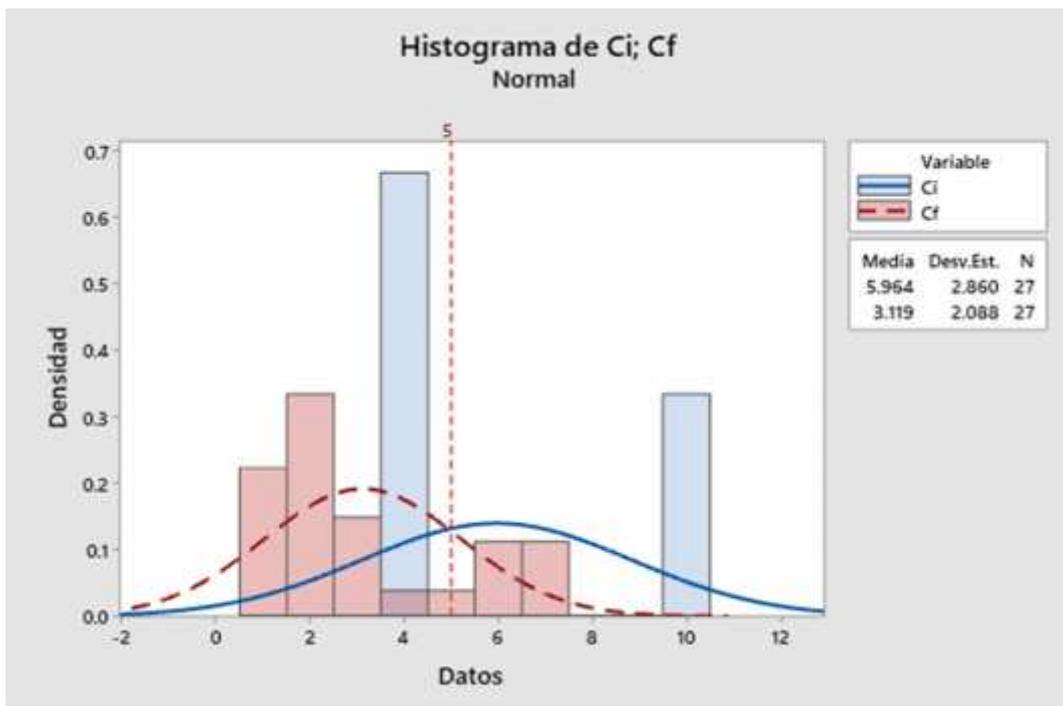
Tabla 24. *Media de las concentraciones (Cf; Ci) de Fe.*

Muestra	N	Media	Desv. Est.	Error estándar de la media	IC de 95% para μ
Cf	27	3.119	2.088	0.452	(2.293; 3.945)
Ci	27	5.964	2.860	0.550	(4.833; 7.095)

Tabla 25. *Aplicación de la prueba T student*

Muestra	Valor T	Valor p
Cf	-4.68	0.000
Ci	1.75	0.092

Gráfico 12. *Comparación de las concentraciones de (Fe) con el ECA*



Fuente: Elaboración propia

Interpretación

En el gráfico mostrado se observa que el ECA, presenta un valor ya establecido de 5 (mg/l) para hierro en la categoría 3 (riego de vegetales y bebida de animales), se

tiene una media de concentración inicial de 5.964 (mg/l) sobrepasando el estándar de calidad ambiental, las medias de la concentración final es de 3.119 (mg/l) esto quiere decir que se encuentra por debajo de la ECA indicando que se ha mejorado la calidad del agua.

4.3. Discusión de resultados

La proporción en los niveles evaluados no es una influencia según la evaluación de efectos principales y el análisis de varianza, lo que significa que se está excediendo en las proporciones estudiadas.

Respecto a tiempo en el caso de plomo no existe un efecto significativo, a diferencia de hierro (Fe) existe un efecto indicando que ha mayor tiempo existe menos adsorción, lo cual se puede inferir que en este elemento primero los poros del zuro de *Zea mays* son ocupados por el Fe y luego son desplazados por otros elementos, según (Martín, 2008).

Al no mostrar interacción entre los factores de proporción y tiempo, indica que se puede considerar que se analice de forma independiente.

Se considera datos precisos con errores máximos de 10%, entre 10% y 20% se considera medianamente precisos y mayor a 20% son errores graves los cuales pueden influir significativamente en la interpretación de resultados, según (Hughes & Hase, 2010).

Con los resultados obtenidos se acepta la hipótesis nula planteada: el tiempo de retención de zuro de maíz no influye en el drenaje ácido de mina para la remoción de plomo y hierro en el río Hualgayoc- Arascorgue debido a que no presenta efecto alguno en la remoción de hierro y plomo. Se

trabajó con 3 tiempos diferentes (4h, 8h y 12h) y se demostró que ninguno de estos tiempos son estadísticamente significativos para remover Pb y Fe en la que no concuerda con la investigación de (Sánchez, 2018) titulada “Biosorción de plomo y cadmio con la tuza de maíz (*Zea mays*.L.), donde obtuvo mayor remoción de Cd en un determinado tiempo de 12 horas y para Pb en tiempo de 36 horas. En vista a este autor es que se trabajó a tiempos menores de 4h, 8h y 12h los cuales redujeron pero no fueron estadísticamente los más efectivos para lograr una remoción en las concentraciones de plomo y hierro.

De la hipótesis planteada: La proporción de zuro de *Zea mays* influye en el drenaje ácido de mina para la remoción de plomo y hierro del río Hualgayoc – Arascorgue se acepta la hipótesis alterna para hierro pero se rechaza ésta hipótesis para la remoción de plomo. Se trabajó con proporciones diferentes (25g, 50g y 75g) siendo la proporción más efectiva de 25g para hierro y para plomo no hubo una proporción efectiva pero se podría considerar la de 75g ya que presentó mayor porcentaje de adsorción. Mientras que no concuerda con la investigación de (Balseca, 2017) titulada “Capacidad del zuro de maíz *Zea mays* como bioadsorbente para remover plomo divalente en aguas contaminadas a nivel laboratorio, SJL,2017”, ya que para su investigación utilizó cantidades (1g, 2g y 4g) teniendo como resultado que la capacidad mayor de adsorción de plomo fue 65.14 mg de pb/g de bioadsorbente e identificó que la dosis óptima del zuro de maíz como bioadsorbente fue de 4g de bioadsorbente/Litro de agua contaminada y demostró que *Zea mayz* es eficaz para remover plomo divalente en aguas

contaminadas. En vista a esta deducción se trabajó con mayores proporciones en el cual si fue efectiva la proporción de 25g para hierro pero para plomo estas proporciones no fueron efectivas.

También pudo haber influido el tipo de agua ya que Balseca (2017), realizó su investigación con un agua contaminada por él mismo y en esta investigación se trabajó con agua natural de río, debido a la variedad de metales presentes en esta agua hubo interferencia en el proceso de adsorción ya que algunos metales son más densos que otros y estos quitan lugar a los metales estudiados ganando espacio en el material adsorbente y adhiriéndose en la superficie de la biomasa residual afectando el porcentaje de remoción de los metales de estudio.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**5.1. Conclusiones**

- De acuerdo a los resultados del análisis estadístico, se determinó que no existe estadísticamente una diferencia significativa en el tiempo de retención de zuro de *Zea mays* en el drenaje ácido de mina para la remoción de hierro y plomo ya que no presenta influencia con los tiempos que se estudió, pero se considera el tiempo más efectivo para plomo (Pb) y Hierro (Fe) de 4 horas ya que presenta menor pérdida de % de adsorción.

