UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

COMPARACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS BIOADSORBENTES SEMILLA DE PALTA (*Persea americana*) Y MAZORCA DE MAIZ (*Zea mays*) EN LA REMOCIÓN DEL ARSÉNICO (As) DE LAS AGUAS NATURALES DEL SUBSUELO DE LA ZONA DEL DISTRITO DE TORATA

TESIS

PRESENTADA POR:

BACH. RUTH ADALÍ CABANA CARI

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

MOQUEGUA – PERÚ

2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

Folio Nº 025

ACTA DE SUSTENTACIÓN

I. Modalidad:

Tesis : [X]
Trabajo de Suficiencia Profesional : [ ]
Otro: ..... : [ ]

II. Documento de aprobación para la sustentación:

Resolución de Facultad N° 117-2022-FACIA-UNAM

Fecha: 13/07/2022

III. El jurado ha dictaminado la (el) Tesis, TITULADO:

"Comparación de la eficiencia de los Bioadsorbentes Semilla de Palta (Persea americana) y Mazorca de Maíz (Zea mays) en la Remoción del Arsénico (As) de las Aguas Naturales del subsuelo de la Zona del Distrito de Torata"

Bachiller: Ruth Adali Cabana Cari.

Asesor Principal: Dr. Milko Raúl Rivera Campano

Co-Asesor: .....

IV. Se dictamina:

Como: Aprobado por Unanimidad la sustentación de manera:

Presencial [X] Virtual [ ]

Con nota: Quince (15) por lo que; Sí [X] No [ ]

Opta el Título Profesional de INGENIERO AMBIENTAL.

Siendo las 17:15 horas, del 15 de julio del año 2022 se procede con la firma en conformidad de lo dictaminado por el Jurado.

Dr. Teodoro Aquilino Olarte Poma
Presidente

M. Sc. Mario Román Flores Roque
Primer Miembro

MSc. Paulino Flavio Ríos Espana
Segundo Miembro

Ruth Adali Cabana Cari
71658168
Bachiller

TITULO

Comparación de la eficiencia de los bioadsorbentes semilla de palta (*Persea americana*) y mazorca de maíz (*Zea mays*) en la remoción del arsénico (As) de las aguas naturales del subsuelo de la zona del Distrito de Torata.

NOMBRE DEL AUTOR

Bach. Ruth Adalí Cabana Cari

DEDICATORIA

Mi tesis la dedico primero a DIOS por darme la vida, salud, fortaleza y guiar mi camino.

A mis padres Wenceslao y Pelagia por su comprensión y apoyo incondicional y no permitir que desmaye ante la adversidad.

A mi hermano José César por ser mi soporte en todo momento y alentarme a cumplir mis metas.

A mi pequeño Nik por su compañía incondicional en las noches de desvelo.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Moquegua por darme la oportunidad de formarme académicamente.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, por brindarme la formación profesional y el apoyo de la plana docente y administrativo.

A mi asesor Dr. Milko Rivera Campano, por brindarme su apoyo en todo momento.

A mi amiga Stephani Rodríguez por guiarme y orientarme para la realización de mi tesis.

A mis amigos y colegas por alentarme en cada momento para no desmayar ante los obstáculos.

Resumen

El presente trabajo de investigación compara la eficiencia de los bioadsorbentes semilla de palta (*Persea americana*) y mazorca de maíz (*Zea mays*) en la remoción del arsénico (As) de las aguas naturales del subsuelo de la zona del Distrito de Torata, se propone el desarrollo de nuevas alternativas bioadsorbentes. Para ello el diseño de investigación realizada fue experimental en un nivel explicativo, la muestra fue extraída según los lineamientos del Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos - ANA," 2016 y se realizaron los análisis correspondientes en el laboratorio Analítico del Sur "LAS" acreditado por INACAL. La técnica realizada fue la prueba de jarras de sistema tipo batch, se realizaron 2 repeticiones para la experimentación de Eficiencia de remoción de arsénico por masa de bioadsorbente. Con los datos obtenidos en la primera experimentación se pasó a realizar la Eficiencia de remoción de arsénico por tiempo para hallar la curva de rendimiento de remoción de arsénico. Como resultado, la mayor eficiencia de remoción en la mazorca de maíz fue de 95,45% medio acuoso con pH 5,8 y en una concentración de 0.02g/ml; mientras que con la semilla de palta la mayor eficiencia fue de 92.86% en un medio acuosos neutro y con una concentración de 0.013 g/ml. Mediante el análisis de varianzas ANOVA se concluyó que existe una diferencia estadística altamente significativa de la eficiencia de remoción de arsénico (As) entre el bioadsorbente a partir de semilla de palta *(Persea americana)* y el de mazorca de maíz *(Zea mays)* con activación química con un p sig del 0.001

Palabras clave: Bioadsorbente, arsénico, semilla de palta, mazorca de maíz, remoción, metal pesado.

Abstract

The present research work compares the efficiency of the bioadsorbents avocado seed (Persea americana) and corn cob (Zea mays) in the removal of arsenic (As) from natural groundwater in the area of the Torata District, the development of new bioadsorbent alternatives is proposed. For this, the research design carried out was experimental at an explanatory level, the sample was extracted according to the guidelines of the National Protocol for Monitoring the Quality of Water Resources - ANA," 2016 and the corresponding analyses were performed at the Analytical Laboratory of the South "LAS" accredited by INACAL. The technique performed was the batch type system jar test, 2 repetitions were performed for the experimentation of Arsenic removal efficiency by mass of bioadsorbent. With the data obtained in the first experimentation, the arsenic removal efficiency per time was then carried out to find the arsenic removal performance curve. As a result, the highest removal efficiency in the corn cob was 95.45% in aqueous medium at pH 5.8 and at a concentration of 0.02 g/ml; while with the avocado seed the highest efficiency was 92.86% in a neutral aqueous medium and with a concentration of 0.013 g/ml. The analysis of variance ANOVA concluded that there is a highly significant statistical difference in the arsenic (As) removal efficiency between the bioadsorbent from avocado seed (Persea americana) and that from corn cob (Zea mays) with chemical activation with a p sig of 0.001.

Key words: Bioadsorbent, arsenic, avocado seed, corn cob, removal, heavy metal.

INDICE

TITULO **3**
NOMBRE DEL AUTOR **3**
Resumen **6**
Abstract **7**
INTRODUCCION **16**
I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA **18**
1.1 Descripción y formulación del problema 18
1.1.1 Formulación del problema 20
1.2 Objetivos de la investigación 21
1.2.1 Objetivo General 21
1.2.2 Objetivos específicos 21
1.3 Justificación e importancia de la Investigación 21
1.3.1 Justificación Técnica 21
1.3.2 Justificación ambiental 21
1.3.3 Justificación social 22
1.3.4 Justificación económica 22
1.4 Hipótesis 22
1.5 Operacionalización de Variables 23
II MARCO TEÓRICO **24**
2.1 Antecedentes de la Investigación 24
2.1.1 Internacional 24
2.1.2 Nacional 26
2.1.3 Locales 27
2.2 Bases teóricas 27
2.2.1 Contaminación del agua 27
2.2.2 Contaminación de agua por arsénico 28
2.2.3 Fuentes de contaminación por arsénico 29
2.2.4 Efectos del arsénico sobre la salud 29
2.2.5 Métodos de remediación de arsénico 29
2.2.6 Adsorción con biomasa 30
2.2.7 Isotermas de adsorción 31

2.2.8 Características de los bioadsorbentes.....33

2.2.9 Ventajas y desventajas de la adsorción de arsénico con métodos convencionales. 38

2.3 Legislación ambiental.....41

2.4 Definición de términos 41

2.4.1 Agua 41

2.4.2 Contaminación del agua.....42

2.4.3 Arsénico 42

2.4.4 Remediación de agua 43

2.4.5 Biomateriales.....43

2.4.6 Bioadsorbentes 43

2.4.7 Purificación de agua.....43

2.4.8 Punto de Carga Cero 43

III MARCO METODOLÓGICO.....44

3.1 Diagrama de flujo de la investigación 45

3.2 Lugar de ejecución 46

3.3 Diseño y tipo de Investigación 46

3.4 Nivel de Investigación.....46

3.5 Materiales y Equipos 46

3.5.1 Materiales.....46

3.5.2 Equipos.....47

3.6 Población y Muestra de estudio.....47

3.6.1 Población.....47

3.6.2 Muestra.....47

3.7 Metodología Experimental o Técnicas e instrumentos. 48

3.7.1 Toma de muestra en campo.....48

3.7.2 Análisis químicos de la muestra.....48

3.7.3 Caracterización química de la biomasa.....48

3.7.4 Tratamiento de la biomasa para la adsorción.....48

3.7.5 Técnicas de bioadsorción del As.....49

3.8 Validación y confiablidad de los instrumentos 52

3.8.1 Técnicas de Campo 52

3.8.2 Metodología por parte del laboratorio.....52

IV RESULTADOS Y DISCUSION 53

4.1 Resultados previos a la experimentación 53

4.1.1 Caracterización de la muestra en campo.....53

4.1.2 Caracterización de la biomasa.....54

4.1.3 Tratamiento de la biomasa para la adsorción.....56

4.2 Resultados Experimentales: 1er Diseño Experimental.....57

4.2.1 Determinación de la eficiencia de Remoción de los bioadsorbente semilla de palta (*Persea americana*) y mazorca de maíz (*Zea mays*) para el arsénico (As).....57

4.2.2 Comparación de la eficiencia de Remoción de los bioadsorbentes semilla de palta (*Persea americana*) y mazorca de maíz (*Zea mays*) para el arsénico (As).....66

4.3 Resultados post experimentales: 2do Diseño Experimental.....70

4.3.1 Eficiencia de remoción de arsénico por tiempo 70

4.4 Discusión 74

V CONCLUSIONES.....77

VI RECOMENDACIONES.....78

VII BIBLIOGRAFÍA.....80

VIII ANEXOS 87

TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables 23
Tabla 2 Taxonomía de la palta 34
Tabla 3 Componentes fisicoquímicos de la pepa de palta 35
Tabla 4 Taxonomía del maíz 36
Tabla 5 Componentes fisicoquímicos de la palta 38
Tabla 6 Ventajas y desventajas de las tecnologías convencionales 39
Tabla 7 Coordenadas de la Zona de Estudio 46
Tabla 8 Diseño experimental: Eficiencia de remoción de arsénico por masa.....50
Tabla 9 Diseño experimental: Eficiencia de remoción de arsénico por tiempo....50
Tabla 10 Parámetros físicos químicos de la muestra en campo 53
Tabla 11 Punto de carga cero – Mazorca de maíz 54
Tabla 12 Punto de carga cero – Semilla de palta 55
Tabla 13 Eficiencia de remoción de arsénico con Mazorca de maíz (biomasa activada) y muestra de agua acidificada a PZC 57
Tabla 14 Eficiencia de remoción de arsénico con Semilla de palta (biomasa activada) y muestra de agua acidificada a PZC 58
Tabla 15 Eficiencia de remoción de arsénico con Mazorca de maíz (biomasa natural) y muestra de agua acidificada a PZC 60
Tabla 16 Eficiencia de remoción de arsénico con Semilla de palta (biomasa natural) y muestra de agua acidificada a PZC 60
Tabla 17 Eficiencia de remoción de arsénico con Mazorca de maíz (biomasa activada).....62
Tabla 18 Eficiencia de remoción de arsénico con Semilla de palta (biomasa activada).....62
Tabla 19 Eficiencia de remoción de arsénico con Mazorca de maíz (biomasa natural).....64
Tabla 20 Eficiencia de remoción de arsénico con Semilla de palta (biomasa natural).....64
Tabla 21 Correlación entre la Concentración de Bioadsorbente y Eficiencia de remoción 66
Tabla 22 Prueba de Normalidad.....67

Tabla 23 Prueba de homocedasticidad de la varianza.....67
Tabla 24 Valores por factor para análisis de varianza 68
Tabla 25 Análisis univariante de varianza - ANOVA 69
Tabla 26 Prueba de Post Hoc - Tukey para el tipo de biomasa.....70
Tabla 27 Eficiencia de remoción de arsénico por tiempo con Mazorca de maíz..71
Tabla 28 Prueba de correlación Tiempo vs pH - Mazorca de maíz.....71
Tabla 29 Eficiencia de remoción de arsénico por tiempo con Semilla de palta ...72
Tabla 30 Prueba de correlación Tiempo vs pH – Semilla de palta 73

FIGURAS

Figura 1 Producción de maíz a nivel mundial 2020.....36
Figura 2 Producción de maíz a nivel provincial - región Moquegua 2017.....37
Figura 3 Producción de maíz a nivel distrital - Regional Moquegua 2017.....37
Figura 4 Diagrama de flujo 45
Figura 5 Punto de carga cero de la Mazorca de maíz 55
Figura 6 Punto de carga cero de la semilla de palta.....56
Figura 7 Remoción de arsénico con biomasa activada 59
Figura 8 Remoción de arsénico con biomasa natural.....61
Figura 9 Remoción de arsénico con biomasa activada - 2da muestra.....63
Figura 10 Remoción de arsénico con biomasa natural - 2da muestra.....65
Figura 11 Eficiencia de remoción de arsénico vs. tiempo - Mazorca de maíz.....72
Figura 12 Eficiencia de remoción de arsénico vs tiempo - Semilla de palta 73

ANEXOS

Anexo 1 Matriz de Consistencia 87
Anexo 2 Evidencias Fotográficas.....88
Anexo 3 Informes de Ensayo del Laboratorio Acreditado.....93
Anexo 4 Pruebas estadísticas SPSS 96
Anexo 5 Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. Nº 004-2017 MINAM 105
Anexo 6 Límites Máximos Permisibles Establecidos por el Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano D.S. Nº 031-2010 SA.....107
Anexo 7 Resultados de Metales Pesados que no cumplen con los LMP y/o ECA para Agua (Monitoreo de Calidad Ambiental para Agua realizado por la Gerencia Regional de Salud Moquegua 2018) 110
Anexo 8 Resultados de análisis de orina de niños con altos niveles de Arsénico en Torata – Moquegua.....111

DATOS GENERALES

Titulo

Comparación de la eficiencia de los bioadsorbentes semilla de palta (*Persea americana*) y mazorca de maíz (*Zea mays*) en la remoción del arsénico (As) de las aguas naturales del subsuelo de la zona del Distrito de Torata.

Nombre del Autor

Bach. Ruth Adalí Cabana Cari

Localidad donde se realizará a investigación

La presente investigación se llevaró a cabo en la localidad Jorge Chávez B perteneciente al Distrito de Torata, Provincia Mariscal Nieto del Departamento de Moquegua, situada entre las coordenadas:

- Coordenadas Geográficas : 17º 4’39.86’’ S
  : 70º 50’ 27.35’’ W
- Coordenadas UTM : 8110941N
  : 304070 E
- Altitud: : 2210 m.s.n.m.
- Zona: : 19K

Asesor

Dr. Milko Raúl Rivera Campano

INTRODUCCION

La presencia de arsénico en el agua es un problema de salud pública global, por la alta frecuencia que tiene alrededor de decenas de países y la peligrosidad que tiene en los seres humanos, llegando a ser precursor del cáncer de piel. Este compuesto se suele encontrar en grandes extensiones de agua subterráneas que colinden con zonas geológicas ricas en arsénico inorgánico; posteriormente estas aguas son extraídas mediante pozos localizados para ser usadas en actividades agropecuarias o domésticas.

El arsénico inorgánico se encuentra naturalmente en países como Argentina Bangladés, Chile, China, India, México, Perú, entre otros países latinos mayoritariamente (OMS, 2018); es justamente que en estos países se ve la mayor cantidad de casos reportados.

En el presente trabajo, se estudiaron alternativas ecológicas que permitirán dar soluciones a la problemática que representa el arsénico para la ciudadanía peruana, específicamente en el departamento de Moquegua - Torata, la cual de acuerdo con estudios realizados por la Gerencia Regional de Salud presenta un alto nivel de arsénico. Para ello en el Capítulo II se presentó una revisión bibliográfica relacionada a la creación y uso de biomateriales como adsorbentes

de metales pesados, así como de antecedentes que hayan ampliado la información teórica y metodológica al respecto.

En el Capítulo III se describe la elaboración del bioadsorbente, primero se caracterizó las biomasas mediante la determinación del Punto Carga Cero (PCZ) el cual fue un pH 5.8, posteriormente se realizó un pretratamiento físico mediante la trituración y tamizado de la biomasa con el fin de obtener un diámetro de partícula uniforme; seguido del tratamiento químico, la activación acida se llevó a cabo mediante hidrólisis con ácido sulfúrico al 1.25% para ambos bioadsorbentes y la activación alcalina se llevó a cabo mediante hidrólisis con NaOH al 2% solo para la mazorca de maíz puesto que la estructura química de la semilla de palta no era compatible con este tratamiento.

En el Capítulo IV los resultados de la investigación presenta la eficiencia y porcentaje de remoción de 2 materiales orgánicos, uno de la semilla de palta y otro a partir de mazorca de maíz, que se encuentran como residuos de la industria y consumo local, pues de acuerdo con los antecedentes del presente trabajo tienen gran potencial de bioadsorción por sus propiedades físicas y químicas. La mayor eficiencia de remoción de la mazorca de maíz se obtuvo mediante un tratamiento químico ácido y básico, en un medio acuoso con pH 5,8 y en una concentración de 0.02g/ml del bioadsorbente, lo que resultó en un 95,45% de remoción de arsénico; mientras que, con la semilla de palta la mayor eficiencia se da al someterla a un tratamiento químico ácido en un medio acuosos neutro y con una concentración de 0.013 g/ml llegando a una remoción del 92.86% de arsénico.

Mediante el análisis de varianzas ANOVA se concluyó que existe una diferencia estadística altamente significativa de la eficiencia de remoción de arsénico (As) de las aguas naturales del subsuelo de la zona del Distrito de Torata entre el bioadsorbente a partir de semilla de palta *(Persea americana)* con activación química y el bioadsorbente de mazorca de maíz *(Zea mays)* con activación química con un p sig del 0.001. Los últimos capítulos concluyen con la discusión de los resultados y recomendaciones para futuras investigaciones.

I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción y formulación del problema

En la actualidad la presencia del Arsénico en el recurso hídrico es cada vez más frecuente, se estima que solo en Latinoamérica un total de 4,8 millones de personas se encuentran expuestas a este metal, siendo los de situación de pobreza los más susceptibles a enfermar, así como aquellos que viven en zonas alejadas que no tienen acceso a atención médica (Navoni et al., 2012). El agua potable muestra una contaminación por arsénico generalizada, que supera el límite de este metal establecido por la OMS y supone una amenaza para la salud pública que requiere mayor investigación y acción, la presencia del arsénico en el agua pueden ocurrir por causas naturales, puesto que es un elemento muy común en el ambiente; o como consecuencia de algunas actividades humanas como la minería, que pueden aumentar su concentración en los ríos que pasen o se originen cerca de su zona de intervención.

Desde los últimos años, se ha evidenciado el fuerte deterioro de la calidad de agua que actualmente se ve en el Perú y la falta de tratamiento de esta para el consumo humano; si bien, las urbes de mayor cantidad poblacional cuentan con plantas de tratamientos funcionales, las zonas rurales aún se abastecen de fuentes naturales las cuales no pasan por una debida regulación. Según el boletín de la

Organización Mundial de la Salud, del total de 151 muestras de agua subterránea evaluados en 12 distritos del Perú, el 86% de los mismos superaba el límite máximo de concentración impuesta por la misma organización; que es de 10 mg de arsénico por litro, lo que evidencia el riesgo que la población asume sin conocer las consecuencias (George et al., 2014).

En los últimos años la Gerencia Regional de Salud Moquegua ha realizado monitoreos de calidad de agua para consumo humano (*Resultados de Monitoreo de Calidad Del Agua - GERESA Moquegua*, 2018), en los cuales el metal Arsénico (As) no cumple con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua Categoría 1, Sub categoría A, A1; según D.S. Nº 004-2017 MINAM, como también supera los Límites Máximos Permisibles establecidos por el Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano por el D.S. 031-2010 SA, siendo este un problema para la salud de los pobladores del Distrito de Torata.

En 2019, se realizaron pruebas de arsénico en sangre de niños de diferentes departamentos peruanos, los resultados fueron alarmantes siendo las regiones de Lambayeque y Moquegua la más afectadas. En la primera de un grupo de 312 niños, el 62% de los niños resultaron con niveles altos de arsénico y muchos de ellos ya presentaban lesiones cutáneas representativas de este cuadro tóxico; mientras que, en Moquegua en el Distrito de Torata, de 80 alumnos evaluados el 75% superaron altamente el límite de 0.20 µg/l de arsénico en sangre llegando a valores de 363,63 µg/l (RPP Noticias, 2020).

Ante estos resultados, es claro el problema que existe en las zonas donde se consume agua de fuentes naturales en Torata - Moquegua, los pobladores ya presentan síntomas de intoxicación aguda por arsénico. La exposición prolongada de este metal produce lesiones en la piel, abortos espontáneos y muertes de neonatos; posteriormente se presenta problemas cardiovasculares los cuales incluye arritmia, hipertensión, isquemia cardiaca y cerebral, diabetes mellitus y alteraciones arteriales periféricas, como la gangrena en extremidades; por último, existen varios estudios que asocian la ingesta de arsénico al cáncer de piel, vejiga y pulmón (Galetovic Carabantes & De Fernicola, 2003).

Una solución efectiva para este problema es evaluar un método de extracción de arsénico adecuado tomando en cuenta la incidencia de enfermedades en la zona, la concentración de arsénico y la composición/volumen del agua a tratar. Para tal causa, Acuña et al., (2016) en su investigación recomiendan utilizar métodos de extracción económicamente accesibles para la población, de diseño simple para el manejo fácil a cargo de personal poco especializado, a base de energía renovable y con materiales locales para evitar las largas distancia de transporte en insumos.

Es así como se empiezan a realizar investigaciones para hallar nuevos insumos a base de materiales orgánicos para mejorar la tecnología de extracción de metales pesados. Sin embargo, aún no existen estudios ni investigaciones específicamente para el recurso natural hídrico de la zona Torata - Moquegua, por tal, el presente estudio propone la evaluación y comparación de nuevos bioadsorbentes en base a semilla de palta *(Persea americana)* y de mazorca de maíz *(Zea mays)* con el fin de conocer cuál de ellos es más eficiente en la remoción de arsénico para el tipo de agua natural mayormente usada para el consumo humano, agrícola y agropecuario de la localidad de Jorge Chávez B, del Distrito de Torata – Moquegua.

1.1.1 Formulación del problema

Según la información de la Dirección General de Salud Moquegua (GERESA), diferentes fuentes de agua del Distrito de Torata presentan altas concentraciones de Arsénico en el agua natural, que está afectando a la población, es así que, la presente investigación propone comparar la eficiencia de dos materiales bioadsorbentes como la semilla de palta (*Persea americana*) y mazorca de maíz (*Zea mays*) para la remoción de Arsénico en aguas naturales.

1.1.1.1 Interrogante Principal

¿Existe diferencia de eficiencia de los bioadsorbentes semilla de palta (*Persea americana*) y mazorca de maíz (*Zea mays*) en la remoción del arsénico (As) de las aguas naturales del subsuelo de la zona del Distrito de Torata?

1.1.1.2 Interrogante Secundaria

- ¿Cuál es la eficiencia de remoción del bioadsorbente mazorca de maíz

(Zea mays) para el arsénico (As) de las aguas naturales del subsuelo de la zona del Distrito de Torata?

- ¿Cuál es la eficiencia de remoción del bioadsorbente semilla de palta *(Persea americana)* para el arsénico (As) de las aguas naturales del subsuelo de la zona del Distrito de Torata?

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo General

Comparar la eficiencia de los bioadsorbentes semilla de palta (*Persea americana*) y mazorca de maíz (*Zea mays*) en la remoción del arsénico (As) de las aguas naturales del subsuelo de la zona del Distrito de Torata.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar la eficiencia de remoción del bioadsorbente mazorca de maíz (*Zea mays*) para el arsénico (As) de las aguas naturales del subsuelo de la zona del Distrito de Torata.

- Determinar la eficiencia de remoción del bioadsorbente semilla de palta (*Persea americana*) para el arsénico (As) de las aguas naturales del subsuelo de la zona del Distrito de Torata.

1.3 Justificación e importancia de la Investigación

1.3.1 Justificación Técnica

El desarrollo de un nuevo bioadsorbente aportará a ampliar la teoría con la finalidad de continuar con otros trabajos; puesto que aún no existe la suficiente información sobre el comportamiento de adsorbentes no sintéticos u orgánicos, así mismo se estudiará la conducta de estos mismos en un medio hídrico específico del Distrito de Torata – Moquegua.

1.3.2 Justificación ambiental

El uso de nuevos de bioadsorbentes provenientes de residuos industriales y domésticos, busca darle un segundo ciclo de vida a los residuos sólidos que actualmente son desaprovechados; además al ser de productos locales la huella de

carbono que produciría conseguirla es mucho menor en comparación de los insumos que tienen que ser trasladados de otra región.

Otra ventaja de estudiar bioadsorbentes, es su capacidad de remediación al culminar la extracción de arsénico, pues actualmente existen investigaciones con cepas bacterianas capaces de seguir con el proceso de remediación solo en medios orgánicos como el caso de los materiales usados en este estudio. Por lo que abre la puerta a investigaciones que mejorarían el proceso de remoción.

1.3.3 Justificación social

La alta concentración de arsénico en el Distrito de Torata ha provocado problemas sanitarios en los pobladores de la zona, desde niños hasta adultos mayores; lo que ha provocado un problema de salud pública que hasta el día de hoy no ha sido atendida por las autoridades.

El presente estudio busca aplicar tecnología de fácil acceso para la población, que sea de uso sencillo para la remoción de arsénico, siendo los bioadsorbentes una opción para aquellos que no pueden acceder a agua potabilizada o tratada.

1.3.4 Justificación económica

En esta investigación, se presenta bioadsorbentes en base a insumos orgánicos los cuales actualmente son considerados residuos sólidos de la industria local o residuos domésticos de la población, por lo que su adquisición es muy accesible para aquellas poblaciones de bajos recursos, además aportará a la reducción de los residuos orgánicos del Distrito de Torata.

1.4 Hipótesis

En la naturaleza, existen residuos orgánicos con propiedades que permiten emplearse como bioremediadores de metales pesados en medios acuosos, en la presente investigación se pretende demostrar que la semilla de palta *(Persea americana)* y la mazorca de maíz *(Zea mays)* son materiales eficaces de bioadsorción, con capacidades diferentes para remover el arsénico de las aguas naturales del subsuelo de la zona del Distrito de Torata.

- **Hipótesis estadística**

H0: La eficiencia de remoción del bioadsorbente a partir de semilla de palta *(Persea americana)* es igual al bioadsorbente de mazorca de maíz *(Zea mays)* para el arsénico (As) de las aguas naturales del subsuelo de la zona del Distrito de Torata.

H1: La eficiencia de remoción del bioadsorbente a partir de semilla de palta *(Persea americana)* es diferente al bioadsorbente de mazorca de maíz *(Zea mays)* para el arsénico (As) de las aguas naturales del subsuelo de la zona del Distrito de Torata.

1.5 Operacionalización de Variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variables	Dimensiones		Indicadores	Valores	Tipo de variable
Variable Independiente: Material bioadsorbente	Concentración del bioadsorbente	(X_1)	g de material bioadsorbente / ml de muestra de agua	0.0033 g/ml 0.0066 g/ml 0.01 g/ml 0.013 g/ml 0.02 g/ml	Numérica
	Tipo de material orgánico	(X_2)	Materiales orgánicos	-Semilla de palta -Mazorca de maíz	Categórica - nominal
	Tiempo de contacto	(X_3)	Minutos	15min, 30min, 60min, 120min, 240min, 360min y 720 min	Numérica
Variable Dependiente: Eficiencia de remoción de arsénico	Eficiencia de remoción de arsénico por masa	(Y_1)	% de adsorción de mg de bioadsorbente / litro de agua contaminada	% de remoción de As	Numérica
	Eficiencia de remoción de arsénico por tiempo	(Y_2)	% de adsorción de mg de bioadsorbente / litro de agua contaminada	% de remoción de As	Numérica

Nota: basado en el diseño de investigación en referencia a Hernández et al., (2014)

II MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

2.1.1 Internacional

Pintado (2018) en su investigación de pregrado en Cuenca – Ecuador realizó la **"Comparación de la biosorción y desorción de metales pesados mediante el uso de marlo de maíz (*zea mays*) en aguas contaminadas"** buscó comparar el porcentaje de biosorción y desorción de metales pesados (Cr y Br) mediante el uso del marlo de maíz *(Zea mays)* en condiciones óptimas. El diseño de investigación es de cualitativo experimental para lo cual se realizó la caracterización del biosorbente natural, donde se obtuvo un intercambio catiónico de 84,095 meq/g, una potencial zeta de -14 y -43,3 mV y una estructura lignocelulítica con una superficie laminar masosa, se determinaron las condiciones adecuadas para el proceso de remoción, siendo el pH óptimo 4,31 para Pb y 4,19 para Cr en un sistema tipo batch durante dos horas. Mediante un modelo matemático se evidenció que el tiempo de contacto óptimo varia, mientras menos concentrado se encuentre el metal en la solución va a necesitar menos tiempo de remoción. Con relación a la isoterma de Langmuir y Freundlich para el Cr y Pb dieron a conocer que estos tienen una alta afinidad con el biosorbente. Realizo un proceso de desorción con HCl y NaOH para la reutilización del marlo

de maíz en condiciones óptimas, teniendo un porcentaje de remoción de metales mayor al 80%, con ambos tratamientos.

Vera et al., (2016) en su estudio **"Desarrollo de materiales sorbentes para la eliminación de metales pesados de aguas residuales mineras"** en Cuenca –Ecuador realizó una caracterización del bagazo de la caña de azúcar, la mazorca de maíz y el masocarpo del coco, aprovechándose los residuales de los mismos para la biosorcion de metales. Se aplicaron diferentes técnicas para la determinación de las propiedades físico-químicas de los biosorbentes. El método BOEHM evidenció que predomina la concentración de los sitios ácidos sobre su superficie en todos los casos. La determinación de grupos funcionales en el biosorbente estudiado, se realizó mediante el espectofotometro infrarrojo, en que se evidencio que los grupos funcionales predominantes son celulosa y lignina. Los resultados dieron que el punto de carga cero para el bagazo fue de 6.11, para la mazorca 3.87 y para el coco 4.79.

Netzahuatl et al., (2010) en su investigación "**Evaluación de la cascara del aguacate para la remoción de cromo hexavalente y cromo total de soluciones acuosas"** realizado en México, evaluó el potencial de la cáscara del aguacate variedad Hass para remover Cr (VI) y Cr total de soluciones acuosas. La cáscara de aguacate disminuyó rápidamente las concentraciones de Cr(VI) y Cr total en las primeras 24h de contacto; posteriormente las concentraciones continuaron disminuyeron a menor velocidad. En todos los tiempos de contacto ensayados la capacidad de remoción de Cr(VI) fue superior a la remoción del Cr total, lo que sugiere que la cascara de aguacate redujo parte del Cr(VI) a Cr(III). La capacidad de remoción de Cr(VI) y Cr total más altas se alcanzaron a las 120h de contacto, con valores de 101.81 y 63.88 mg g-1 respectivamente. El sistema de biosorción de Cr usando la cáscara del aguacate como biosorbente fue descrito por el modelo cinético de pseudo-segundo orden, lo que sugiere que el paso limitante de la velocidad fue una sorción química que involucró fuerzas de valencia a través del comparto o intercambio de electrones entre la cáscara del aguacate y los iones cromo, la complejación, coordinación y/o la quelación. Concluye que la cáscara del aguacate variedad Hass podría ser potencialmente útil para remover Cr(VI) y Cr total de soluciones acuosas.

2.1.2 Nacional

Sanchez (2018) en su investigación de pregrado "**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 como proceso para la remoción de las concentraciones de Pb y Cd en las aguas del río Rimac utilizando la tusa del maíz. El diseño de la investigación es experimental, se 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, para demostrar la capacidad de remoción de la biosorción de la tusa de maíz. Las condiciones de tamaño de partícula de la tusa de maíz 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.

Oré et al., (2015) en su estudio "**Biosorcion de Pb (II) de aguas residuales de mina usando el marlo de Maíz (*Zea mays*)"** investigó la remoción de los iones de Pb desde soluciones acuosas utilizando marlo de maíz (MRLZ), mediante un sistema batch, en función del tiempo de contacto, dosis del biosorbente, pH inicial de la solución y concentración inicial de la solución de Pb(II). Para determinar los parámetros cinéticos, los datos experimentales fueron correlacionados utilizando tres modelos matemáticos (Langergren, Pseudo Segundo Orden y Elovich). Los datos experimentales de equilibrio fueron correlacionados utilizando dos modelos de dos parámetros: Langmuir y Freundlich; el modelo que mejor se ajustó fue el de Langmuir. Se estudió la influencia de los iones competitivos observando un decrecimiento en el porcentaje de biosorción de Pb(II). El MRLZ posee una capacidad máxima de biosorción en monocapa de 7,9 mg/g. Se logró remover el 97% del Pb(II) contenido en las aguas residuales de mina.