- Se determinó que las proporciones tomadas para plomo no tuvieron influencia de remoción y no presentó estadísticamente una diferencia significativa. Pero se considera para esta investigación que la proporción más efectiva es de 75g ya que presenta menor pérdida de % de adsorción. En el caso de Hierro si presentó una diferencia significativa ya que tuvo influencia para su remoción con una proporción de 25g siendo ésta la más efectiva.

- Se comparó los resultados de plomo post tratamiento teniendo una concentración final de (0.006 mg/l) con el Estándar de Calidad Ambiental D.S 004-2017-MINAM para agua categoría 3 cuyo valor establecido es (0.05 mg/l), se concluye que esta agua ha mejorado su calidad y se encuentra por debajo del ECA.

Para hierro se obtuvo una concentración final de (3.119 mg/l) cuyo estándar establecido para esta categoría es de 5 mg/l donde se concluye que esta agua ha mejorado su calidad y se encuentra por debajo de la ECA.

- Se concluye que el zuro de maíz si tiene la capacidad como bioadsorbente de remover plomo y hierro en aguas contaminadas mediante la adsorción, ya que hoy en día se busca utilizar tecnologías más amigables con el medio ambiente y disminuir la contaminación.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda realizar un previo análisis al zuro de maíz para conocer sus propiedades, ya que esto ayudará a ver su afinidad con la remoción de los diferentes metales.

- Se recomienda realizar una cinética de adsorción antes de ejecutar una investigación relacionada con la adsorción de metales, ya que permitirá conocer el tiempo en que se realiza el proceso y no siempre se debe guiar de los antecedentes.

- Se sugiere aplicar esta tecnología de bioadsorción realizando una previa separación de metales del agua en estudio y dejar solo los metales que se pondrán a prueba en el proceso y así evitar interferencia en la adsorción.

- Se debe realizar estudios de adsorción considerando los demás factores como son temperatura, pH, tipo y variedad de biomasa residual para ver si estos influyen en la calidad del agua post tratamiento.

- Promover el uso de tecnologías limpias para conservar el ambiente natural y los recursos, y frenar los impactos negativos de la involucración humana.

REFERENCIAS

- Aduvire, O. (2006). *Drenaje ácido de mina Generación y Tratamiento*. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España.
- Ancona, M. d. (2001). *Metología cuantitativa: Estrategias y técnicas de investigación social*. Madrid: SÍNTESIS SOCIOLOGÍA.
- Badillo, G. (1985). *Curso básico de toxicología ambiental*. Metepec - México: Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos.
- Balseca, H. (2017). *Capacidad del zuro de maíz Zea mays como bioadsorbente para remover plomo divalente en aguas contaminadas a nivel laboratorio, SJL,2017*. Lima: Universidad César Vallejo.
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la Investigación administración, economía, humanidades*. Colombia : Pearson Educación.
- Buitrón, D. (2015). *biosorción de cromo y níquel en aguas contaminadas usando quitosano*. Quito - Ecuador: Universidad Central del Ecuador.
- Cabello, R. (2017). *Bioadsorción con escamas de pescado para la remoción de plomo en aguas fortificadas del río San Juan-Pasco*. Lima - Perú: Universidad César Vallejo.
- Calero, M., Hernáinz, F., Blásquez, G., Dionisio, E., & Martín, M. (2011). *Evaluación de la biosorción de cobre con cáscara de almendra*. Granada - España: Universidad de Granada.
- Cañizares, R. (2000). Biosorción de metales pesados mediante el uso de biomasa microbiana. *Revista Latinoamericana de Microbiología*, 131-143.

Chávez, M. (2015). *Los pasivos ambientales mineros: Diagnóstico y propuestas*.

Lima.

Cholán, W. (2015). *Informe de la ANA revela contaminación por metales pesados en la cuenca del Llaucano, en Bambamarca*. Lima: OtraMirada .

Colin, B., & Cann, M. (2014). *Química Ambiental*. Barcelona: 2ª ed.

Custodio, V. (2006). *Estudio de diagnóstico y zonificación para el tratamiento de demarcación territorial de la provincia de Hualgayoc*. Cajamarca: Gobierno Regional de Cajamarca.

Dómenech, X. (2000). *Química de la hidrósfera: Origen y destino de los contaminantes*. España: 3ra. Ed. España.

Echave, J. (2019). Los pasivos mineros de Hualgayoc. *Hildebrandt en sus trece*.

Estela, M. (20 de Noviembre de 2018). *Concepto de proporción* . Obtenido de <https://concepto.de/proporcion/>

Flores, S., & Areválo, W. (2010). Tratamiento de efluentes de la industria minera con dolomita. 89.

Gamonal, P. (2010). *Tratamiento de drenaje ácido de mina en humedales construidos*. PE. SEDAPAL.

Garcés, L., & Romero, S. (2012). *Evaluación de la capacidad de adsorción en cáscara de naranja (citrus sinensis) modificada con quitosano para la remoción de Cr (VI) en aguas residuales*. Cartagena-Colombia: Universidades de cartagena.

GFLC Gold Fields La Cima, P. (2005). *Estudio de Impacto Ambiental Proyecto*

Cerro Corona. Lima: Knight Piésold Consultores S.A.

Hughes, I., & Hase, T. (2010). *Mediciones y sus incertidumbres*. New York:

OXFORD - University Press.

INIA, I. N. (mayo de 2004). *Maíz INIA 603 - choclero*. Obtenido de

[http://www.inia.gob.pe/wp-](http://www.inia.gob.pe/wp-content/uploads/investigacion/programa/sistProductivo/variedad/maiz-amilaceo/INIA_603.pdf)

[content/uploads/investigacion/programa/sistProductivo/variedad/maiz-](http://www.inia.gob.pe/wp-content/uploads/investigacion/programa/sistProductivo/variedad/maiz-amilaceo/INIA_603.pdf)

[amilaceo/INIA_603.pdf](http://www.inia.gob.pe/wp-content/uploads/investigacion/programa/sistProductivo/variedad/maiz-amilaceo/INIA_603.pdf)

Izquierdo, M. (2010). Eliminación de metales pesados en aguas mediante

bioadsorción . *Evaluación de materiales y modelación del proceso*, 41-45.

Jiménez, R. (1998). *Metología de la investigación. Elementos básicos para la*

investigación clínica. Habana-Cuba: Editorial ciencias médicas.

Lagos, K. (2016). *Bioadsorción de cromo con borra de café en efluentes de una*

industria curtiembre local. Lima: Universidad Pontífica del Perú.

Lavado, C., Sun, M., & Recuay, N. (2012). Remoción de cromo (VI) empleando

carbones preparados por activación química a partir de las astillas de

eucalipto. *Revista Sociedad Química del Perú*.

Leyva, R., Sánchez, M., Hernández, M., & Guerrero, R. (2001). Remoción de

metales pesados de solución acuosa por medio de clinoptilolitas naturales.

revista internacional de contaminación ambiental, 129-136.