Trelles (2013) en su investigación de postgrado estudió la "**Biosorción de Arsénico en medio acuoso empleando biomasas vegetales inertes"** en Lima – Perú, analizó ocho especies vegetales (*Phaseolus vulgaris, Oriza sativa, Triticum vulgaris, Hordeum sativum, Linum usitatissimum, Morinda citrifolia, Theobroma cacao, Zea mays)* para remover el As en medio acuoso e identificó los parámetros

que caracterizan su capacidad de biosorción. Para cada especie se identificaron los valores de masa y concentración para las cuales se obtuvo la máxima remoción, y su comportamiento se correlacionó con los modelos de cinética de sorción (primer y pseudo-segundo orden) y de biosorción de solutos simples (isotermas de Freundlich y Langmuir). Los análisis se realizaron a través de ensayos en sistemas en lote (sistemas batch) con concentraciones de arsénico entre 25 y 1,000 µg/l, con 250 µg/l como concentración utilizada para los ensayos de cinética de biosorción. Las muestras de Phaseolus vulgaris (frijol) y Hordeum sativum (cebada) presentaron la mayor capacidad de biosorción de arsénico con respecto a las otras especies analizadas, Dicha biosorción se encuentra descrita de manera satisfactoria por los modelos de biosorción de soluto simple de Freundlich.

Choccata (2018) en su estudio titulado "**Evaluación de la capacidad de Biosorción de plomo (II) empleando biomasa vegetal inerte (tallo de rosas) como adsorbente"** evaluó la capacidad de adsorción de plomo de los tallos de rosas provenientes de los residuos del mercado de flores "El Avelino". Para ello uso una solución simulada de plomo, como primer paso realizo una activación por hidrolisis alcalina, pasó por ensayos en laboratorio de tipo batch y por último evaluó características químicas y físicas del agua muestra. Como resultados obtuvo que la mayor capacidad de adsorción fue de 344.8276 mg Pb(II)/g de tallo de rosa el tiempo de reacción fue de 60 min y con 0,05 g de biomasa de adsorción.

2.1.3 Locales

Actualmente no existen estudios relacionados que sean avalados por universidades o entidades de educación.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Contaminación del agua

Se entiende contaminación de agua por la adición de sustancias extrañas a cuerpos de agua alterando el estado natural del cuerpo receptor.

"La contaminación consiste en una modificación, generalmente, provocada por el hombre, de la calidad del agua, haciéndola impropia o peligrosa para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca y las actividades

recreativas, así como para los animales domésticos y la vida natural"(Tortajada, 2007).

Es la alteración de la calidad física, química y/o biológica del Recurso Hídrico sea superficial o subterránea, el origen de la alteración puede ser natural o antrópica.

2.2.2 Contaminación de agua por arsénico

La contaminación del agua por arsénico es un tema muy amplio, debido a que el arsénico es un elemento que se encuentra en la corteza terrestre como también es expuesta por los procesos de las industrias que no le dan un adecuado tratamiento antes de exponerlas al medio ambiente; su presencia en altas concentraciones en el agua puede traer consigo efectos adversos como baja calidad del agua tanto para consumos humano como también para el sector agropecuario.

Las fuentes más comunes de arsénico son las rocas volcánicas, mayormente en zonas con erosión o cenizas, por lo que los depósitos de agua geotermales o subsuelo son las afectadas por este metal, así mismo hay que tener en cuenta que el As puede sorberse o desorberse de partículas y cuenta con un propio ciclo donde los microrganismos son parte esencial de su oxidación e inhabilitación como agente toxico. En la naturaleza se puede encontrar como oxianiones siendo los más presentes el As (V) - en animales, plantas, algas- y el As (III) el cual es la forma inorgánica, más móvil y más toxica siendo un factor importante el PH de la zona la que puede aumentar o disminuir estas dos últimas características (Bundschuh et al., 2008, pp. 5–6).

El arsénico es típico de las aguas subterráneas, si este componente se encuentra en moléculas de As_2O_5 y $As_2O_3(s)$ se considera estable o poco reactivo sin embargo estos solo se dan en casos de valores bajos de pH mientras que en altos valores de pH se encuentra en ácidos como H_3AsO_3, $H_2AsO_3^-$ y $HAsO_3^{-2}$ las cuales pueden afectar significativamente la calidad del agua siendo la arsina el estado más toxico (Mancilla et al., 2017).

2.2.3 Fuentes de contaminación por arsénico

Las fuentes de contaminación provocadas por el hombre, a adicionado productos extraños o impropios al recurso hídrico haciéndola no apta o peligrosa para el consumo humano, dentro de ellas se encuentran la industria, la agricultura, la pesca y las actividades recreativas, así como para los animales domésticos y la vida natural (Tortajada, 2007b).

Sin embargo, en el caso del arsénico, la mayor fuente de origen está principalmente controlado la geósfera, los procesos de movilización y la interacción de fase solida a fase liquida. En el caso de contaminación de agua por arsénico, las reacciones de sorción y desorción son las responsables de la disolución y precipitación del metal (Bundschuh et al., 2008)

2.2.4 Efectos del arsénico sobre la salud

La contaminación del agua de consumo humano con arsénico ha demostrado tener efectos nocivos en la salud tales como lesiones en la piel, alteraciones metabólicas y desarrollo de algunos cánceres (principalmente de piel, esófago, pulmón, renal, vejiga, hígado, hepatoxicidad, enfermedades vasculares, polineuritis, otros) (Ticona et al., 2012).

Los efectos del arsénico se catalogan como uno de los 4 elementos más tóxicos no esenciales (As, Hg, Cd y Pb) según la Organización Mundial de la Salud con un 0,7% de producir cáncer que en comparación de lo 0,001% de otras sustancias cancerígenas es un rango bastante alto, así mismo el arsénico no solo está relacionado con esta enfermedad, sino que además en exposición crónica puede generar enfermedades dermatológicas, problemas de vejiga, tracto urinario, riñones e hígado entre otros (Mancilla et al., 2017).

2.2.5 Métodos de remediación de arsénico

Viendo que gran parte de la población que consume agua subterránea sufre de lesiones crónicas, se han propuesto varias tecnologías que permitan la remoción de arsénico y estas dependen del ion más predominante del metal en el agua a tratar, Cuando se trata de remover elementos químicos del agua como es el

arsénico, Castro De Esparza, (2006) propone como necesario recurrir a métodos complejos como:

- Oxido reducción,
- Separación sólida – liquido (ablandamiento con cal, coagulación-adsorción – filtración, coagulación – adsorción, coagulación – filtración, con sales de hierro y aluminio, presencia de hierro y manganeso, hidróxido férrico granular, hierro con filtración directa, alúmina activa), intercambio iónico.
- Separación física (electrólisis inversa, osmosis inversa y nanofiltración.

Sin embargo, estas tecnologías son en general para aplicarse de mediana a gran escala por lo que en caso de comunidades rurales sin recursos económicos y materiales limitados resulta más recomendable utilizar tecnología no convencional que tienen como factor principal la participación del tratamiento biológico ya sea mediano cuerpo microbiológicos que disminuyen la toxicidad del metal, hasta bioadsorción que remueve el arsénico de un cuerpo de agua para ser tratado por separado.

2.2.6 Adsorción con biomasa

La adsorción es el proceso de transferencia superficial, en la cual las moléculas del adsorbato se fijan sobre la superficie del adsorbente, esto se debe a las diferentes fuerzas atractivas que entran en contacto (Yelitza, 2018).

La bioadsorción es un proceso fisicoquímico que incluye los fenómenos de adsorción y absorción de moléculas y iones, este método es poco convencional, sin embargo; busca la remoción de metales pesados en aguas (Tejada et al., 2015), utilizando como sorbentes diferentes materiales de origen biológico (Chojnacka, 2010), sea mediante biomasa viva (es autorrenovable) o muerta (es más ventajosa desde el punto de vista económico) estos materiales son de bajo costo y se encuentran en gran abundancia en la naturaleza (Castillo, 2005).

Existen dos tipos de adsorción según (Castells, 2012).:

ADSORCIÓN FISICA o fisisorción, se produce cuando el adsorbato (contaminante) y el adsorbente (biomasa) interactúan sólo por medio de fuerzas de

Van der Waals, si las fuerzas de atracción intermolecular entre el adsorbente y el adsorbato son mayores que las del contaminante, éste se concentrará en la superficie del sólido, este tipo de adsorción es reversible por lo que el adsorbente puede desorver o adsorber al contaminante, las moléculas adsorbidas están ligadas débilmente a la superficie y los calores de adsorción son bajos (Castells, 2012).

ADSORCION QUIMICA o quimiosorción, se produce por la integración química entre adorsorbente y el adsorbato, cuando se forman y rompen enlaces. Este tipo de adsorción se caracteriza por la fuerte unión química entre el adsorbente y el contaminante, la atracción de este tipo de adsorción es mucho más fuerte, siendo muchas veces irreversible y éste requiere más energía que en la adsorción física para eliminar las moléculas adsorbidas (Castells, 2012).

Según Silva citada en la tesis de Salvatierra Gómez, (2019) los factores que puedan afectar en la adsorción son la velocidad de agitación la cual permite la correcta dispersión de las partículas lo que aumenta la tasa de transferencia de arsénico a la masa; la temperatura puesto que la adsorción mayormente es de tipo exotérmica, el pH según el metal que se desea extraer y el tamaño de la partícula puesto que a menor tamaño, mayor área de contacto y de adsorción.

2.2.7 Isotermas de adsorción

Cada adsorbente tiene una capacidad de adsorción, a la cual se conoce como “isotermas de adsorción”, ésta significa que tiene “igual temperatura”, están formadas por una curva de variación de la presión con el volumen a una temperatura constante (Cromer, 1996). Se utiliza para comprender la capacidad del adsorbente, al eliminar cualquier sustancia sea en fase liquida o gaseosa a una temperatura y pH constante, de tal manera que se compara y predice el rendimiento de adsorción (Clean Air Technology Center et al., 1999).

Existen cinco modelos de isotermas de adsorción, como son, Isotermas de Freundlich y de Langmir, siendo estas las que más se destacan, también se encuentran Brunauer, Emmett y Teller (Aulton, 2004). la forma de la isoterma se debe al mecanismo de adsorción, la naturaleza a adsorber y de la superficie del adsorbente

Isotermas de Freundlich, Se expresa mediante la ecuación:

$$\log q = \frac{1}{n} Log\ C + Log\ Kd$$

Donde q es cantidad adsorbente, C es la cantidad de metal sin adsorbe, kd es el coeficiente de distribución y n es el factor de corrección. Por consiguiente, si representamos q en función de **C** debemos obtener una línea recta con una pendiente 1/b y una intersección en 1/kb (Aulton, 2004). Para poder calcular la q se utilizará la siguiente ecuación

$$q = \frac{x}{m}$$

Donde x es la masa del metal adsorbido y m es la masa del adsorbente, mientras que x

$$x = Co - Ce$$

Donde Co es la concentración inicial y Ce es la concentración de equilibrio (Aulton, 2004).

Isotermas de Langmuir, para obtener esta ecuación se asumió que solo era posible una cubierta monocapa, de manera que únicamente puede aplicarse a las isotermas de tipo I. por conveniencia, la ecuación se expresa:

$$\frac{C}{q} = \frac{1}{b} C + \frac{1}{kb}$$

Donde q es cantidad adsorbente, C es la cantidad de metal sin adsorbe, k es la fuerza de unión y b es la cantidad máxima de adsorbida. Por consiguiente, si representamos q en función de **C** debemos obtener una línea recta con una pendiente 1/b y una intersección en 1/kb (Aulton, 2004).

Para poder calcular la q se utilizará la siguiente ecuación

$$q = \frac{x}{m}$$

Donde x es la masa del metal adsorbido y m es la masa del adsorbente, mientras que x

$$x = Co - Ce$$

Donde Co es la concentración inicial y Ce es la concentración de equilibrio

Isoteras de Brunauer, Emmett y Teller (BET), se aplica a la adsorción multicapa y, por consiguiente, describe las isotermas de tipo II y normalmente se expresa de:

$$\frac{p}{V(p_0 - p)} = \frac{1}{V_m c} + \frac{c-1}{V_m c} x \frac{p}{p_0}$$

Donde p_0 es la presión de saturación del vapor, **V** es el volumen de equilibrio de gas adsorbibdo por unidad de masa de adsorbente, V_m es el volumen de gas necesario para cubrir una unidad de masa de adsorbente con una monocaapa y **c** es una cosntante. La ecuación se reduce a la de Langmir si la adsorción se limita a la formación de una monocapa.

Una aplicación práctica directa de interés farmacéutico de la adsorción de gases es la determinación del área superficial de los polvos. Si se determina la isoterma y se identifica el punto de formación de la monocapa, el área superficial del material adsorbente nos dará el área superficial del polvo (Aulton, 2004).

2.2.8 Características de los bioadsorbentes

En el caso de la Bioadsorción con semilla de Palta (*Persea americana*) conocida así en el Perú, Chile, Bolivia, Argentina y Uruguay, es también conocido como avocado o aguacate en México y otros países a nivel mundial, es un fruto que se cultiva en climas tropicales y mediterráneos en todo el mundo (Periche et al., 2017). La semilla de la palta o también conocida como cuesco o hueso de palta es el endocarpio del fruto de la *Persea americana* es de color pardo claro, este representa del 15% al 20% del peso total del fruto.

Tabla 2

Taxonomía de la palta

Taxonomía de la palta	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Laureales
Familia:	Lauraceae
Género:	Persea
Especie:	Persea americana
Nombre común:	Palta, Aguacate

Nota: Basado en la información dada por (Fernández Pérez, 2021)

En la tabla 2, se muestra una guía visual de la taxonomía de la palta (*Persea americana*) de acuerdo a la información obtenida en la investigación de (Fernández Pérez, 2021).

A nivel mundial el consumo de palta ha crecido exponencialmente, gracias a su agradable sabor y por sus propiedades nutritivas, como también su alto contenido en aceites vegetales, gran contenido calórico y graso, además de sus propiedades antioxidantes (Ministerio de Agricultura y Riego, 2020), hasta el 2018, la producción de palta se ha incrementado en un 10% (Quiroz, 2020), este crecimiento ha generado que países como México siendo el principal productor de palta, seguido de Republica Dominicana, Perú, Chile y Colombia, desarrollen aún más su área de producción de palta, con el propósito de exportar a América del Norte, Europa y Asia (Xiong y Song, 2018).

En el Perú, para el 2020 el cultivo de palta alcanzó una producción de 661 mil toneladas, siendo superior al año anterior con 89 mil toneladas de producción, los departamentos que alcanzaron niveles superiores de producción fueron; La Libertad, Lima, Lambayeque, Ica, Junín y Ayacucho.

Respecto a la exportación de palta, para el año 2020 tuvo un incremento de 31.6% que el año anterior, llegándose a exportar 441 mil toneladas, siendo 99 mil toneladas más que el 2019, abasteciendo así a los países de Holanda (27.95%),

Chile (109.6%), Reino Unido (32.6%), China (21.8%), Rusia (173.5%) y Japón(91.3%) (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2021).

En la región Moquegua, hasta la fecha se han certificado 40 lugares de producción de palta que están ubicados en los distritos Torata, Moquegua y Samegua pertenecientes a la provincia Mariscal Nieto (Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú, 2021).

Según estudios realizados por Chullo y Molina, (2017), la composición química de la semilla de palta es la siguiente:

Tabla 3

Componentes fisicoquímicos de la pepa de palta

Humedad	Cenizas	Proteínas	Grasa	Fibra	Carbohidratos	Ref.
47.5%	1.2%	2.6%		3.5%		(1)
58.4%	2.4%	2.0%	1.9%	4.8%	30.2%	(2)
12.23%	4.1%	5.0%	2.5%	9.6%	78.5%	(3)
11.9%	3.6%	3.7%	2.0%	10.3%	80.1%	(3)

Nota: Basado en la información dada por (Chullo y Molina, 2017)(1), (Rengifo, 2014) (2) y (Triguero, 2018) (3)

En la tabla 3, se da a conocer las cantidades en porcentajes tanto de humedad, cenizas, proteínas, grasas, fibra y carbohidratos que son componentes principales de la pepa de palta de acuerdo a la investigación de cada autor.