- Londoño, L., Londoño, P., & Muñoz, F. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 145-153.
- Marín, J., & Correa, J. (2015). *Evaluación de la remoción de contaminantes en aguas residuales en humedales artificiales utilizando la Guadua angustifolia Kunth*. Colombia: Universidad tecnológica de Pereira.
- Martín, M. d. (2008). Caracterización y aplicación de biomasa residual a la eliminación de metales pesados.
- Medina, J., & Peralta, M. (2015). *Validación de un prototipo de electrocoagulación para el tratamiento de aguas residuales de alta carga orgánica presentes en la industria*. Cuenca - Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.
- Mejía, G. (2006). Aproximación teórica a la biosorción de metales pesados por medio de microorganismos. *Medicina Veterinaria y zootecnia*, 77-99.
- Mijangos, F., & Jodra, Y. (1995). *"Viabilidad de los alginatos como intercambiadores de iones para el tratamiento de aguas residuales"*.
- Minitab. (2018). *Soporte de Minitab*. Obtenido de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/statistics/tables/how-to/cross-tabulation-and-chi-square/methods-and-formulas/test-for-2x2-tables/>
- Minitab. (2019). *Soporte de Minitab 18*. Obtenido de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/19/help-and-how-to/modeling-statistics/anova/supporting-topics/basics/what-is-anova/>

- Montgomery, D. (1996). *Probabilidad y estadística para ingeniería y administración*. . México: Continental, S.A. DE C.V México.
- Moreno, A., Figueroa, D., & Hormaza, A. (2012). Diseño estadístico para la remoción eficiente del colorante rojo 40 sobre tusa de maíz. *Producción + limpia*, 9-19.
- Netzahuatl, A., & Cristiani, M. (2010). Estudio cinético de la remoción de cromo hexavalente y de cromo total por la corteza del árbol de pirul. *Revista Cubana de química*, 3-8.
- Nordstrom, K., & Alpers, C. (1999). pH negativo, minerología eflorescente y consecuencias para restauración ambiental. *Academia natural*, 3455-3462.
- OMS, O. M. (23 de agosto de 2018). *Intoxicación por plomo y salud*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>
- Oré, F., Lavado, C., & Bendezú, S. (2015). Biosorción de Pb (II) de aguas residuales de mina usando el maro de maíz . *química del Perú*, 122-134.
- Pagnanelli, F., Mainelli, S., & Toro, L. (2005). Biosorption of protons and heavy metals onto olive pomace: Modelling of competition effects. *Water Research*, 1639-1651.
- Paliwal, R. (2001). Introducción al maíz y su importancia. El maíz en los trópicos mejoramiento y producción. *Producción y protección vegetal*, 1-3.
- Perry, R. (1992). *Manual del ingeniero químico*. México: 3ra. Edición en español.

Pinzón, M., & Cardona, A. (2010). Influencia del pH en la bioadsorción de Cr(III) sobre cascara de naranja. *Determinación de las condiciones de operación en proceso discontinuo*, 45-53.

Pozo, J., Puente, I., & Veiga, M. (2017). Tratamiento microbiano de aguas ácidas resultantes de la actividad minera: una revisión. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 75-91.

Ramirez, J. (2008). *El Hierro*. Colombia.

Romero, J. (2004). *Tratamiento de aguas residuales*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Rupp, B. (2017). *"Efecto del tiempo y lugar en la absorción de metales pesados por el Sphagnum Moss, Avenida Víctor Larco Herrera - Trujillo 2017"*. Trujillo - Perú: Universidad César Vallejo.

Sánchez, J. (2018). *Biosorción de plomo y cadmio con la tusa de maíz (Zea mays, L.), en las aguas del río Rimac - zona de Corcona, Huarochirí*. Lima: Universidad César Vallejo.

Sarduy, Y. (2007). El análisis de información y las investigaciones. *Revista Cubana de Salud Pública*, 1-12.

Sarmiento, D. (2013). *Evaluación de la contaminación por metales pesados en muestras de musgo recolectadas durante el período febrero – marzo 2011 en la Estación Antártica Ecuatoriana Pedro Vicente Maldonado*. Quito - Ecuador: Universidad Central del Ecuador.

- Tejada, C., Herrera, A., & Nuñez, J. (2016). Remoción de plomo por biomasa residual de cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) y zuro de maíz (*zea mays*). *Aprovechamiento de biomasa residual*, 169-178.
- Tejada, C., Villabona, Á., & Garcés, L. (2015). Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. *Tecno Lógicas*, 109-123.
- Valencia, C. (2010). *Química del hierro y manganeso en el agua, métodos de remoción*. Cuenca-Ecuador: Universidad de Cuenca.
- Valladares, M., Cárdenas, C., de la Cruz, P., & Mendoza, R. (2017). Adsorbentes no - convencionales, alternativas sustentables para el tratamiento de aguas residuales. *Revista Ingenierías* , 55-73.
- Villanueva, C. (2006). *Biosorción de Cobre (II) por biomasa pretratada de cáscara de Citrus Sinensis (naranja), Citrus Limonium (limón) y Opuntia Ficus (palmeta de nopal)*. Lima - Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Villaseñor, J. (2002). *Procesos tecnológicos en el tratamiento de aguas*. Obtenido de <https://www.uclm.es/profesorado/jvillasenor/esp/master.asp>.
- Volesky, B. (1995). Biosorption of heavy metals. *Biotechnology Progress*, 235-250.

LISTA DE ABREVIATURAS

DIRESA: Dirección Regional de Salud Ambiental

LMP: Límite Máximo Permissible

ECA: Estándar de Calidad Ambiental

LCM: Límite de cuantificación del método

Pb: Plomo

Fe: Hierro

Cd: Cadmio

pH: Potencial de Hidrógeno

INIA: Instituto Nacional de Innovación Agraria

GLCF: Gold Fields La Cima

MINAM: Ministerio del Ambiente

OMS: Organización Mundial de la Salud

AMD: Drenaje Ácido de Mina

DS: Decreto Supremo.

GLOSARIO

Metales pesados. Son los metales presentes en el aire y en muchas aguas residuales como consecuencia de actividades de origen industrial y procesos de combustión, siendo algunos de ellos como el cadmio, hierro, plata, plomo, etc. especialmente tóxicos para los organismos vegetales y animales.

Drenajes ácidos. Se refiere a las aguas con pH típicamente entre 2 y 4 y altas concentraciones de metales tóxicos como consecuencia de la exposición sub-aérea de sulfuros metálicos durante su explotación minera.

Biomasa residual. Es generada en las actividades humanas que utilizan materia orgánica. Su eliminación en muchos casos supone un problema. Este tipo de biomasa tiene asociadas unas ventajas en su utilización.

Solución acuosa. Preparación líquida que contiene una o más sustancias químicas solubles disueltas en agua.

Alteración química. Son los procesos de deterioro de tipo químico que pueden definirse como aquellos que implican un cambio en la composición química global y/o mineralógica de la roca original.

ANEXOS

Anexo A: Recolección de las muestras de agua del río Hualgayoc - Arascorgue en las 3 estaciones.



Figura 3: Ubicación del punto H-1



Figura 4: Toma de muestras punto H-1



Figura 5: Muestra recolectada en la galonera H-1



Figura 6: Visualización del punto H-1



Figura 7: Toma de muestras punto A-2



figura 8: Muestra recolectada en la galonera A-2



Figura 9: Toma de muestras punto P-3



figura 10: Recolección de la muestra en la galononera P-3



Figura 11: Muestras de las 3 estaciones para ser analizadas



Figura 12: Muestras de las 3 estaciones en las galoneras

Anexo B: preparación del bioadsorbente (zuro de maíz).