En el caso del Bioadsorbente mazorca de Maiz (*Zea mays*) es uno de los cereales más abundante en todo el mundo, el residuo del maíz es el que se conoce como mazorca, tusa, marlo, etc. dependiendo del país donde se encuentre, la mazorca se obtiene al aislarse los granos de maíz, tiene la característica de ser de color blanco, amarillo o rojizo, su textura es esponjosa y de peso liviano.

Tabla 4

Taxonomía del maíz

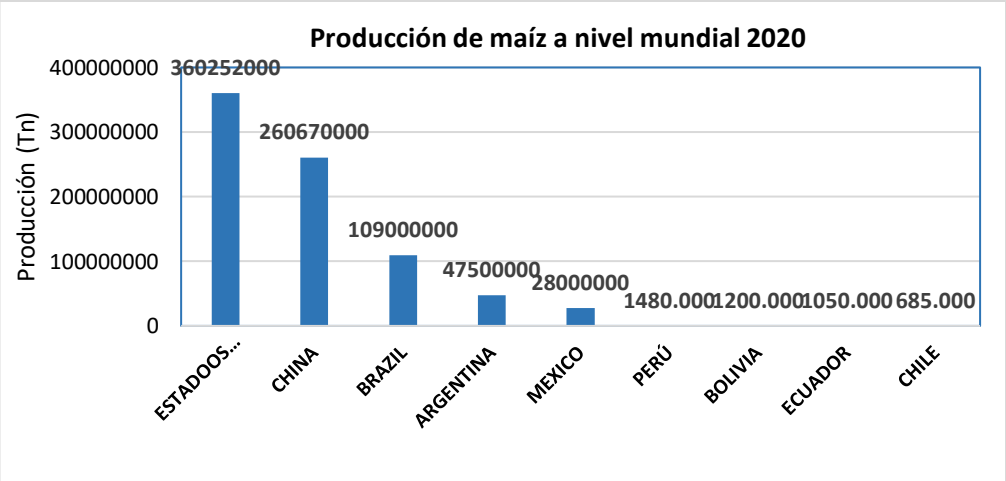
Taxonomía del maíz	
Reino:	Plantae
Clase:	Liliopssida
Orden:	Cyperales
Familia:	Poaceae
Subfamilia:	Panicoideae
Género:	Zea
Especie:	Zea mays
Nombre común:	Maiz

Nota: Basado en la información dada por (Vinueza Cisneros, 2020).

En la tabla 4, se muestra una guía visual de la taxonomía del maíz (*Zea mays)* de acuerdo a la información obtenida de (Vinueza Cisneros, 2020).

Figura 1

Producción de maíz a nivel mundial 2020

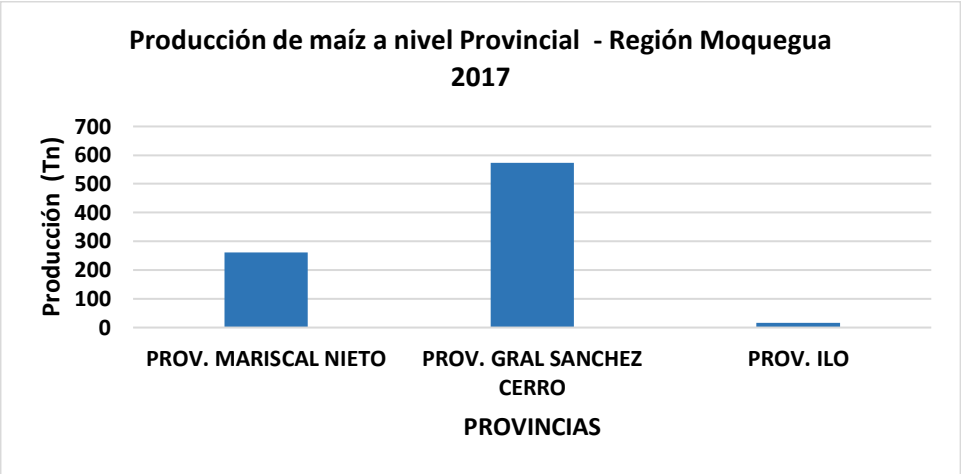


Nota: En la figura se observa la producción de maíz en el 2020 según la página de estadística mundial Statista.com.

En la figura 1, se muestra que a nivel mundial los tres principales países productores de maíz son Estados Unidos, China y Brazil (García Mendoza, 2017), el Perú se encuentra dentro de los 9 países, donde se cultiva en gran diversidad de ambientes agroecológicos, desde la costa peruana siendo los 50 m.s.n.m. hasta por encima de los 3850 m.s.n.m. (García Mendoza, 2017); el maíz forma parte importante de la dieta alimenticia tanto para el ser humano como también los animales que son los que mejor aprovechan.

Figura 2

Producción de maíz a nivel provincial - región Moquegua 2017

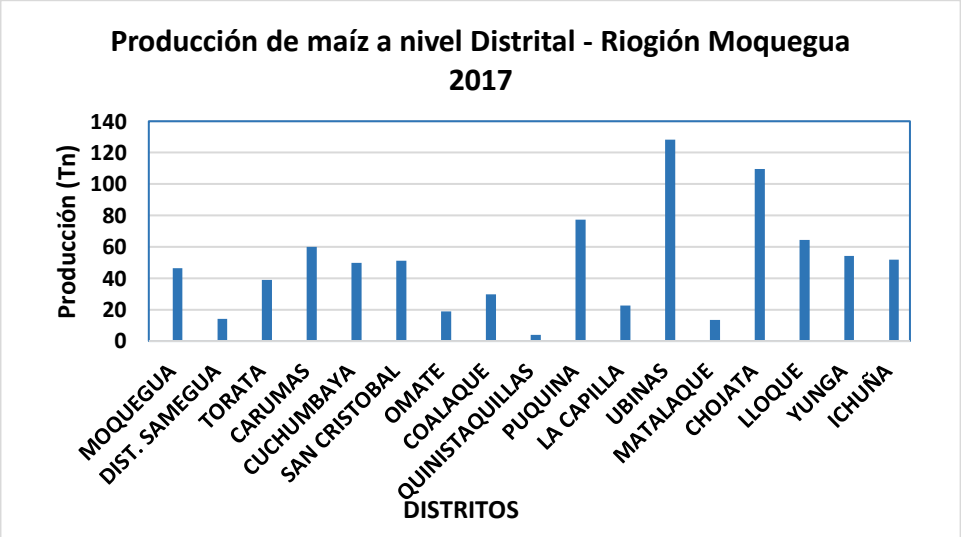


Nota: Información obtenida de la (Gerencia Regional de Agricultura Moquegua, 2017)

En la figura 2 se muestra que en la región Moquegua el cultivo de maíz se da en las tres provincias, siendo General Sánchez Cerro la principal fuente de producción de maíz, seguido por Mariscal Nieto y finalmente Ilo (Gerencia Regional de Agricultura Moquegua, 2017).

Figura 3

Producción de maíz a nivel distrital - Regional Moquegua 2017



Nota: Información obtenida de la (Gerencia Regional de Agricultura Moquegua, 2017).

En la figura 3 se muestra la producción de maíz a nivel distrital en el 2017, que fue mayor en el distrito de Ubinas y Quinistaquillas con menor producción de maíz amiláceo.

Tabla 5

Componentes fisicoquímicos de la palta

Lignina	Celulosa	Hemicelulosa	Cenizas	Extractos	Otros	Ref.
15.8%	45-50%	33.6%	2%			(1)
29%	43%	25%			3	(2)
23%	43.14%		0.761%			(3)

Nota: Basado en la información dada por (Cordoba et al., 2013) (1); (Gutierréz, 2019) (2) cita (Janqui, 2018); (Vinueza, 2020) (3).

En la tabla 5, se presenta los componentes fisicoquímicos de la mazorca del maíz de acuerdo a la investigación de cada autor; el maíz químicamente está compuesto por lignina, celulosa, hemicelulosa, cuyas características permiten a la mazorca ser utilizado como bioadsorbente de diferentes contaminantes.

2.2.9 Ventajas y desventajas de la adsorción de arsénico con métodos convencionales.

En la industria existe una extensa variedad de tecnologías convencionales para eliminar metales pesados, sin embargo, no es un secreto que en los últimos tiempos el estudio de la aplicación de biomasa para la adsorción de metales pesados ha ido mejorando, es por eso que en la presente tabla encontraremos las ventajas y desventajas de la aplicación de las tecnologías convencionales y no convencionales:

2.2.9.1 Ventajas y desventajas de las tecnologías convencionales

Tabla 6

Ventajas y desventajas de las tecnologías convencionales

Método	Ventajas	Desventajas
Coagulación limitada	-Costo inicial relativamente bajo. Cuando se usa en sistemas a gran escala puede ser una tecnología costo-efectiva -Operación relativamente simple (cuando se compara con las otras tecnologías listadas) -Químicos comúnmente disponibles	-Tolerancia limitada a las variaciones de pH (para sulfuros) -Puede verse afectado por la presencia de sólidos suspendidos -Se producen lodos tóxicos -Baja efectividad, particularmente cuando las concentraciones son bajas (entre 1 y 100 mg/L) y especialmente para el As (III) -En algunos casos se requiere de pre-oxidación
Oxidación química o reducción	-Proceso relativamente simple, de bajo costo, pero lento -Oxida otras impurezas y elimina contaminación microbiana (cuando se usa cloro o similar como agente oxidante)	-Se requiere el uso de químicos - Puede verse afectado por la presencia de solidos suspendidos -La remoción de arsénico es parcial -Sensible a las condiciones ambientales.
Intercambio iónico	-Técnica relativamente conocidas, definidas y comercialmente disponibles -Efluente de alta pureza -Alta efectividad	Tolerancia limitada a las variaciones de pH -Puede verse afectado por la presencia de solidos suspendidos -Produce residuos tóxicos -Se requiere de instalación y regeneración - Requiere de operación y mantenimiento altamente tecnificado -Costo relativamente alto
Procesos de membrana	- Técnica bien definida y alta eficiencia en la remoción - No produce residuos sólidos tóxicos - Capaz de remover otros contaminantes	-Tolerancia limitada a las variaciones de pH -Puede verse afectado por la presencia de solidos suspendidos -Costo de instalación y mantenimiento altos. -Operación y mantenimiento altamente calificados -Se producen aguas residuales tóxica.
Adsorción	Relativamente conocida y comercialmente disponible (uso de sorbentes convencionales) -Alta efectividad -Se puede obtener un efluente de alta pureza	Tolerancia limitada a las variaciones de pH -Puede verse afectado por la presencia de solidos suspendidos -Produce materiales de residuo tóxicos -Operación y mantenimiento altamente calificados -Costo relativamente alto

Nota: Basado en la información dada por (Trelles, 2013)

En la tabla 6, se muestra las ventajas y desventajas de las tecnologías convencionales existentes para la remoción de metales pesados presentes en el agua.

2.2.9.2 Ventajas de la adsorción de metales en medio acuoso

Trelles, (2013) cita a Nilanjana Das, quien dice que en comparación con los procesos convencionales de remoción de metales con la adsorción en medio acuoso y presenta las siguientes ventajas:

- ***Bajo Costo*****,** debido a que a menudo los biosorbentes usados están compuestos de materiales naturales (como en el caso de las algas marinas) o residuos de operaciones industriales (como residuos de fermentación o agroindustriales) que se encuentran disponibles en grandes cantidades.

- ***Alto rendimiento y propiedades selectivas***: el rendimiento de la adsorción metálica de los diferentes tipos de biomasa puede ser selectiva en mayor o menor medida a diferentes metales. Esto depende de varios factores como el tipo de biomasa, los procesos de preparación (incluyendo pretratamiento fisicoquímico), la mezcla de la solución, entre otros.

- ***Regenerativos****:* algunos biosorbentes pueden ser reusados luego que el metal es reciclado.

- ***Se generan una menor cantidad de lodos*****:** se reducen los problemas secundarios, asociados con la generación de lodos, que suceden con otros métodos como la precipitación química.

2.2.9.3 Desventajas de la adsorción de metales en medio acuoso

- **Rápida saturación**, dado que depende de los sitios o grupos de captura a través de los cuales se produce la interacción con los metales

- **El potencial** para mejorar los procesos biológicos es limitado debido a que las células de biomasa ya no son capaces de metabolizar (en el caso del uso de biomasa muerta).

- No es posible alterar la valencia del metal mediante procesos biológicos (en el caso del uso de biomasa muerta).

2.3 Legislación ambiental

En el Perú, según la Constitución política del Estado en el "**Artículo 7º-A.-** El Estado reconoce el derecho de toda persona a acceder de forma progresiva y universal al agua potable, garantiza este derecho priorizando el consumo humano sobre otros usos y promueve el manejo sostenible del agua, el cual se reconoce como un recurso natural esencial y como tal, constituye un bien público y patrimonio de la Nación. Su dominio es inalienable e imprescriptible" (Ley Nº30588, Incorporación del artículo 7º-A de la Constitución Política del Perú)

El Ministerio Nacional del Ambiente de acuerdo a la ley de Recursos Hídricos Ley N° 29338 en el artículo 76° establece medidas para prevenir, controlar y remediar la contaminación del agua, asimismo implementar actividades de vigilancia y monitoreo, sobre todo en las cuencas donde existan actividades que pongan en riesgo la calidad o cantidad del recurso.

De acuerdo al artículo 7 del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización y funciones que tiene el Ministerio del Ambiente es elaborar los ECA y LMP, los Estándares de calidad ambiental para agua (ECA-Agua) aprobada con el D.S. 004-2017-MINAM establece al arsénico dentro de los parámetros inorgánicos, encontrándose en las cuatro categorías de los estándares de calidad ambiental para agua, siendo 0.01mg/L la concentración máxima para de bebida, 0,15mg/L concentración máxima para conservación del ambiente acuático; en cuanto al Límite máximo permisible para el arsénico, el Ministerio de Salud mediante el Reglamento de agua para consumo humano D.S.031-2010-SA establece $0.010 mgL^{-1}$ como concentración máxima de su presencia en el agua.

2.4 Definición de términos

2.4.1 Agua

El agua es un recurso natural renovable, este es indispensable para la vida del ser vivo en general, a su vez es vulnerable y estratégico para el desarrollo sostenible, para el mantenimiento de los sistemas y ciclos naturales (Reglamento de La Ley de Recursos Hidricos, Ley Nº 29338, 2010), se presentan en sus diferentes estados, las cuales se encuentran interactuando entre sí mediante

equilibrios químicos regidos por leyes termodinámicas, dentro del agua natural encontramos:

- **Agua subterránea:** Son aquellas aguas que se filtran en el terreno desde lugares con alta elevación hacia lugares de menor elevación pudiendo aflorar en forma de manantiales (Autoridad Nacional de Agua, 2016).
- **Agua superficial:** Son producidas por las precipitaciones líquidas, sólidas y aporte glaciar (Autoridad Nacional del Agua, n.d.). .

2.4.2 Contaminación del agua

El termino contaminación se refiere a la introducción de cualquier agente químico, físico o biológico cuya presencia o acumulación tiene efectos nocivos en el entorno natural, a la salud y el bienestar de las personas; se dice que el agua está contaminada cuando los agentes contaminantes repercuten negativamente en su calidad para el consumo humano, para usos posteriores o para el bienestar de los ecosistemas; la contaminación ocurre en cualquier espacio que alberga agua sea ríos, lagos, acuíferos o el mar. (Fondo para la Comunicación y la Educación A. C., 2017).

2.4.3 Arsénico

Según Gasque, (2015) indica que el arsénico se encuentra en el centro del bloque *p* de la tabla periódica, es el elemento más intermedio de todos; su comportamiento en ocasiones es como un metal típico y en otras como un típico no metal, tiene varias formas alotrópicas: gris, amarilla y negra; las principales fuentes minerales de arsénico son los sulfuros: el *realgar* (As_4S_4) y el *orpimento* *(*As_2S_3*)* descubiertos y apreciados hace milenios por sus formas cristalinas. El arsénico es un elemento natural de la corteza terrestre; ampliamente distribuido en todo el medio ambiente, está presente en el aire, el agua y la tierra. En su forma inorgánica es muy tóxico (OMS, 2018).

Alarcón et al., (2014) dice que el arsénico es movilizado al ambiente a través de una combinación de reacciones que incluyen tanto procesos naturales (meteorización, actividad biológica, emisiones volcánicas), así como procesos antropogénicos (actividad minera, uso de combustibles fósiles, pesticidas,

herbicidas, desecantes, conservadores de la madera, aditivos de alimento de ganado, semiconductores, pigmentos, entre muchos otros.

2.4.4 Remediación de agua

El proceso de remediación busca eliminar o reducir contaminantes, es utilizada comúnmente para la reducción de contenidos químicos orgánicos del suelo, aguas superficiales, aguas residuales urbanas e industriales y lodos aceitosos en refinerías petroleras con la finalidad de asegurar la protección de la salud humana y los ecosistemas (Ministerio del Ambiente, 2016).

2.4.5 Biomateriales

Biomaterial se entiende como sustancia de origen vivo que puede servir como material o insumo que pueda ser utilizado para evaluar, curar, corregir o reemplazar cualquier material hecho por el hombre (Vera et al., 2016).

2.4.6 Bioadsorbentes

Son materiales de origen biológico sean estas vivas o muertas en soluciones acuosas, que tienen la capacidad de adsorber contaminantes como metales sean orgánicos o inorgánicos presentes en el cuerpo en estudio “agua” (Vera et al., 2016).

2.4.7 Purificación de agua

El proceso de purificación del agua es la extracción de partículas de contaminantes orgánicos e inorgánicos del agua con el fin brindar calidad de agua para consumo humano (Chivité et al., 2012).

2.4.8 Punto de Carga Cero

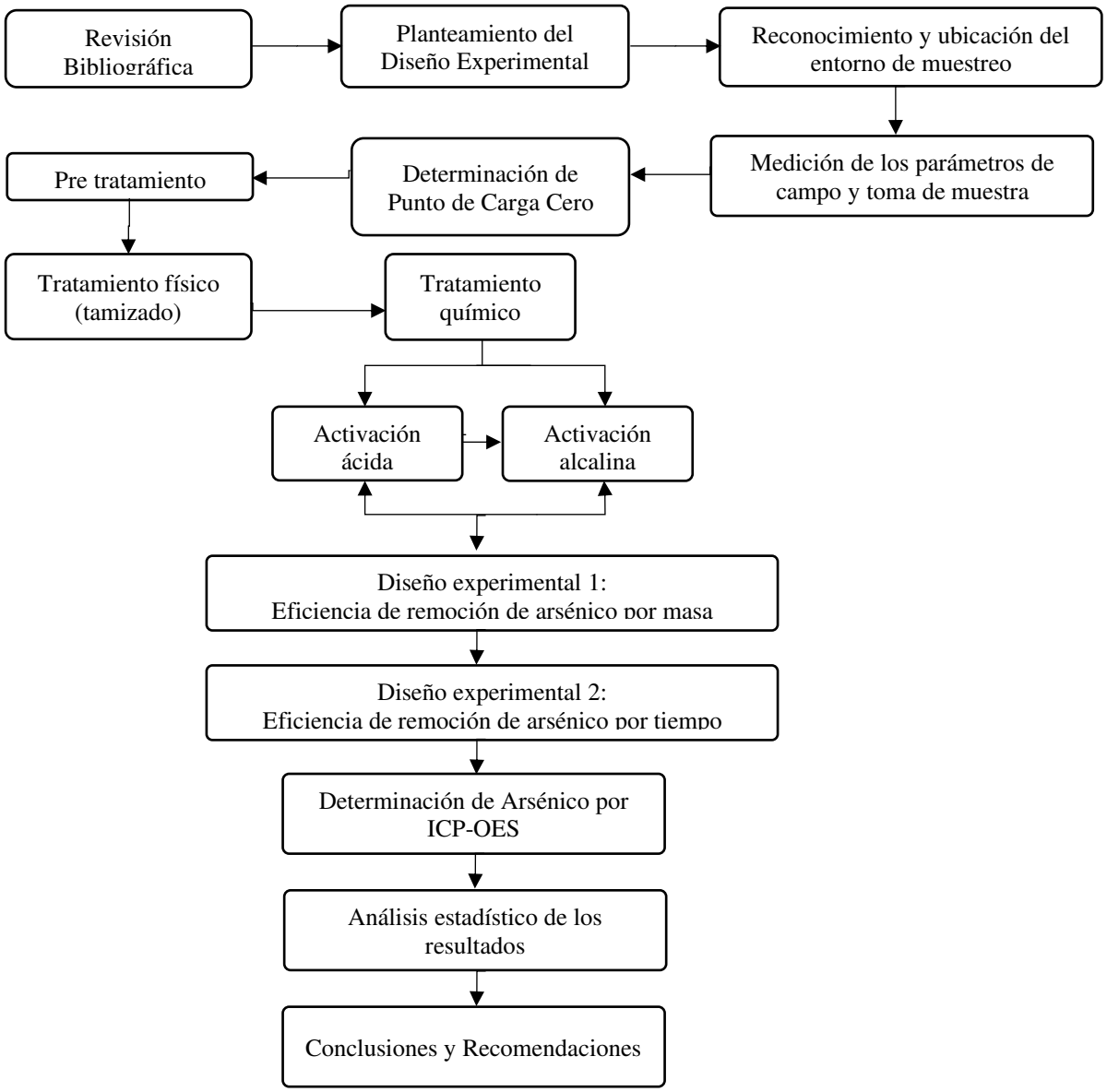
Es el valor del pH en el que la carga neta de las partículas sobre la superficie del material adsorbente es neutra, este se utiliza para determinar la afinidad de un adsorbente por un adsorbato (Amaringo Villa & Hormaza Anaguano, 2013).

III MARCO METODOLÓGICO

3.1 Diagrama de flujo de la investigación

Figura 4

Diagrama de flujo



En la figura 4, se presenta el diagrama de flujo el cual muestra gráficamente los pasos a seguir para desarrollo de la investigación, desde la parte teórica (revisión bibliográfica, planteamiento del diseño experimental), trabajo en campo (reconocimiento y ubicación del muestreo), experimentaciones en laboratorio (determinación de punto de carga cero, tratamiento de las biomasas, activación ácida y alcalina, experimentación 1 y 2, determinación del arsénico), trabajo en gabinete (análisis estadístico de los resultados) llegando así a la parte final de las conclusiones de la Investigación.

3.2 Lugar de ejecución

La presente investigación se llevó a cabo:

Tabla 7

Coordenadas de la Zona de Estudio

	Coordenadas		Zona
Geográficas	17° 4'39.86"S	70°50'27.35"W	19K
UTM	8110941 N	304070 E	
Altitud	2210m.s.n.m		

Nota: Las coordenadas fueron obtenidas por el equipo GPS.

En la tabla 7, se presenta las coordenadas geográficas, UTM y altitud de la zona de estudio la localidad de Jorge Chávez B, perteneciente al Distrito de Torata, Provincia Mariscal Nieto del Departamento de Moquegua.

3.3 Diseño y tipo de Investigación

El tipo de investigación del proyecto es experimental, también conocidos como estudios de intervención pues el investigador recrea un fenómeno manipulando las variables para hallar el efecto que existe entre ellas; (Hernández et al., 2014a)

3.4 Nivel de Investigación

El nivel de la presente investigación es Explicativo puesto que evaluará no solo la descripción del fenómeno estudiado sino también la relación de causa y efecto entre las variables. (Hernández et al., 2014b)

3.5 Materiales y Equipos

3.5.1 Materiales

Los materiales para utilizar son:

- Frascos de polietileno para la toma de muestras
- Guantes

- Mascarillas
- Vasos de precipitación (diversos volúmenes: 100ml, 500ml)
- Matraz de Erlenmeyer (diversos volúmenes: 500ml, 300ml y 100ml)
- Pipetas (10ml, 1ml) y micropipetas (10µl, 250µl)
- Pisetas
- Frascos de polietileno para la conservación de muestras
- Embudo de vidrio
- Papel filtro cuantitativo sin cenizas Grado 40 (8µm) (D=125mm)
- Mallas para ensayos granulométricos

3.5.2 Equipos

Los equipos para utilizar son:

- Multiparámetro
- GPS
- Termómetro digital
- pH-metro
- Equipo de prueba de jarras, modificado
- Estufa
- Refrigerador
- Balanza electrónica

3.6 Población y Muestra de estudio

3.6.1 Población

La población de estudio fueron los cuerpos de agua natural siendo agua de manantial, ubicado en la localidad de Torata, en la provincia de Mariscal Nieto, departamento Moquegua.

3.6.2 Muestra

Para el método de muestreo se usó uno de tipo no probabilístico por conveniencia, considerando como punto de recolección el agua del manantial del sistema de captación Jorge Chávez B, tomando en cuenta los puntos influenciados por As de acuerdo a la Información de la Gerencia Regional de Salud Moquegua.

3.7 Metodología Experimental o Técnicas e instrumentos.

3.7.1 Toma de muestra en campo

La toma de muestra se realizó de acuerdo con el ("Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos - ANA," 2016) para ello se empezó con el reconocimiento del entorno, ubicación y la toma de fotografías como evidencia. Con el multiparámetro se hizo una medición de parámetros de campo para revisar la estabilidad de la fuente y sus características físicas; posteriormente se procedió a la toma de muestras, se acondicionó previamente los frascos de muestreo con un etiquetado y rotulado; además de asegurar la cadena de frío mediante la implementación de coolers con ice pack (hielo) y la preparación de materiales de embalaje, para asegurar la llegada de las muestras recolectadas en condiciones óptimas de conservación y calidad.

3.7.2 Análisis químicos de la muestra

El laboratorio que realizó el análisis de agua natural para determinar la presencia de arsénico en las muestras de agua fue el Laboratorios Analíticos del Sur acreditado por INACAL con registro N° LE-050.

3.7.3 Caracterización química de la biomasa

Para la caracterización química se realizó la determinación del pH en el Punto de Carga Cero, con el fin de evaluar el rango óptimo de este parámetro (pH) para la adsorción eficiente de los metales. Según la metodología descrita por Choccata, (2018), se prepararon 2 baterías de 8 soluciones de 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 de pH con NaOH 0.1N y HCl 0.1N, posteriormente se añadió 0,5 g de cada biomasa y se mantuvo en agitación por 24h y 150m rpm a temperatura ambiente. Por último, se graficó los datos obtenidos.

3.7.4 Tratamiento de la biomasa para la adsorción

3.7.4.1 Tratamiento físico

La biomasa pasó por un tratamiento físico el cual consiste en una limpieza y selección, en el caso de la semilla de palta se retiró la primera capa de piel.

Posteriormente ambas biomasas se secaron en una estufa eléctrica a 60°C durante 48h hasta que el peso seco de ambas muestras fue constante.

Seguidamente se llevó a la molienda con la ayuda del molino de martillo (proporcionado por la Escuela de Ingeniería Pesquera).

El tamizado de las muestras se realizó con la malla de tamiz N°100 de 150 µcm para obtener polvo fino de la muestra.

3.7.4.2 Tratamiento químico

Se realizó una activación química de acuerdo con lo propuesto por (Mussatto et al., 2006) para ello se sometió a ambas biomasas a una hidrólisis ácida (H_2SO_4 al 1.25%) por un tiempo de 60 min y posteriormente se llevó a una hidrólisis alcalina con (NaOH al 2 % p/v) por la misma cantidad de tiempo.

Para la hidrólisis ácida se sometió 25 g de biomasa triturada a un 300 ml solución de Ácido sulfúrico al 1,25% a una temperatura de 120°C por 60 min; posteriormente se lavó con aproximadamente 60 lt de agua destilada hasta conseguir neutralizar el pH, por último, se secó en la estufa eléctrica por 48h a 60°C

Para la hidrólisis alcalina, al igual que con la hidrólisis ácida, se sumergió 25 g de biomasa en hidróxido de sodio al 2% a una temperatura de 120°C por 60 min, sin embargo, el resultado no fue satisfactorio puesto que se obtuvo una mezcla homogénea que no pudo ser lavada con agua destilada. Posteriormente se modificó la técnica utilizando 35 g de la muestra de biomasa en 3,5 lt de solución de hidróxido de sodio al 0,1 N; seguidamente se llevó a lavado y secado para luego ser molido y tamizado como el paso previo.

3.7.5 Técnicas de bioadsorción del As

3.7.5.1 Diseño experimental

Para el primer experimento se evaluó:

Tabla 8

Diseño experimental: Eficiencia de remoción de arsénico por masa

N° de ensayo	Variable Independiente			Variable Dependiente
	Concentración de biomasa adsorbente (X_1) (g/ml)	Tipo de adsorbente (X_2)		
		Semilla de palta	Mazorca de maíz	
1	0.0033	1.1	2.1	Eficiencia de remoción de arsénico por masa (Y_1)
2	0.0066	1.2	2.2	
3	0.01	1.3	2.3	
4	0.013	1.4	2.4	
5	0.02	1.5	2.5	

Nota: Eficiencia de remoción de arsénico por masa.

En la tabla 8, se muestra que para el primer diseño experimental se evaluó la concentración de biomasa adsorbente (X1); y el Tipo de adsorbente (X2) los cuales son la semilla de palta y la mazorca de maíz; para sacar como resultado la Eficiencia de remoción de arsénico por masa (Y1).

Para el segundo experimento se evaluó:

Tabla 9

Diseño experimental: Eficiencia de remoción de arsénico por tiempo

N° de ensayo	Variable Independiente			Variable Dependiente
	Tiempo de contacto (X_3) (minutos)	Tipo de adsorbente (X_2)		
		Semilla de palta	Mazorca de maíz	
1	120	1.1	2.1	Eficiencia de remoción de arsénico por tiempo (Y_2)
2	240	1.2	2.2	
3	480	1.3	2.3	
4	720	1.4	2.4	
5	1440	1.5	2.5	

Nota: Para este diseño se utilizó la concentración de bioadsorbente con mejor eficiencia de remoción del diseño anterior en la tabla 8.

En la tabla 9, se muestra que para identificar el comportamiento de remoción según la exposición se evaluó el tiempo de contacto (X_3), los cuales serían 120min, 240min, 360min, 720 min y 1440 min y el tipo de adsorbente (X_2) que serían la semilla de palta y la mazorca maíz, para obtener la Eficiencia de remoción de arsénico por tiempo (Y_2).

3.7.5.2 Proceso experimental

Para el proceso experimental se usó la prueba de jarras de sistema tipo batch; se empleó una adaptación de la metodología de (Trelles 2013), para el primer diseño experimental se implementó los ensayos en matraces con 300 ml de la muestra de agua y 1,2,3,4 y 6 gramos de bioadsorbente respectivamente para ser sometidos a una agitación de 200 rpm por 330 minutos constante. Seguidamente se hizo reposar durante 15 min para continuar con el filtrado (se hizo doble filtrado) para posteriormente preservar las muestras con 1ml de ácido nítrico por frasco, refrigerarlas y enviarlos al laboratorio para ser analizados.

Se volvió a realizar la primera experimentación debido a que los resultados no fueron los esperados, se repitió la experimentación agregando un previo filtrado de la muestra de agua natural con el papel filtro para eliminar las impurezas físicas que pudieran influir en el proceso, además se eliminó el uso de Hidróxido de cloruro puesto que modificó el experimento.

Para el segundo experimento se colocó matraces de 500 ml, agregando 300 ml de la muestra de agua, con el mejor resultado de concentración encontrado en el diseño experimental previo, a una agitación de 200 rpm.

Seguidamente se hizo reposar durante 15 min para continuar con el filtrado (se hizo doble filtrado) para posteriormente envasar en los frascos y enviarlos al laboratorio para ser analizados (sin preservar).

3.7.5.3 Procesamiento de datos

Para la determinación de porcentaje de remoción de arsénico se utilizó la siguiente ecuación

$$\%\ \text{de Remocion} = \frac{As_i - As_f}{As_i} \times 100$$

Donde As_i, es la concentración de arsénico inicial en la muestra de agua natural y As_f , es la concentración de arsénico después de dejar actuar el bioadsorbente en la muestra de agua

Para el análisis de datos se realizó por separado, en el caso del experimento 1, se utilizó los parámetros de tendencia y los gráficos de la

remoción de arsénico, mientras que en el segundo experimento se realizó un gráfico con los % de remoción por tiempo en minutos para evaluar el comportamiento del bioadsorbente. Para esto se utilizó el software Ms Excel.

3.8 Validación y confiablidad de los instrumentos

3.8.1 Técnicas de Campo

Para la recolección de muestras de agua natural, el instrumento que se utilizo es el Protocolo Nacional de Monitoreo de Calidad de Recursos Hídricos, para la determinación de la concentración del arsénico se determinará con el D.S. 004-2017-ANA de la Ley Nº 29338 "Ley de los Recursos Hídricos", in situ se medirán Temperatura en grados centígrados (ºC), Potencial de Hidrogeno (pH) y conductividad eléctrica (CE).