Figura 13: Recepción del zurro de maíz triturado



Figura 14: Zuro de maíz para realizar el tamizaje

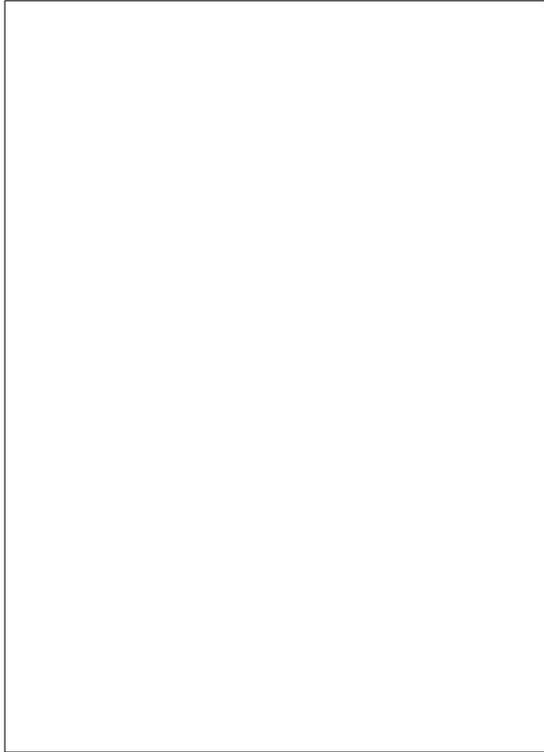


Figura 15: Tamizado del zuro de maíz en 3 mallas diferentes



Figura 16: Peso del maíz en 25g.



Figura 17: Peso del maíz en 50 gramos

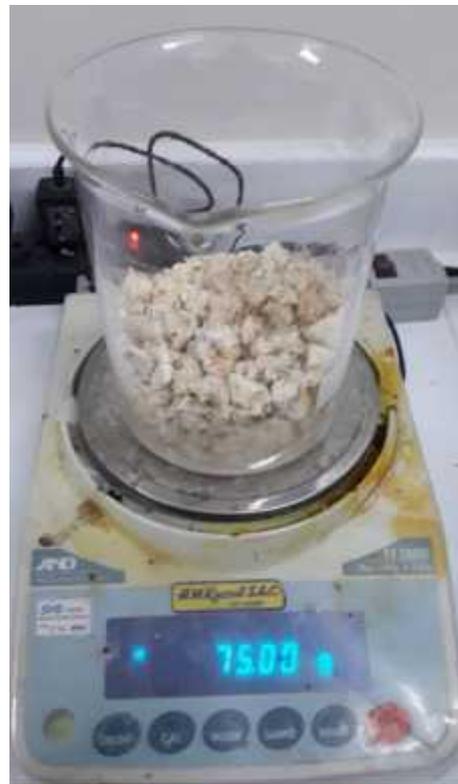


Figura 18: Peso del maíz en 75 gramos

Anexo C: Realización del proceso de adsorción



Figura 19: Medición de un litro de muestra de agua de la galonera



Figura 20: Vaso precipitado con zuro de maíz en muestra de agua.

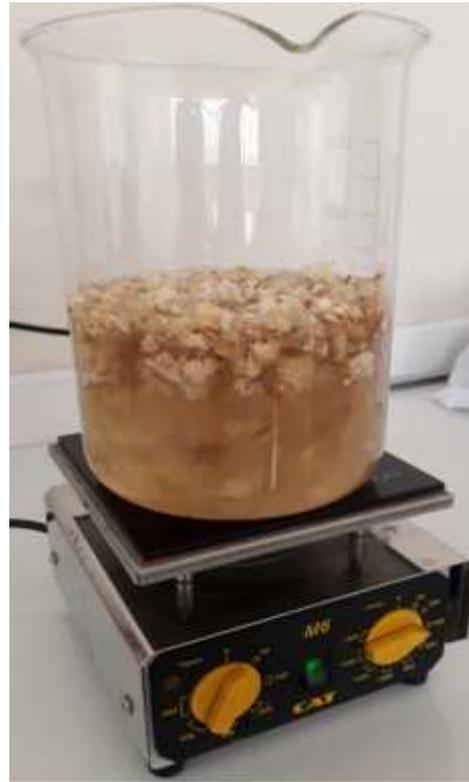


Figura 21: Utilización del agitador magnético Figura 22: Agitación de la muestra en diferentes tiempos



Figura 23: Recolección de la muestra



Figura 24: Recolección de las muestras después del proceso de adsorción

Anexo D: Realización del proceso de filtrado.



Figura 25: Muestra de agua en el equipo de filtración



Figura 26: Realización del filtrado de cada muestra

Anexo E: Informe de ensayo de agua superficial del río Hualgayoc – Arascorgue



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 1019831

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razon Social/Usuario	ALICIA SARAI JIMENEZ MACHUCA		
Dirección	JR CINCO ESQUINAS N° 1053		
Persona de contacto	-	Correo electrónico	afico.ta_182@hualgayoc.com

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo	09.10.19	Hora de Muestreo	15:52 a 17:54
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de Muestras	09 Muestras	N° Frascos x muestra	01
Ensayos solicitados	Químicos		
Breve descripción del estado de la muestra:	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.		
Responsable de la toma de muestra:	Las muestras fueron tomadas por el personal Usuario.		
Procedencia de la Muestra:	HUALGAYOC - BAMBAMARCA		

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Control	SC - 1078	Cadena de Custodia	CC - 831 -19
Fecha y Hora de Recepción	10.10.19	09:48	Inicio de Ensayo 10.10.19 15:00
Reporte Resultado	21.10.19	15:00	



Ing. Edler Miguel Noya Jaitca
Responsable de Oficina
CEP: 147028

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 21 de Octubre de 2019.

Página: 1 de 4

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA - ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO
 JR. LUIS ALBERTO NANCIZA N° 609, EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERU
 Email: laboratorio@hualgayoc.com.pe | PISO 2, 08020, HUALGAYOC



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 1019831

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente			P-1	P-2	P-3	A-1	A-2	A-3
Código Laboratorio			1019831-01	1019831-02	1019831-03	1019831-04	1019831-05	1019831-06
Matriz			NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL
Descripción			Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial
Localización de la Muestra			Pomagon	Pomagon	Pomagon	Araucorgue	Araucorgue	Araucorgue
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Metales Totales					
Plata (Ag)	mg/L	0.019	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Aluminio (Al)	mg/L	0.023	0.897	1.742	1.715	1.762	1.746	1.657
Arsénico (As)	mg/L	0.005	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Boro (B)	mg/L	0.026	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Bario (Ba)	mg/L	0.004	0.052	0.056	0.055	0.051	0.050	0.050
Berilio (Be)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Bismuto (Bi)	mg/L	0.016	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Calcio (Ca)	mg/L	0.124	115.2	110.3	110.9	111.7	112.7	112.9
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	0.008	0.010	0.010	0.013	0.013	0.013
Cobalto (Co)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	0.003	0.003	0.002
Cromo (Cr)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Cobre (Cu)	mg/L	0.018	0.048	0.076	0.077	0.099	0.099	0.091
Hierro (Fe)	mg/L	0.023	2.241	3.725	3.748	4.313	4.342	4.040
Potasio (K)	mg/L	0.051	3.781	3.860	3.857	3.450	3.475	3.345
Litio (Li)	mg/L	0.005	0.005	0.006	0.005	0.006	0.005	0.006
Magnesio (Mg)	mg/L	0.019	7.432	7.154	7.150	7.63	7.65	7.526
Manganeso (Mn)	mg/L	0.003	4.214	4.159	4.170	5.061	5.091	5.058
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Sodio (Na)	mg/L	0.026	8.32	8.21	8.22	9.30	9.36	8.93
Níquel (Ni)	mg/L	0.005	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Fósforo (P)	mg/L	0.024	0.076	0.086	0.097	0.117	0.097	0.092
Plomo (Pb)	mg/L	0.004	<LCM	0.021	0.021	0.022	0.019	0.018
Azufre (S)	mg/L	0.091	79.2	64.8	65.5	69.6	70.34	69.76
Antimonio (Sb)	mg/L	0.005	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Selenio (Se)	mg/L	0.018	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Silicio (Si)	mg/L	0.104	7.71	8.66	8.586	7.13	7.16	7.017
Estroncio (Sr)	mg/L	0.003	0.399	0.394	0.393	0.389	0.392	0.389
Titanio (Ti)	mg/L	0.004	0.016	0.033	0.034	0.020	0.020	0.017
Taio (Tl)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Uranio (U)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Vanadio (V)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Zinc (Zn)	mg/L	0.018	1.283	1.537	1.554	2.033	2.054	1.993
Cerio (Ce)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Estañio (Sn)	mg/L	0.007	<LCM		0.076	0.012	0.076	0.086