3.8.2 Metodología por parte del laboratorio

Para la determinación de metales se realizó en los laboratorios Analíticos del Sur aplicando la metodología EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en aguas por ICP-OES "inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry" método de ensayo acreditado por INACAL con registro N° LE-050.

IV RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Resultados previos a la experimentación

4.1.1 Caracterización de la muestra en campo

A continuación, se presenta los resultados de los parámetros físico-químicos de la muestra en campo:

Tabla 10

Parámetros físicos químicos de la muestra en campo

Parámetros Físicos – Químicos		
	1era muestra	2da muestra
Temperatura	19,7 °C	20,1 °C
DBO	3,34 mgO2/l	3,59 mgO2/l
pH	7,39	7,74
Sulfuros	687 µS/cm	691 µS/cm
Arsénico	0,0344 mg/l	0.0308 mg/l

Nota: Se realizaron dos tomas de muestra de agua debido a la duplicación del experimento posteriormente explicada, se observa que ambas muestras tienen valores similares.

En la tabla 10, se presenta los resultados in situ de los parámetros físico químicos de la muestra de agua tomadas en campo con el multiparámetro tal como indica el "Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hidricos - ANA," (2016).

4.1.2 Caracterización de la biomasa

La caracterización química, se encontró los siguientes datos del punto de carga cero:

Tabla 11

Punto de carga cero – Mazorca de maíz

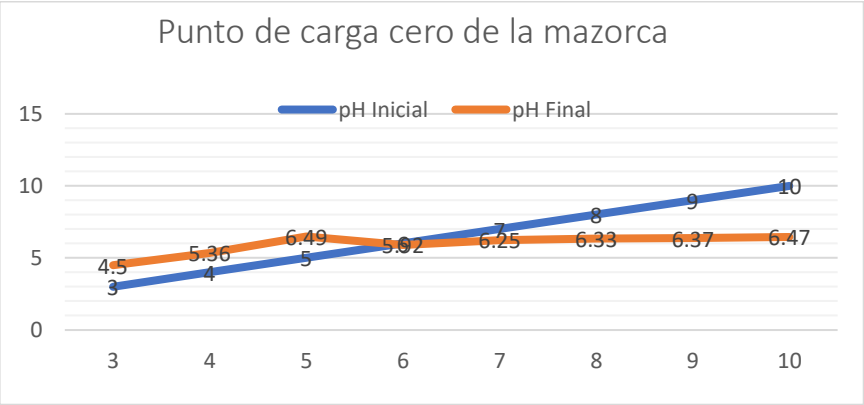
	pH inicial	pH final
pH 3	3	4,5
pH 4	4	5,36
pH 5	5	6,49
pH 6	6	5,92
pH 7	7	6,25
pH 8	8	6,33
pH 9	9	6,37
pH 10	10	6,47
Punto de carga cero (PZC)		5,807

Nota: Los datos de pH finales fueron obtenidos después de 24 horas de contacto con el bioadsorbente

En la tabla 11, se muestra el punto de carga cero (PZC) que fue determinado en un intervalo de pH entre 3.0 y 10 siendo el valor de carga cero de la mazorca de maíz en 5,807.

Figura 5

Punto de carga cero de la Mazorca de maíz



Nota: Punto de isoeléctrico de la mazorca de maíz.

En la figura 5, con los datos obtenidos en la tabla 11 se realizó un gráfico y se comparó con una recta lineal de 1x1, el punto de intersección se consideró como el punto isoeléctrico de la mazorca de maíz.

Tabla 12

Punto de carga cero – Semilla de palta

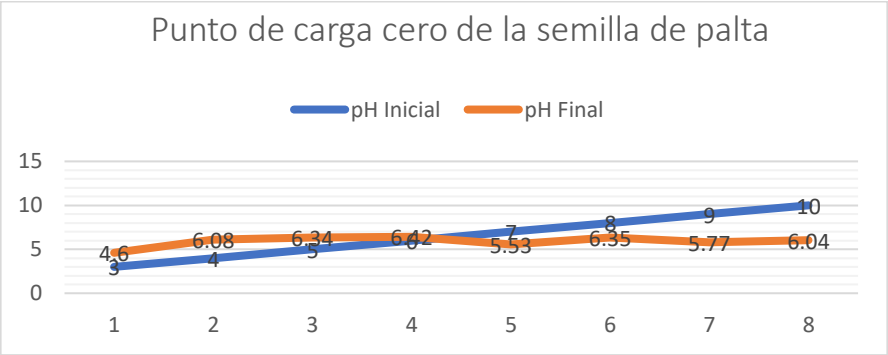
	pH inicial	**pH final**
pH 3	3	4,6
pH 4	4	6,08
pH 5	5	6,34
pH 6	6	6,42
pH 7	7	5,53
pH 8	8	6,35
pH 9	9	5,77
pH 10	10	6,04
Punto de carga cero (PZC)		5.83

Nota: Los datos de pH finales fueron obtenidos después de 24 horas de contacto con el bioadsorbente

En la tabla 12, se muestra el punto de carga cero (PZC) que fue determinado en un intervalo de pH entre 3.0 y 10 siendo el valor de carga cero de la semilla de palta en 5,83.

Figura 6

Punto de carga cero de la semilla de palta



Nota: Punto de isoeléctrico de la semilla de palta

En la figura 6, con los datos obtenidos en la tabla 12 se realizó un gráfico y se comparó con una recta lineal 1x1, el punto de intersección se consideró como el punto isoeléctrico de la semilla de palta.

El PZC promedio de ambas muestras mazorca de maíz y semilla de palta fue de 5,8.

4.1.3 Tratamiento de la biomasa para la adsorción

4.1.3.1 Tratamiento físico

Previo al tratamiento se utilizaron 10 Kg de mazorca de maíz y 5 Kg de semilla de palta, una vez realizado el tratamiento físico el peso seco de la mazorca de maíz es de 5.62 Kg y 2.6 Kg de semilla de palta. El porcentaje de rendimiento es de 43.8% y 48% respectivamente.

4.1.3.2 Tratamiento químico

Al realizar el tratamiento químico, ambas biomasas resistieron correctamente la acidificación realizada con H_2SO_4 al 1.25% sin embargo al pasar a la hidrólisis básica con NaOH al 2 %, la semilla de palta se descompuso generando una pasta oleaginosa de difícil manejo y de viscosidad alta, por lo que en el caso de la biomasa de semilla de palta el tratamiento fue alterado y la activación fue puramente ácida.

4.2 Resultados Experimentales: 1er Diseño Experimental

4.2.1 Determinación de la eficiencia de Remoción de los bioadsorbente semilla de palta (*Persea americana*) y mazorca de maíz (*Zea mays*) para el arsénico (As)

Una vez realizado el tratamiento de la biomasa se realizó la experimentación con la primera muestra de agua extraída (Tabla 1), para ello se la llevó al punto de pH de carga cero (Tabla 11 y 12), que es 5.8 mediante gotas de HCl. Siguiendo el primer diseño experimental de eficiencia de remoción se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 13

Eficiencia de remoción de arsénico con Mazorca de maíz (biomasa activada) y muestra de agua acidificada a PZC

Biomasa activada mazorca de maíz (g/ml)	As (mg/L)	pH final	% Remoción de arsénico
0	0.0344	5.8	
0.0033	0.0323	7.62	6.10%
0.0066	0.0284	7.66	17.44%
0.01	0.0305	7.63	11.34%
0.013	0.0247	7.58	28.20%
0.02	0.0213	7.40	38.08%

Nota: Dentro del recuadro rojo esta se encuentra el mejor % de remoción

En la tabla 13, se presenta los resultados del primer diseño experimental de la eficiencia de remoción de arsénico con mazorca de maíz (biomasa activada) y muestra de agua acidificada a PZC, en el cual el mayor porcentaje de remoción fue de 38.08% con 0.02 g/ml de biomasa de mazorca de maíz.

Tabla 14

Eficiencia de remoción de arsénico con Semilla de palta (biomasa activada) y muestra de agua acidificada a PZC

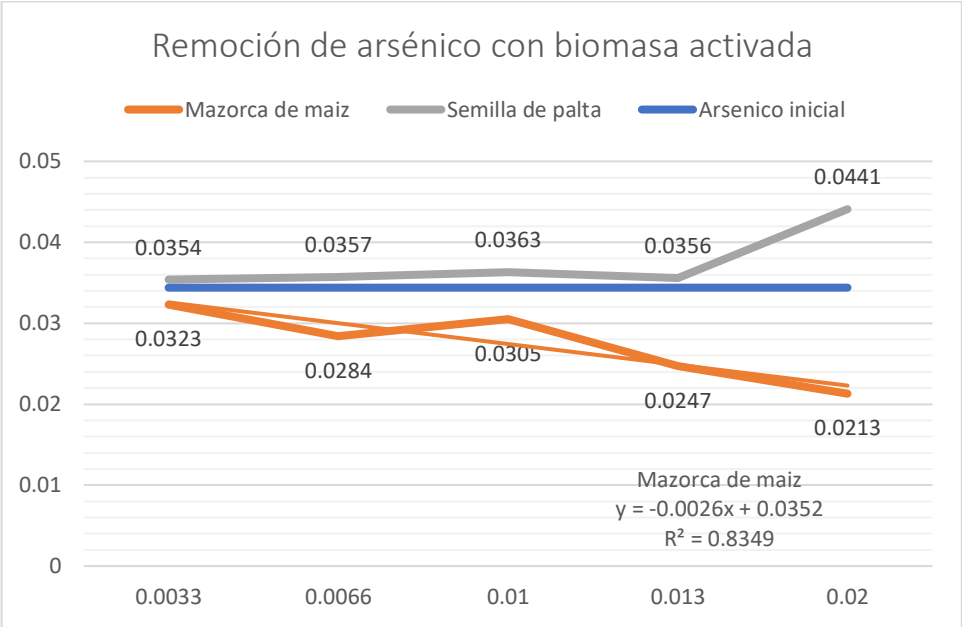
Biomasa activada semilla de palta (g/ml)	As (mg/L)	pH final	% Remoción de arsénico
0	0.0344	5.8	
0.0033	0.0354	7.74	-2.91%
0.0066	0.0357	7.46	-3.78%
0.01	0.0363	7.32	-5.52%
0.013	0.0356	7.21	-3.49%
0.02	0.0441	6.99	-28.20%

Nota: Los resultados negativos revelan que el arsénico no disminuyó, sino que aumento en el sistema acuoso.

En la tabla 14, se presenta los resultados del primer diseño experimental de la eficiencia de remoción de arsénico con pepa de palta (biomasa activa) y muestra de agua acidificada a PZC, en el cual los resultados fueron negativos, indicando que el arsénico no disminuyó, dándose un aumento de arsénico en el sistema acuoso siendo el de mayor concentración 0.02 g/ml de biomasa el que más aumento de arsénico tuvo con -28.20%.

Figura 7

Remoción de arsénico con biomasa activada



Nota: En la gráfica se representa la concentración de bioadsorbente vs concentración final de arsénico

En la figura 7, se puede observar que el mayor porcentaje de remoción se dio con 0.02g/ml de biomasa de mazorca de maíz activada siendo de 38.08%. El comportamiento de la adsorción de la mazorca de maíz se ve constante con un R^2 de 83.49%, exceptuando la concentración 0,01 g/ml que obtuvo un % de remoción menor al esperado, sin embargo; la curva es consistente y eficiente para una nueva experimentación. En el caso de la semilla de palta se observa un aumento de arsénico en el medio acuoso.

Este resultado, lejos de lo esperado llevo a plantear una reformulación del experimento y considerando que la semilla de palta no reaccionó bien al tratamiento de activación por su alto contenido de ácidos grasos, se realizó una segunda experimentación esta vez con las biomasas no activadas, lo que permitiría observar el comportamiento de la biomasa directamente con el agua de muestra sin químicos que la hayan modificado previamente, se realizó entonces solo el tratamiento físico y se anuló el tratamiento químico, a continuación, se presentan los datos obtenidos:

Tabla 15

Eficiencia de remoción de arsénico con Mazorca de maíz (biomasa natural) y muestra de agua acidificada a PZC

Biomasa natural mazorca de maíz (g/ml)	As (mg/L)	pH final	% Remoción de arsénico
0	0.0344	5.8	
0.0033	0.0317	7.62	7.85%
0.0066	0.0352	7.66	-2.33%
0.01	0.0348	7.63	-1.16%
0.013	0.0368	7.58	-6.98%
0.02	0.0358	7.4	-4.07%

Nota: Los números negativos de porcentajes son aquellos en los que los niveles de arsénico aumentaron.

En la tabla 15, se presenta los resultados de la eficiencia de remoción de arsénico con mazorca de maíz (biomasa natural) y muestra de agua acidificada a PZC, en el cual el mayor porcentaje de remoción fue de 7.85% con 0.0033 g/ml de biomasa de mazorca de maíz y los números negativos de porcentaje son los que aumentaron los niveles de arsénico.

Tabla 16

Eficiencia de remoción de arsénico con Semilla de palta (biomasa natural) y muestra de agua acidificada a PZC

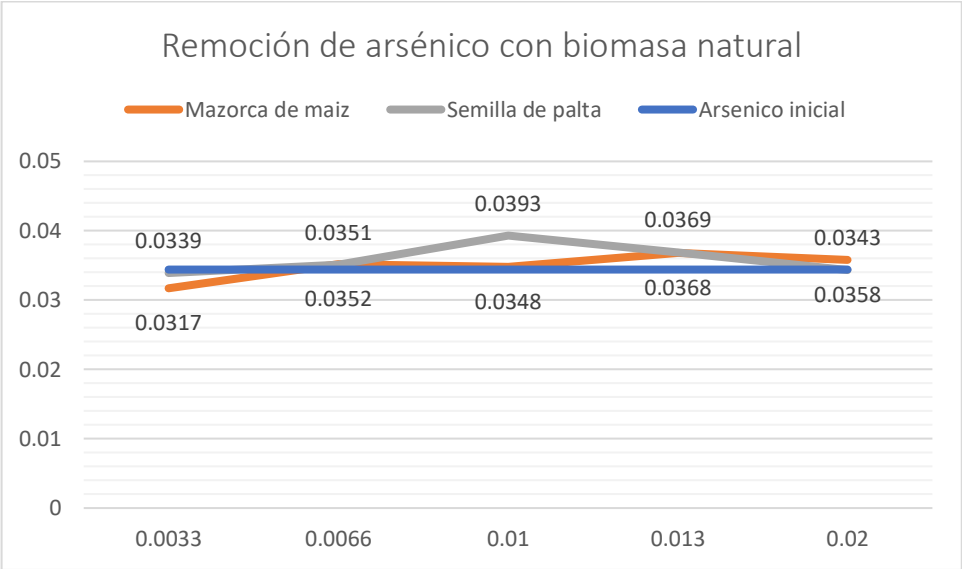
Biomasa natural semilla de palta (g/ml)	As (mg/L)	pH final	% Remoción de arsénico
0	0.0344	5.8	
0.0033	0.0339	7.74	1.45%
0.0066	0.0351	7.46	-2.03%
0.01	0.0393	7.32	-14.24%
0.013	0.0369	7.21	-7.27%
0.02	0.0343	6.99	0.29%

Nota: Los números negativos de porcentajes son aquellos en los que los niveles de arsénico aumentaron.

En la tabla 16, se presenta los resultados de la eficiencia de remoción de arsénico con semilla de palta (biomasa natural) y muestra de agua acidificada a PZC, en el cual el mayor porcentaje de remoción fue de 1.45% con 0.0033 g/ml de biomasa de semilla de palta y los números negativos de porcentaje son los que aumentaron los niveles de arsénico.

Figura 8

Remoción de arsénico con biomasa natural



Nota: En la gráfica se representa la concentración del bioadsorbente vs concentración final de arsénico

En la figura 8, nuevamente se observa un aumento del arsénico en el medio acuoso, en el caso de la mazorca de maíz se pierde la capacidad de remoción casi en su totalidad siendo el único % de remoción de 7.85% con 0,0033 g/ml de biomasa; mientras que con la semilla de palta se observa una mejora pasando de un aumento máximo de arsénico de 28.2% a la mitad con un 14.24% de aumento máximo de arsénico en la segunda experimentación. Sin embargo, aún no se obtenían los resultados esperados de adsorción para poder continuar al siguiente diseño experimental.

Se realizó la duplica del experimento, esta vez sin acidificar la muestra de agua al punto de carga cero (PZC) con el fin de comparar el comportamiento de la adsorción con respecto al HCl como acidificante, puesto que según bibliografía explicada más extensamente en la discusión, se puede inferir que la intervención de un agente acidificante como el hidróxido de cloruro puede liberar el arsénico atrapado dentro de la biomasa como producto de la absorción durante el crecimiento de ésta; es así que se procedió a usar un nueva muestra de agua (Tabla 10) con pH inicial de 7,74 y se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 17

Eficiencia de remoción de arsénico con Mazorca de maíz (biomasa activada)

Biomasa activada mazorca de maíz (g/ml)	As (mg/L)	pH final	% Remoción de arsénico
0	0.0344	7.74	
0.0033	0.0323	8.67	4.87%
0.0066	0.0284	8.74	8.77%
0.01	0.0305	8.76	7.14%
0.013	0.0247	8.76	10.71%
0.02	0.0213	8.74	11.36%

Nota: (a) Se observa que el pH se alcalinizo del neutro a casi 8.8 (b) dentro del recuadro rojo se enmarco el mejor porcentaje de remoción

En la tabla 17, se presenta los resultados de la eficiencia de remoción de arsénico con mazorca de maíz (biomasa activada), en el cual el mayor porcentaje de remoción fue de 11.36% con 0.02 g/ml de biomasa.

Tabla 18

Eficiencia de remoción de arsénico con Semilla de palta (biomasa activada)

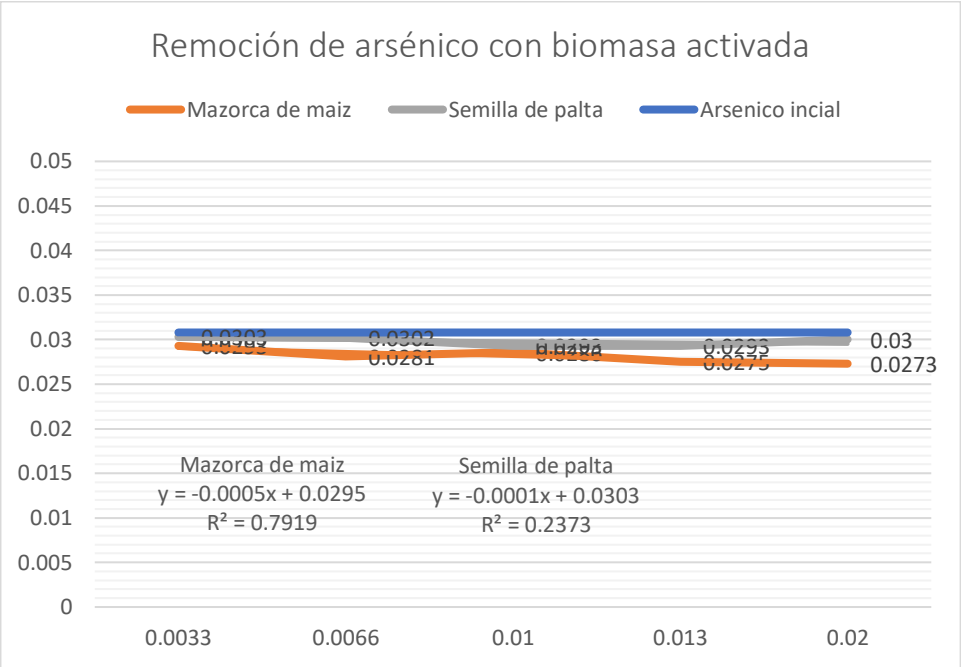
Biomasa activada semilla de palta (g)	As (mg/L)	pH final	% Remoción de arsénico
0	0.0344	7.74	
0.0033	0.0354	8.64	1.62%
0.0066	0.0357	8.52	1.95%
0.01	0.0363	8.53	4.87%
0.013	0.0356	8.52	4.87%
0.02	0.0441	8.47	2.60%

Nota: (a) Se observa que el pH se alcalinizo del neutro a casi 8.6 (b) dentro del recuadro rojo se enmarco el mejor porcentaje de remoción.

En la tabla 18, se presenta los resultados de la eficiencia de remoción de arsénico con semilla de palta (biomasa activada), en el cual el mayor porcentaje de remoción fue de 4.87% con 0.013 g/ml de biomasa.

Figura 9

Remoción de arsénico con biomasa activada - 2da muestra



Nota: En la gráfica se representa la concentración de bioadsorbente vs concentración final de arsénico

En la figura 9, finalmente se observa porcentajes de adsorción positivos, en el caso de la mazorca de maíz se ve un punto mínimo de remoción de 4.87% y un punto máximo de 11.36%, la tendencia de adsorción es constante con un R^2 de 79.19% por lo que considera una remoción exitosa. En el caso de la semilla de palta se observa igualmente adsorciones positivas con un mínimo de 1.62% y un máximo de 4.87%, este punto alto de adsorción se dio con 0,013 g/ml de biomasa activada, la tendencia de adsorción no está completamente ajustada puesto que lleva un R^2 de 23.73% lo que podría ser mejorada posteriormente, sin embargo, es un resultado optimista y suficiente para realizar la siguiente parte del experimento.

También se realizó la duplicación del caso de remoción con biomasa no activada para observar el comportamiento de las biomasas sin ser expuestas a ningún compuesto químico externo, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 19

Eficiencia de remoción de arsénico con Mazorca de maíz (biomasa natural)

Biomas natural mazorca de maíz (g)	As (mg/L)	pH final	% Remoción de arsénico
0	0.0308	7.74	
0.0033	0.0304	8.56	1.30%
0.0066	0.029	8.53	5.84%
0.01	0.0291	8.4	5.52%
0.013	0.0296	8.39	3.90%
0.02	0.028	8.15	9.09%

Nota: Dentro del recuadro rojo se enmarco el mejor porcentaje de remoción.

En la tabla 19, se presenta los resultados de la eficiencia de remoción de arsénico con mazorca de maíz (biomasa natural), en el cual el mayor porcentaje de remoción fue de 9.09% con 0.02g/ml de biomasa.

Tabla 20

Eficiencia de remoción de arsénico con Semilla de palta (biomasa natural)

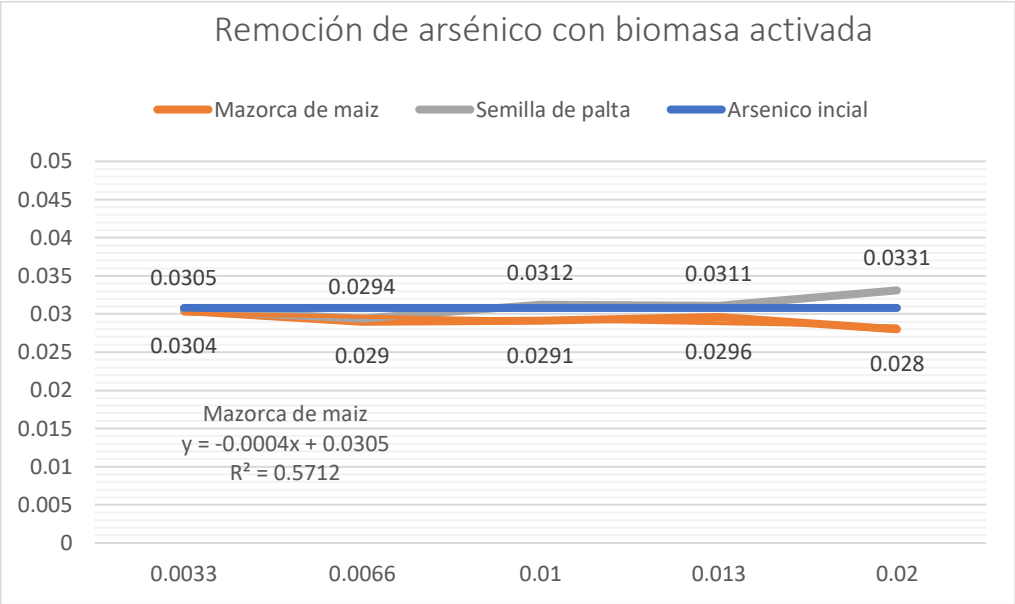
Biomasa natural semilla de palta (g)	As (mg/L)	pH final	% Remoción de arsénico
0	0.0308	7.74	
0.0033	0.0305	8.66	0.97%
0.0066	0.0294	8.57	4.55%
0.01	0.0312	8.48	-1.30%
0.013	0.0311	8.42	-0.97%
0.02	0.0331	8.26	-7.47%

Nota: Los porcentajes negativos son aquellos en los que los niveles de As aumentaron.

En la tabla 20, se presenta los resultados de la eficiencia de remoción de arsénico con semilla de palta (biomasa natural), en el cual el mayor porcentaje de remoción fue de 4.55% con 0.0066 g/ml de biomasa.

Figura 10

Remoción de arsénico con biomasa natural - 2da muestra



Nota: En la gráfica se representa la concentración de bioadsorbente. vs concentración final de As

En la figura 10, el caso de la mazorca de maíz se observa la remoción siendo el mínimo 1.30% y el máximo 9.09%, la tendencia de remoción es consistente con un R^2 de 57.12%, mientras que la semilla de palta vuelve a tener valores negativos en % de remoción por lo que sin tratamiento químico previo no es eficiente en la adsorción de arsénico de medios acuosos.

Con los resultados encontrados, podemos concluir que la mayor eficiencia de remoción de la mazorca de maíz se dio con una biomasa activada mediante tratamiento químico (ácido – básico) en un medio acuoso con un pH de 5.8 y a 0.02 g/ml (6g de biomasa en 300 ml de muestra) de concentración (Tabla 13), mientras que la semilla de palta tiene una mayor eficiencia de adsorción en un medio acuoso neutro, con la biomasa activada mediante tratamiento químico ácido y a 0.013 g/ml (4g de biomasa en 300 ml de muestra) de concentración (Tabla 18).

4.2.1.1 Correlación entre la Concentración del bioadsorbente (X1) y la eficiencia de remoción de arsénico (Y1)

Se realizó la correlación entre las variables Concentración del bioadsorbente (X1) y la eficiencia de remoción de arsénico (Y1) usando la prueba de Pearson para correlación. Los resultados fueron:

Tabla 21

Correlación entre la Concentración de Bioadsorbente y Eficiencia de remoción

Correlations

		Concentración del bioadsorbente	Eficiencia de remoción
Concentración del bioadsorbente	Pearson Correlation	1	-0.001
	Sig. (2-tailed)		0.995
	N	40	40
Eficiencia de remoción	Pearson Correlation	-0.001	1
	Sig. (2-tailed)	0.995	
	N	40	40

En la tabla 21, se observa que no existe correlación entre las variables con un nivel de significancia del 0.995.

4.2.2 Comparación de la eficiencia de Remoción de los bioadsorbentes semilla de palta (*Persea americana*) y mazorca de maíz (*Zea mays*) para el arsénico (As)

Una vez obtenida la estadística descriptiva, se realizó la comparación inferencial, para elegir el análisis correcto primero se analizó las pruebas paramétricas de los resultados en la Eficiencia de Remoción de arsénico por masa (Y_1) y la concentración de arsénico de cada unidad experimental para corroborar.

4.2.2.1 Pruebas paramétricas de la Eficiencia de Remoción de arsénico por masa (Y_1)

Para ello se evaluó el tipo de distribución con la prueba de Kolmogorov y Smirnov y la homocedasticidad con la prueba de Levene:

Tabla 22

Prueba de Normalidad

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Concentración de arsénico	0.118	40	0.168	.957	40	0.131
Eficiencia de remoción	0.132	40	0.075	.904	40	0.062

Nota a. Lilliefors Significance Correction

En la tabla 22, se detalla que se utilizó la prueba de Kolgomorov y Smirnov considerando que son 40 casos de estudio, se observa que según el valor de significancia ambas muestras son de distribución Normal, con un p sig de 0.168 en el caso de la concentración de arsénico en las unidades experimentales y p sig de 0.075 en la eficiencia porcentual de remoción de arsénico.

Tabla 23

Prueba de homocedasticidad de la varianza

Test of Homogeneity of Variance

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Concentración de arsénico	Based on Mean	.785	1	38	.381
	Based on Median	.781	1	38	.382
	Based on Median and with adjusted df	.781	1	37.995	.382
	Based on trimmed mean	.751	1	38	.392
Eficiencia de remoción	Based on Mean	.768	1	38	.386
	Based on Median	.756	1	38	.390
	Based on Median and with adjusted df	.756	1	35.404	.391
	Based on trimmed mean	.770	1	38	.386

En la tabla 23, se muestra la prueba de Leven basada en la media (Mean) se observa que ambas variables tienen varianzas significativamente iguales, con un p sig de 0.785 en el caso de la concentración de arsénico en las unidades experimentales y p sig de 0.768 en la eficiencia porcentual de remoción de arsénico.

Tomando en cuenta que la muestra es de distribución normal y con varianzas estadísticamente iguales se procedió a utilizar la prueba ANOVA

4.2.2.2 Análisis de la varianza Concentración del bioadsorbente (X_1) y Tipo de materiales orgánicos (X_2) vs Eficiencia de remoción de arsénico (Y1)

Para el ANOVA se tomó como factores las variables Concentración del bioadsorbente (X_1) y Tipo de materiales orgánicos (X_2) y como variable dependiente la Eficiencia de remoción de arsénico (Y1), así mismo se consideró la acidificación del medio como una covariable. A continuación, los resultados:

Tabla 24

Valores por factor para análisis de varianza

	Value Label	N
Concentración del bioadsorbente	0.0033	8
	0.006	8
	0.01	8
	0.013	8
	0.02	8
Tipo de biomasa	Mazorca de maíz activada	10
	Semilla de palta activada	10
	Mazorca de maíz natural	10
	Semilla de palta natural	10

Nota: Se consideraron en el tipo de biomasa el pretratamiento de activación y el uso del bioadsorbente al natural

En la tabla 24, se presenta los valores por factor para el análisis de varianza.

Tabla 25

Análisis univariante de varianza - ANOVA

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Eficiencia de remoción

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2915.646[a]	20	145.782	1.898	0.084
Intercept	5.130	1	5.130	0.067	0.799
Acidificación del medio	66.100	1	66.100	0.861	0.365
Concentracion del bioadsorbente	44.423	4	11.106	0.145	0.963
Tipo de biomasa	1959.077	3	653.026	8.503	0.001
Concentracion * Tipo	846.045	12	70.504	0.918	0.548
Error	1459.263	19	76.803		
Total	4671.716	40			
Corrected Total	4374.909	39			

Nota: a. R Cuadrado = .666 (Adjusted R Squared = .315)

En la tabla 25, se observa que la interacción Concentración de bioadsorbente y Tipo de biomasa no son factores que influyan en la Efectividad de remoción de arsénico con un nivel de significancia del 0.548, por lo que se observó ambos factores por separado siendo que la concentración de bioadsorbente tampoco tiene diferencia estadística con un p sig de 0.963.

Sin embargo, en el tipo de biomasa se observa que existe una alta diferencia significativa entre los valores los cuales son Mazorca de maíz activada y natural y Semilla de palta activada y natural (tabla 21) con un nivel de significancia de 0.001, por lo que se pasó a realizar una prueba de Post Hoc según Tukey para revelar cuál es la diferencia entre estos grupos y como es que afectan a la bioadsorbencia y eficiencia de remoción de arsénico.

Con respecto a la acidificación del medio para llevar la muestra de agua al punto de carga cero, su participación como covariable indica que no influye con un p de significancia del 0.365.

Tabla 26

Prueba de Post Hoc - Tukey para el tipo de biomasa

Eficiencia de remoción			
Tukey HSD[a,b]			
Tipo de biomasa	**N**	**Subset**	
		1	**2**
Semilla de palta activada	10	-2.7990%	
Semilla de palta natural	10	-2.6020%	
Mazorca de maíz natural	10	1.8960%	
Mazorca de maíz activada	10		14.4010%
Sig.		.633	1.000

Nota: Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = 76.268.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10.000.
b. Alpha = 0.05.

En la taba 26, se observa que al realizar el post hoc los valores se dividen en 2 grupos, en el primero se encuentra la semilla de palta activada y natural junto con la mazorca de maíz natural los cuales, según el estadístico, no tienen diferencia significativa en su eficiencia al remover el arsénico de la muestra de agua con un p de significancia del 0.633, mientras que la mazorca de maíz activada previamente mediante tratamiento químico si tiene diferencia estadística de los otros bioadsorbentes en estudio.

4.3 Resultados post experimentales: 2do Diseño Experimental

4.3.1 Eficiencia de remoción de arsénico por tiempo

Con los datos obtenidos en el primer diseño experimental se realizó la segunda parte de la investigación, la remoción con respecto al tiempo se hizo utilizando la segunda muestra obtenida en campo (Tabla 10).