Cajamarca, 21 de Octubre de 2019.

Página: 2 de 4

"LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA - ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO"
DR. LUIS ALBERTO SANCHEZ SUI, C.R. EL 90902, CAJAMARCA - PERÚ
www.laboratoriodelagua.gob.pe/registropublico
FOLIO: 500731-1-14



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 1019831

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente			H-1	H-2	H-3	-	-	-
Código Laboratorio			1019831-07	1019831-08	1019831-09	-	-	-
Matriz			NATURAL	NATURAL	NATURAL	-	-	-
Descripción			Superficial	Superficial	Superficial	-	-	-
Localización de la Muestra			Huálgayoc	Huálgayoc	Huálgayoc	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Metales Totales					
Plata (Ag)	mg/l	0.019	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Aluminio (Al)	mg/l	0.023	2.358	3.866	4.078	-	-	-
Arsénico (As)	mg/l	0.005	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Boro (B)	mg/l	0.026	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Bario (Ba)	mg/l	0.004	0.038	0.042	0.042	-	-	-
Berilio (Be)	mg/l	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Bismuto (Bi)	mg/l	0.016	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Calcio (Ca)	mg/l	0.124	125.9	117.1	117.6	-	-	-
Cadmio (Cd)	mg/l	0.002	0.042	0.049	0.050	-	-	-
Cobalto (Co)	mg/l	0.002	0.008	0.006	0.008	-	-	-
Cromo (Cr)	mg/l	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Cobre (Cu)	mg/l	0.016	0.189	0.308	0.320	-	-	-
Hierro (Fe)	mg/l	0.023	5.934	9.695	10.150	-	-	-
Potasio (K)	mg/l	0.051	4.004	3.940	4.061	-	-	-
Litio (Li)	mg/l	0.005	0.007	0.007	0.007	-	-	-
Magnesio (Mg)	mg/l	0.019	10.170	9.657	9.804	-	-	-
Manganeso (Mn)	mg/l	0.003	12.520	11.860	11.900	-	-	-
Molibdeno (Mo)	mg/l	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Sodio (Na)	mg/l	0.026	10.93	10.66	10.92	-	-	-
Níquel (Ni)	mg/l	0.006	0.009	0.007	0.007	-	-	-
Fósforo (P)	mg/l	0.024	0.147	0.251	0.268	-	-	-
Plomo (Pb)	mg/l	0.004	0.012	0.023	0.023	-	-	-
Azufre (S)	mg/l	0.091	128.7	104.3	104.4	-	-	-
Antimonio (Sb)	mg/l	0.005	<LCM	0.006	<LCM	-	-	-
Selenio (Se)	mg/l	0.018	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Silicio (Si)	mg/l	0.104	5.35	6.03	6.110	-	-	-
Estroncio (Sr)	mg/l	0.003	0.412	0.397	0.400	-	-	-
Titanio (Ti)	mg/l	0.004	0.015	0.016	0.019	-	-	-
Talio (Tl)	mg/l	0.003	0.004	<LCM	<LCM	-	-	-
Uranio (U)	mg/l	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Vanadio (V)	mg/l	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Zinc (Zn)	mg/l	0.018	5.733	6.905	7.033	-	-	-
Cerio (Ce)	mg/l	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Estañio (Sn)	mg/l	0.007	<LCM	0.019	0.120	-	-	-

Cajamarca, 21 de Octubre de 2019.



Página: 3 de 4

"LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA - ANUNCIA LA RESPONSABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO"
DR. LUIS ALBERTO SANCHEZ EN. CBE. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERU
www.laboratorio-regional-agua.com.pe



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
 GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
 CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 1019831

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Metales Disueltos y Totales por ICP-OES (Ag, Al, Ar, B, Ba, Be, Bi, Br, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Na, Ni, Pb, P, Pt, Se, Si, Sn, Sr, Tl, U, V, Zn)	mg/L	EPA Method 200.7 Rev. 4.4, 1004, (Validado) 2014 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastew by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry

NOTAS FINALES

- (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o borraduras.
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre las que se realizó los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento es emitido sin el ámbito de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

"Fin del documento"

Código del Formato: RT1-4.10-01 Rev N°06 Fecha : 07/01/2019

Cajamarca, 21 de Octubre de 2019.



LABORATORIO REGIONAL
 DEL AGUA

Anexo F: Informe de ensayo de agua tratada



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 1019856

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razon Social/Usuario: **ALICIA SARAI JIMENEZ MACHUCA**
 Dirección: **JR CINCO ESQUINAS N° 1053**
 Persona de contacto: - Correo electrónico: **alicia_14_1997@hotmail.com**

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo: **29/10/2019** Hora de Muestreo: **De 6:00 am hasta 16:00 pm**
 Tipo de Muestreo: **Puntual**
 Número de Muestras: **30 Muestra** N° Frascos x muestra: **01**
 Ensayos solicitados: **Químicos**
 Breve descripción del estado de la muestra: **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**
 Responsable de la toma de muestra: **Las muestras fueron tomadas por el Usuario**
 Procedencia de la Muestra: **HUALGAYOC - BAMBAMARCA**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato: **SC - 1078** Cadena de Custodia: **CC - 856 -19**
 Fecha y Hora de Recepción: **29.10.19 16:45** Inicio de Ensayo: **30.10.19 09:00**
 Reporte Resultado: **08.11.19 16:00**



Ing. Edder Miguel Neyra Jaen
Responsable de Oficina
CIP: 147028

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA

Cajamarca, 08 de Noviembre de 2019.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 1019856

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente	A ₂ - 4h - 50gr	H ₁ - 12h - 75gr	P ₂ - 4h - 25gr	H ₁ - 3h - 75gr	A ₂ - 4h - 75gr	A ₂ - 4h - 25gr		
Código Laboratorio	1019856-01	1019856-02	1019856-03	1019856-04	1019856-05	1019856-06		
Matriz	NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL		
Descripción	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial		
Localización de la Muestra	Araucoguas	Hualgayoc	Pomagón	Hualgayoc	Araucoguas	Araucoguas		
Parametro	Unidad	LCM	Resultados de Metales Totales					
Plata (Ag)	mg/L	0.019	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Aluminio (Al)	mg/L	0.023	0.592	3.278	0.487	3.235	0.879	0.943
Arsénico (As)	mg/L	0.005	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Boro (B)	mg/L	0.026	0.033	0.057	<LCM	0.053	0.048	<LCM
Bario (Ba)	mg/L	0.004	0.027	0.025	0.033	0.028	0.026	0.033
Berilio (Be)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Bismuto (Bi)	mg/L	0.016	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Calcio (Ca)	mg/L	0.126	93.6	101.2	102.0	102.4	93.32	107.60
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	0.006	0.031	0.003	0.031	0.007	0.008
Cobalto (Co)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	0.007	<LCM	<LCM	<LCM
Cromo (Cr)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Cobre (Cu)	mg/L	0.018	0.129	0.363	0.063	0.352	0.191	0.100
Hierro (Fe)	mg/L	0.023	1.010	6.208	1.096	6.583	1.634	1.676
Potasio (K)	mg/L	0.051	404.8	549.0	182.0	479.6	568.4	215.0
Litio (Li)	mg/L	0.005	0.005	0.006	<LCM	0.007	0.005	0.006
Magnesio (Mg)	mg/L	0.019	11.00	14.52	8.040	13.40	13.05	9.395
Manganeso (Mn)	mg/L	0.003	3.640	9.442	2.930	8.802	3.793	4.096
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.002	0.004	0.006	<LCM	0.003	0.006	0.003
Sodio (Na)	mg/L	0.026	8.42	9.542	7.840	9.36	7.83	8.33
Niquel (Ni)	mg/L	0.006	<LCM	0.008	<LCM	0.007	<LCM	<LCM
Fósforo (P)	mg/L	0.024	21.72	37.02	9.446	31.17	33.60	13.85
Plomo (Pb)	mg/L	0.004	<LCM	0.006	0.007	0.013	<LCM	<LCM
Azufre (S)	mg/L	0.091	75.52	113.4	69.40	91.5	66.80	66.77
Antimonio (Sb)	mg/L	0.005	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Selenio (Se)	mg/L	0.018	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Silicio (Si)	mg/L	0.104	6.949	6.380	7.360	6.35	7.17	7.442
Estroncio (Sr)	mg/L	0.003	0.261	0.279	0.306	0.284	0.254	0.312
Titanio (Ti)	mg/L	0.004	0.013	0.015	0.017	0.015	0.013	0.014
Taio (Tl)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Uranio (U)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Vanadio (V)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Zinc (Zn)	mg/L	0.018	1.742	7.656	0.734	6.121	1.972	1.613
Cerio (Ce)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Estafío (Sn)	mg/L	0.007	<LCM	0.009	<LCM	0.009	0.009	<LCM

Cajamarca, 08 de Noviembre de 2019.



Página: 2 de 7



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 1019856

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente			H ₁ - 4h - 50gr	H ₁ - 4h - 25gr	H ₁ - 4h - 75gr	H ₁ - 4h - 25gr	A ₂ - 12h - 50gr	H ₂ - 12h - 50gr
Código Laboratorio			1019856-07	1019856-08	1019856-09	1019856-10	1019856-11	1019856-12
Matriz			NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL
Descripción			Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial
Localización de la Muestra			Hualgayoc	Hualgayoc	Hualgayoc	Hualgayoc	Araucoguos	Hualgayoc
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Metales Totales					
Plata (Ag)	mg/L	0.019	<LCM	0.020	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Aluminio (Al)	mg/L	0.023	2.942	2.986	3.479	1.967	1.337	3.378
Arsénico (As)	mg/L	0.005	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	0.006
Boro (B)	mg/L	0.026	0.046	0.029	0.088	0.028	0.039	0.044
Bario (Ba)	mg/L	0.004	0.025	0.033	0.026	0.028	0.030	0.031
Berilio (Be)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Bismuto (Bi)	mg/L	0.016	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Caico (Ca)	mg/L	0.124	103.1	115.6	101.1	110.9	94.8	102.7
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	0.031	0.033	0.031	0.031	0.007	0.033
Cobalto (Co)	mg/L	0.002	0.007	0.007	0.006	0.006	<LCM	0.007
Cromo (Cr)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Cobre (Cu)	mg/L	0.016	0.296	0.237	0.372	0.233	0.152	0.345
Hierro (Fe)	mg/L	0.023	5.521	6.215	7.265	3.166	3.006	7.399
Potasio (K)	mg/L	0.051	402.7	202.7	540.7	216.5	377.8	400.8
Litio (Li)	mg/L	0.005	0.007	0.007	0.006	0.007	0.005	0.007
Magnesio (Mg)	mg/L	0.019	12.81	11.540	14.250	11.30	11.11	13.04
Manganeso (Mn)	mg/L	0.003	9.420	10.260	9.179	9.993	3.800	9.442
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.002	0.004	<LCM	0.004	0.003	0.004	0.004
Sodio (Na)	mg/L	0.026	9.89	10.550	9.852	10.1	8.0	9.60
Niquel (Ni)	mg/L	0.006	0.007	0.008	0.009	0.007	<LCM	0.008
Fósforo (P)	mg/L	0.024	23.42	10.82	32.09	16.38	23.20	22.64
Plomo (Pb)	mg/L	0.004	0.009	0.011	0.014	0.007	<LCM	0.016
Azufre (S)	mg/L	0.091	100.60	100.90	95.39	97.6	66.20	99.68
Antimonio (Sb)	mg/L	0.005	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Selenio (Se)	mg/L	0.016	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Silicio (Si)	mg/L	0.104	6.071	6.473	6.580	5.63	7.63	6.495
Estroncio (Sr)	mg/L	0.003	0.292	0.344	0.279	0.327	0.269	0.289
Titanio (Ti)	mg/L	0.004	0.016	0.016	0.016	0.015	0.015	0.013
Tale (Tl)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Uranio (U)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Vanadio (V)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	0.005	<LCM	<LCM	<LCM
Zinc (Zn)	mg/L	0.018	5.901	6.016	6.346	5.284	1.763	6.150
Cerio (Ce)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Estaño (Sn)	mg/L	0.007	<LCM	0.009	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM

Cajamarca, 08 de Noviembre de 2019.





LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 1019856

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente			H ₁ - 12h - 25gr	H ₁ - 4h - 50gr	A ₂ - 8h - 25gr	A ₂ - 8h - 50gr	A ₂ - 8h - 75gr	A ₂ - 12h - 25gr
Código Laboratorio			1019856-13	1019856-14	1019856-15	1019856-16	1019856-17	1019856-18
Matriz			NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL
Descripción			Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial
Localización de la Muestra			Hualgayoc	Hualgayoc	Araucaryoc	Araucaryoc	Araucaryoc	Araucaryoc
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Metales Totales					
Plata (Ag)	mg/L	0.019	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Aluminio (Al)	mg/L	0.023	1.911	3.132	0.854	1.386	1.100	0.916
Arsénico (As)	mg/L	0.005	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Boro (B)	mg/L	0.028	0.027	0.045	<LCM	0.040	0.050	<LCM
Bario (Ba)	mg/L	0.004	0.031	0.030	0.036	0.036	0.028	0.040
Berilio (Be)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Bismuto (Bi)	mg/L	0.018	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Calcio (Ca)	mg/L	0.124	110.9	101.8	110.9	112.8	96.77	112.4
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	0.028	0.031	0.007	0.007	0.006	0.005
Cobalto (Co)	mg/L	0.002	0.006	0.012	<LCM	0.003	0.002	<LCM
Cromo (Cr)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Cobre (Cu)	mg/L	0.018	0.225	0.321	0.092	0.194	0.185	0.148
Hierro (Fe)	mg/L	0.023	3.809	5.987	1.289	3.084	1.873	2.284
Potasio (K)	mg/L	0.051	213.7	416.5	209.0	493.9	517.7	221.5
Litio (Li)	mg/L	0.005	0.007	0.007	0.007	0.006	0.006	0.007
Magnesio (Mg)	mg/L	0.019	10.86	13.09	8.355	11.82	10.45	8.471
Manganeso (Mn)	mg/L	0.003	9.903	9.421	3.645	4.084	3.472	3.430
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.002	0.003	0.004	<LCM	0.006	0.003	0.002
Sodio (Na)	mg/L	0.026	10.3	10.4	9.062	9.9	8.5	12.04
Niquel (Ni)	mg/L	0.005	0.007	0.008	<LCM	<LCM	<LCM	0.008
Fósforo (P)	mg/L	0.024	10.70	25.77	10.20	31.87	27.78	12.36
Plomo (Pb)	mg/L	0.004	0.006	0.012	0.009	0.006	0.005	0.004
Azufre (S)	mg/L	0.091	101.30	100.30	68.86	74.9	69.11	69.66
Antimonio (Sb)	mg/L	0.005	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Selenio (Se)	mg/L	0.018	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Silicio (Si)	mg/L	0.104	5.530	5.238	7.509	10.36	7.66	7.990
Estroncio (Sr)	mg/L	0.003	0.332	0.298	0.322	0.325	0.263	0.326
Titanio (Ti)	mg/L	0.004	0.015	0.016	0.016	0.015	0.014	0.015
Talio (Tl)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Uranio (U)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Vanadio (V)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Zinc (Zn)	mg/L	0.016	4.933	5.011	1.428	1.868	1.884	1.198
Cerio (Ce)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Estaño (Sn)	mg/L	0.007	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM

Cajamarca, 08 de Noviembre de 2019.



Página: 4 de 7



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 1019856

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente			A ₁ - 12h - 75gr	P ₁ - 4h - 50gr	F ₁ - 4h - 75gr	P ₂ - 8h - 25gr	P ₃ - 8h - 50gr	P ₄ - 8h - 75gr
Código Laboratorio			1019856-18	1019856-20	1019856-21	1019856-22	1019856-23	1019856-24
Matriz			NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL
Descripción			Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial
Localización de la Muestra			Araucogque	Pomagón	Pomagón	Pomagón	Pomagón	Pomagón
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Metales Totales					
Plata (Ag)	mg/L	0.019	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Aluminio (Al)	mg/L	0.023	1.094	0.810	0.625	0.449	1.095	0.743
Arsénico (As)	mg/L	0.005	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	0.007	<LCM
Boro (B)	mg/L	0.026	0.050	0.034	0.047	<LCM	0.041	0.048
Berio (Ba)	mg/L	0.004	0.039	0.033	0.027	0.032	0.034	0.029
Berilio (Be)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Bismuto (Bi)	mg/L	0.016	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Celso (Ce)	mg/L	0.124	112.3	97.50	94.40	105.8	101.7	96.96
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	0.006	0.004	0.004	0.002	0.006	0.004
Cobalto (Co)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	0.004	<LCM
Cromo (Cr)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Cobre (Cu)	mg/L	0.018	0.224	0.139	0.156	0.067	0.119	0.160
Hierro (Fe)	mg/L	0.023	1.957	1.861	0.844	0.989	2.762	1.405
Potasio (K)	mg/L	0.051	539.3	333.4	453.0	213.7	435.3	543.9
Litio (Li)	mg/L	0.005	0.006	0.005	<LCM	0.006	0.005	0.006
Magnesio (Mg)	mg/L	0.019	11.76	8.364	9.293	7.55	9.35	10.910
Manganeso (Mn)	mg/L	0.003	3.385	2.793	2.672	2.054	2.987	2.261
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.002	0.003	0.002	0.003	<LCM	0.003	0.004
Sodio (Na)	mg/L	0.026	8.05	9.082	8.184	8.23	7.84	7.72
Níquel (Ni)	mg/L	0.006	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	0.007
Fósforo (P)	mg/L	0.024	33.98	19.96	26.78	11.65	21.83	33.54
Plomo (Pb)	mg/L	0.004	<LCM	0.005	<LCM	0.005	<LCM	<LCM
Azufre (S)	mg/L	0.091	65.72	65.70	65.63	66.40	65.77	64.88
Antimonio (Sb)	mg/L	0.005	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Selenio (Se)	mg/L	0.018	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Silicio (Si)	mg/L	0.104	7.634	8.251	6.088	7.90	8.72	8.418
Estroncio (Sr)	mg/L	0.003	0.289	0.282	0.263	0.315	0.285	0.269
Titanio (Ti)	mg/L	0.004	0.016	0.016	0.014	0.016	0.016	0.014
Talio (Tl)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Uranio (U)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Vanadio (V)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Zinc (Zn)	mg/L	0.018	1.972	1.163	1.278	0.673	1.426	1.417
Cerio (Ce)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Estaño (Sn)	mg/L	0.007	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	0.007

Cajamarca, 08 de Noviembre de 2019.

Página: 5 de 7



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 1019856

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente			F ₁ - 12h - 25gr	F ₂ - 12h - 50gr	F ₃ - 12h - 75gr	AT	HT	PT
Código Laboratorio			1019856-25	1019856-26	1019856-27	1019856-28	1019856-29	1019856-30
Matriz			NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL
Descripción			Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial
Localización de la Muestra			Pomagán	Famigán	Pomagán	Araucárgue	Hualgayoc	Pomagán
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Metales Totales					
Plata (Ag)	mg/L	0.019	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Aluminio (Al)	mg/L	0.023	0.904	1.033	0.975	1.806	3.542	1.895
Arsénico (As)	mg/L	0.005	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	0.007	0.014
Boro (B)	mg/L	0.026	<LCM	0.035	0.056	<LCM	<LCM	<LCM
Bario (Ba)	mg/L	0.004	0.035	0.030	0.029	0.050	0.044	0.058
Berilio (Be)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Bismuto (Bi)	mg/L	0.016	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Calcio (Ca)	mg/L	0.124	104.6	97.75	95.79	138.0	143.1	134.7
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	0.005	0.004	0.005	0.013	0.051	0.010
Cobalto (Co)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	0.003	0.008	0.003
Cromo (Cr)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Cobre (Cu)	mg/L	0.019	0.090	0.138	0.180	0.091	0.278	0.078
Hierro (Fe)	mg/L	0.023	2.024	2.405	1.855	4.498	9.003	4.363
Potasio (K)	mg/L	0.081	252.10	382.40	555.00	3.717	4.170	4.040
Litio (Li)	mg/L	0.005	0.006	0.008	0.005	0.007	0.008	0.007
Magnesio (Mg)	mg/L	0.019	8.829	9.056	10.860	6.56	8.58	5.310
Manganeso (Mn)	mg/L	0.003	2.698	2.104	2.439	5.039	12.410	5.519
Moibdeno (Mo)	mg/L	0.002	<LCM	0.004	0.003	<LCM	<LCM	<LCM
Sodio (Na)	mg/L	0.026	8.39	8.207	7.882	9.0	11.0	8.43
Niquel (Ni)	mg/L	0.006	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	0.009	<LCM
Fósforo (P)	mg/L	0.024	15.48	21.58	31.07	0.123	0.221	0.117
Plomo (Pb)	mg/L	0.004	0.005	0.008	<LCM	0.028	0.026	0.039
Azufre (S)	mg/L	0.091	67.57	63.09	62.32	71.7	105.10	66.71
Antimonio (Sb)	mg/L	0.005	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Selenio (Se)	mg/L	0.018	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Silicio (Si)	mg/L	0.104	8.780	8.575	8.710	7.40	5.97	8.923
Estroncio (Sr)	mg/L	0.003	0.315	0.283	0.272	0.403	0.418	0.415
Titanio (Ti)	mg/L	0.004	0.016	0.017	0.014	0.018	0.018	0.034
Taño (Tl)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	0.004	0.005
Uranio (U)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Vanadio (V)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Zinc (Zn)	mg/L	0.018	1.188	1.258	1.827	1.913	6.797	1.519
Cerio (Ce)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Estaño (Sn)	mg/L	0.007	<LCM	<LCM	0.008	<LCM	<LCM	<LCM



Cajamarca, 08 de Noviembre de 2019.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 1019856

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Metas Pesadas y Totales por ICP-AES (Ag, Al, As, B, Ba, Bi, Br, Ca, Cd, Co, Cr, Fe, Hg, Li, Na, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, S, Se, Sr, Sn, Ti, Tl, U, V, Zn)	mg/L	EPA Method 800.7 Rev. 4.4, 1994, (Validado) 2014 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry

NOTAS FINALES

- (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (**) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmendadas.
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realizan los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

"Fin del documento"

Código del Formato: RTJ-S-10-01 Rev.N°05 Fecha: 02/02/2019

Cajamarca, 08 de Noviembre de 2019.



LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA

Anexo G: ECA – 2017 – Categoría 3. Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Niquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,005		0,05
Selenio	mg/L	0,002		0,05
Zinc	mg/L	2		24

Anexo H: Resultados con el programa Minitab 19 para plomo (Pb)

ANOVA de un solo factor: % Adsorción Pb vs. Proporción

Método

Hipótesis nula: Todas las medias son iguales
 Hipótesis alterna: No todas las medias son iguales
 Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Proporción	3	25; 50; 75

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Proporción	2	154.1	77.05	0.30	0.745
Error	24	6192.8	258.03		
Total	26	6346.9			

Resumen del modelo

S	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
16.0635	2.43%	0.00%

Medias

Proporción	N	Media	Desv. Est.	IC de 95%
25	9	69.44	10.73	(58.39; 80.49)
50	9	64.54	18.38	(53.49; 75.59)
75	9	69.76	17.92	(58.71; 80.81)

Desv. Est. agrupada = 16.0635

Comparaciones en parejas de Fisher

Agrupar información utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%

Proporción	N	Media	Agrupación
75	9	69.76	A
25	9	69.44	A
50	9	64.54	A

Las medias que no comporten una letra son significativamente diferentes.

Pruebas individuales de Fisher para diferencias de las medias

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
50 - 25	-4.90	7.57	(-20.53; 10.73)	-0.65	0.524
75 - 25	0.32	7.57	(-15.31; 15.95)	0.04	0.966
75 - 50	5.22	7.57	(-10.41; 20.85)	0.69	0.497

Nivel de confianza simultánea = 88.11%

ANOVA de un solo factor: % Adsorción Pb vs. Tiempo

Método

Hipótesis nula: Todas las medias son iguales
 Hipótesis alterna: No todas las medias son iguales
 Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Tiempo	3	4; 8; 12

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tiempo	2	107.1	53.55	0.21	0.815
Error	24	6239.8	259.99		
Total	26	6346.9			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
16.1243	1.69%	0.00%	0.00%

Medias

Tiempo	N	Media	Desv. Est.	IC de 95%
4	9	68.20	16.50	(57.11; 79.29)
8	9	65.34	14.57	(54.25; 76.44)
12	9	70.20	17.19	(59.10; 81.29)

Desv. Est. agrupada = 16.1243

Comparaciones en parejas de Fisher

Agrupar información utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%

Tiempo	N	Media	Agrupación
12	9	70.20	A
4	9	68.20	A
8	9	65.34	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Pruebas individuales de Fisher para diferencias de las medias

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
8 - 4	-2.86	7.60	(-18.54; 12.83)	-0.38	0.710
12 - 4	2.00	7.60	(-13.69; 17.68)	0.26	0.795
12 - 8	4.85	7.60	(-10.83; 20.54)	0.64	0.529

Nivel de confianza simultánea = 88.11%

Anexo I: Resultados con el programa Minitab 19 para Hierro (Fe).

ANOVA de un solo factor: % Adsorción Fe vs. Proporción

Método

Hipótesis nula: Todas las medias son iguales
 Hipótesis alterna: No todas las medias son iguales
 Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Proporción	3	25; 50; 75

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC		Valor F	Valor p
		Ajust.	MC Ajust.		
Proporción	2	2005	1002.5	4.64	0.020
Error	24	5184	216.0		
Total	26	7189			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
14.6969	27.89%	21.88%	8.74%

Medias

Proporción	N	Media	Desv. Est.	IC de 95%
25	9	60.35	11.23	(50.24; 70.46)
50	9	39.29	16.35	(29.17; 49.40)
75	9	50.97	15.95	(40.86; 61.08)

Desv. Est. agrupada = 74.6969

Comparaciones en parejas de Fisher

Agrupar información utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%

Proporción	N	Media	Agrupación
25	9	60.35	A
75	9	50.97	A B
50	9	39.29	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Pruebas individuales de Fisher para diferencias de las medias

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
50 - 25	-21.07	6.93	(-35.37; -6.77)	-3.04	0.006
75 - 25	-9.38	6.93	(-23.68; 4.92)	-1.35	0.188
75 - 50	11.68	6.93	(-2.62; 25.98)	1.69	0.105

Nivel de confianza simultánea = 88.11%

ANOVA de un solo factor: % Adsorción Fe vs. Tiempo

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Tiempo	3	4; 8; 12

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC		Valor F	Valor p
		Ajust.	MC Ajust.		
Tiempo	2	1207	603.3	2.42	0.110
Error	24	5983	249.3		
Total	26	7189			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
15.7884	16.78%	9.85%	0.00%

Medias

Tiempo	N	Media	Desv. Est.	IC de 95%
4	9	58.97	17.13	(48.11; 69.83)
8	9	48.87	17.73	(38.01; 59.73)
12	9	42.76	11.82	(31.90; 53.62)

Desv. Est. agrupada = 75.7884

Comparaciones en parejas de Fisher

Agrupar información utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%

Tiempo	N	Media	Agrupación
4	9	58.97	A
8	9	48.87	A B
12	9	42.76	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Pruebas individuales de Fisher para diferencias de las medias

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
8 - 4	-10.10	7.44	(-25.46; 5.26)	-1.36	0.187
12 - 4	-16.21	7.44	(-31.57; -0.85)	-2.18	0.039
12 - 8	-6.11	7.44	(-21.47; 9.25)	-0.82	0.420

Nivel de confianza simultánea = 88.11%