Se debe tomar en cuenta que las muestras para esta experimentación se hicieron en recipientes por separado por lo que el nivel de adsorción puede variar entre las unidades de análisis. Para la realización de la gráfica se decidió omitir el dato de la muestra de 720 min puesto que el punto se encontraba muy disperso de la línea de tendencia lo que cambiaba considerablemente las líneas de ajuste.

A continuación, se presentan los datos obtenidos de cada biomasa la gráfica y tendencia logarítmica de la relación entre el tiempo de contacto con la Eficiencia de remoción y por último la prueba de correlación Spearman entre el tiempo de contacto y el pH final de la solución, se decidió por la prueba de Spearman considerando que el número de casos son 6 por lo que no presenta distribución normal.

Tabla 27

Eficiencia de remoción de arsénico por tiempo con Mazorca de maíz

Tiempo de contacto (minutos)	As (mg/L)	pH final	% Remoción de arsénico
0 min	0.0308	5,8	
120 min	0.0056	7.57	81.82%
240 min	0.0036	7.89	88.31%
480 min	0.0014	7.54	95.45%
720 min	0.0053	7.61	82.79%
1440 min	0.0020	7.48	93.51%

Nota: Dentro del recuadro rojo se enmarcó el mejor porcentaje de remoción.

En la tabla 27, se observa un buen rendimiento de adsorción comenzando con un 81.82% a las 2 horas de contacto y un pico máximo de 95.45% a las 8 horas de tratamiento.

Tabla 28

Prueba de correlación Tiempo vs pH - Mazorca de maíz

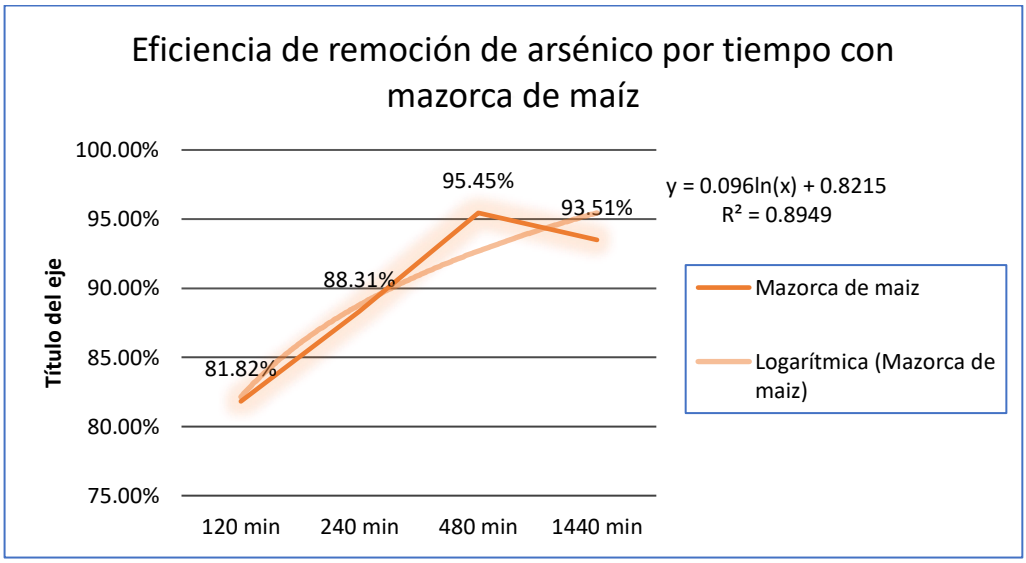
Correlations

			pH	Tiempo de contacto
Spearman's rho	pH	Correlation Coefficient	1.000	0.143
		Sig. (2-tailed)	.	0.787
		N	6	6
	Tiempo de contacto	Correlation Coefficient	0.143	1.000
		Sig. (2-tailed)	0.787	.
		N	6	6

Según la prueba de Spearman no existe relación estadística entre el pH final con el Tiempo de contacto con el bioadsorbente con un p sig de 0.787

Figura 11

Eficiencia de remoción de arsénico vs. tiempo - Mazorca de maíz



Nota: La curva logarítmica representa el posible comportamiento estándar de adsorción según el tiempo

En la figura 11, se muestra el comportamiento de la eficiencia de remoción de arsénico por tiempo con mazorca de maíz donde la mejor eficiencia se dio a las 8 horas de contacto con 95.45% de remoción, siendo un R2 de 89.49%.

Tabla 29

Eficiencia de remoción de arsénico por tiempo con Semilla de palta

Tiempo de contacto (minutos)	As (mg/L)	pH final	% Remoción de arsénico
0 min	0.0308	7.86	
120 min	0.0063	8.25	79.55%
240 min	0.0059	8.26	80.84%
480 min	0.0032	8.49	89.61%
720 min	0.0055	8.63	82.14%
1440 min	0.0022	8.58	92.86%

Nota: Dentro del recuadro rojo se enmarco el mejor porcentaje de remoción.

En la tabla 29, se observa un rendimiento de adsorción eficiente del 79.55% a las 2 horas de contacto y un pico máximo de 92.86% a las 24 horas de tratamiento.

Tabla 30

Prueba de correlación Tiempo vs pH – Semilla de palta

Correlations

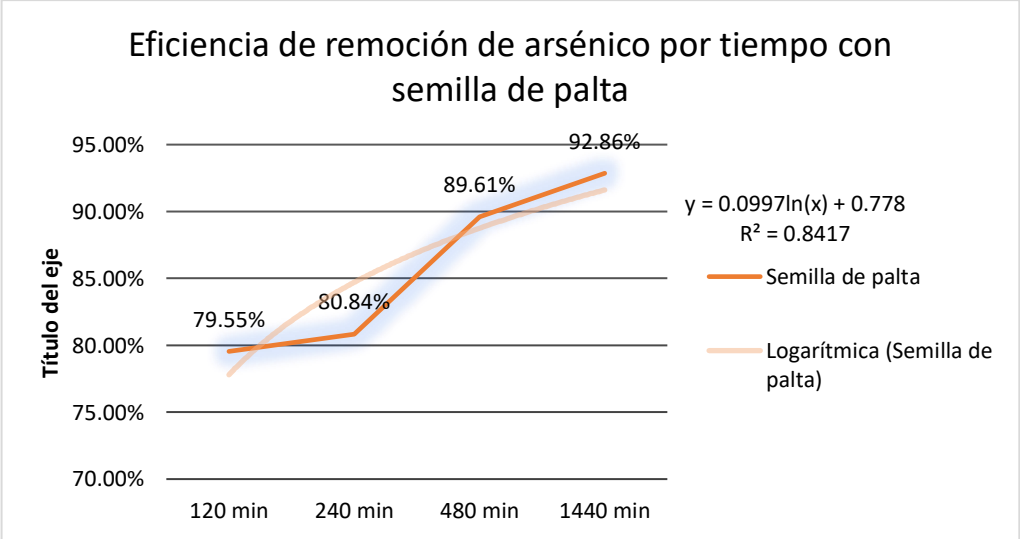
			pH	Tiempo de contacto
Spearman's rho	pH	Correlation Coefficient	1.000	0.943**
		Sig. (2-tailed)	.	0.005
		N	6	6
	Tiempo de contacto	Correlation Coefficient	0.943**	1.000
		Sig. (2-tailed)	0.005	.
		N	6	6

Nota **. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Según la prueba de Spearman existe relación estadística altamente significativa entre el pH final con el Tiempo de contacto con el bioadsorbente semilla de palta con un p sig de 0.005 y un nivel de relación del 94.3%.

Figura 12

Eficiencia de remoción de arsénico vs tiempo - Semilla de palta



Nota: La curva logarítmica representa el posible comportamiento estándar de adsorción según el tiempo

En la figura 12, se muestra el comportamiento de la eficiencia de remoción de arsénico por tiempo con semilla de palta donde la mejor eficiencia se dio a las 24 horas de contacto con 92.86% de remoción, siendo un R2 de 84.17%.

4.4 Discusión

En la presente investigación se busca realizar una experimentación exploratoria de la capacidad adsorbente de dos biomasas residuales presentes en la región Moquegua, es así que como primera inferencia se presenta el punto de carga cero PZC de la mazorca de maíz que es a 5.807, se demostró experimentalmente que la eficiencia adsorbente se ve mejorada cuando el medio de adsorción se encuentra ligeramente acidificado.

La semilla de palta por su lado se ve afectada negativamente por la acidificación del medio de adsorción, puesto que su mejor rendimiento se dio en un medio neutro, este fenómeno se puede ver explicado por la interacción que pudo realizar el ácido clorhídrico con los componentes de la semilla. Según Leite et al., (2018) la activación ácida después de una pirolisis a altas temperaturas es suficiente para generar de la semilla de palta un tipo de carbón activado muy eficiente para aguas contaminadas, sin embargo en este caso se presume que el proceso de acidificación sin pirolisis, dejó expuesto los compuestos más primordiales que son almidones y las grasas esenciales.

Por último, el ácido clorhídrico permitió la repentina liberación de proteínas y almidones (Ferreira da Vinha et al., 2013), también tiene una fuerte presencia de carotenoides y polyfenólicos. Esto aumentó el nivel de basicidad en el medio lo que liberó el arsénico retenido en la semilla como producto de su crecimiento y la cercanía del metal a los cultivos y agricultura humana. Esto también explicaría la solvencia que hubo al someter la semilla al tratamiento alcalino, puesto que los compuestos de similar pH se mezclaron junto a los aceites esenciales rotos por la acción química, generando una especie de líquido viscoso.

Los resultados obtenidos son positivos demostrando que ambas biomasas tienen la capacidad de limpiar los metales tóxicos, como el arsénico, estos mismos resultados se ven replicados en trabajos como los de (Pintado, 2018) que usó la misma biomasa. (semilla de palta) para adsorber metales pesados como plomo (Pb) y cromo (Cr), así mismo (Trelles, 2013) presenta una tesis de maestría donde determina la capacidad adsorbente de varios elementos biodegradables, sin embargo, no toma en cuenta la semilla de palta por su alto componente de oleos natrales. Esta investigación apertura una nueva tecnología de adsorción.

Con respecto a la determinación de la eficiencia de Remoción del bioadsorbente con mazorca de maíz *(Zea mays)* para el arsénico (As) de las aguas naturales del subsuelo de la zona del Distrito de Torata, como primer paso el bioadsorbente fue expuesto a la muestra por solo 15 min con el fin de ver la mejor concentración de trabajo del biomaterial, comparamos los resultados de las Tablas 13, 15, 17 y 19; siendo que en la tabla 13 se encuentra se encuentra el mejor rendimiento con la concentración de 0.02 g/ml, en esta prueba el biomaterial fue activado previamente con tratamiento ácido y básico y la muestra de agua se llevó al punto de carga Cero que era de pH 5.8, en la tabla 15 no hubo remoción de arsénico, sino que aumento el metal pesado por lo que no se recomienda acidificar el medio la mazorca no ha sido activada previamente. En la tabla 17 y 19 también se ve un mejor rendimiento con la concentración de biomasa a 0.02 g/ml aunque con rendimientos menores a la encontrada en la primera experimentación. Posteriormente en las pruebas de remoción por tiempo, en la tabla 27 se observa que al minuto 480 de contacto con la biomasa se pudo absorber hasta el 95.45% del arsénico y que el pH no es un factor que se relacione con el tiempo de contacto.

En el trabajo de Vera et al., (2016) también se realizaron pruebas de caracterización de biomateriales como adsorbentes, dando como resultado que los bioadsorbentes realizado con mazorca de maíz tienen un punto de carga cero de 4.79, es decir bastante ácido, por lo que se confirma que es preferible acidificar el medio acuoso; así mismo Sanchez Quispe, (2018) usa este material para adsorber metales pesados siendo un remediador de 60% en plomo y 75% en cadmio, estos resultados apoyan el resultado obtenido en esta investigación que también revela un buen rendimiento de remoción de hasta 95% en arsénico; por ultimo Trelles Bautista, (2013) concluye que la capacidad de remoción se ve afectada por la masa del bioadsorbente y la concentración inicial de arsénico, fenómeno comprobado en el presente estudio, también utiliza la panca de maíz como material bioadsorbente obteniendo un 62.3% de remoción. Se concluye que el maíz tiene una alta propiedad de bioadsorción de metales pesados preferiblemente en medios acuosos.

Con respecto a la determinación de la eficiencia de Remoción del bioadsorbente con semilla de palta *(Persea americana)* se observa que la remoción de arsénico fue negativa tanto en la Tabla 14, 16 y 20 lo que significa que desorbió arsénico en el medio acuoso, como se explicó previamente, este fenómeno se dio

por diferentes factores, por lo que se concluye que para la semilla de palta es necesario activar con un pretratamiento ácido y en medio acuoso neutro para obtener una adsorción correcta del metal pesado. Posteriormente en la prueba post experimentación se observó que después de 1440 min se llegó a remover el 92.80% así como que el cambio del pH está relacionado significativamente con el tiempo de contacto viendo un aumento en la basicidad del medio.

En los antecedentes no se encuentran muchos casos donde se utilice semilla de palta u alguna otra parte de este alimento como bioadsorbente, por lo que este campo tiene poco tiempo de empezar a ser investigado. Choccata Cabrera, (2018) también presenta un estudio con un bioadsorbente poco conocido como es los tallos de rosas y recalca la importancia de caracterizar el material con la determinación del punto de carga cero y el uso de tratamientos de hidrolisis acida para la activación de la biomateria; y por último se encontró un antecedente que utiliza residuos de palta siendo en este caso la cascara en lugar de la semilla, que aunque sobrepasa los 10 años de antigüedad se considera para este proyecto por ser uno de los pocos que se asemejan en el tipo de bioadsorbente, en este caso el porcentaje de remoción de Cromo fue de 99.81% a las 120 horas de contacto lo que reafirma la capacidad adsorbente de la palta con un alto nivel de remoción, así como fue demostrado en la presente investigación

V CONCLUSIONES

Se concluye que existe una diferencia estadística altamente significativa de la eficiencia de remoción de arsénico (As) de las aguas naturales del subsuelo de la zona del Distrito de Torata entre el bioadsorbente a partir de semilla de palta *(Persea americana)* con activación química y el bioadsorbente de mazorca de maíz *(Zea mays)* con activación química con un p sig del 0.001

Se concluye que no existe diferencia estadística significativa de la eficiencia de remoción de arsénico (As) de las aguas naturales del subsuelo de la zona del Distrito de Torata entre el bioadsorbente a partir de semilla de palta *(Persea americana)* natural y el bioadsorbente de mazorca de maíz *(Zea mays)* natural con un p de sig del 0.633

Se concluye que la eficiencia de remoción de la mazorca de maíz *(Zea mays)* para el arsénico (As) de las aguas naturales del subsuelo de la zona del Distrito de Torata es factible, consistente y eficiente con un porcentaje del 95.45% de remoción, para ello los valores óptimos de adsorción encontrados en esta investigación seria un pH de 5.8, con una concentración del 0.02 g/ml.

Se concluye que la eficiencia de remoción del bioadsorbente semilla de palta *(Persea americana)* para el arsénico (As) de las aguas naturales del subsuelo de la zona del Distrito de Torata es factible, consistente y eficiente con un porcentaje del 92.86% de remoción, para ello los valores óptimos de adsorción encontrados en esta investigación seria un pH neutro de 7, con una concentración del 0.013 g/ml.

VI RECOMENDACIONES

Con respecto a los resultados obtenidos se recomienda:

Estudios previos han demostrado que el uso de HCl junto con otra sustancia alcalina fomenta la desorción del arsénico, se recomiendo no utilizar este componente en el proceso para evitar alteraciones en los resultados.

Se recomienda no utilizar ningún tratamiento alcalino con la semilla de palta puesto que reacciona con los compuestos oleosos del bioadsorbente y evita la correcta activación del bioadsorbente.

Se recomienda utilizar un solo sistema de agitación para el proceso sea "shaker" o "agitador magnético" puesto que el cambio podría afectar en los resultados finales.

Se recomienda a las futuras investigaciones, considerar el tiempo de reacción de 16 horas en adelante, debido a lo demostrado en la investigación; que un tiempo menor a este no es suficiente para alcanzar el tiempo máximo de adsorción.

El producto después de la bioadsorción (bioadsrobente + As) debe ser tratado con técnicas de neutralización del metal, se recomienda utilizar técnicas de biodegradación considerando que el bioadsorbente no es tóxico para sistemas vivos.

Se recomienda continuar con la investigación para ampliar los resultados obtenidos.

VII BIBLIOGRAFÍA

Acuña-Piedra, A., Araya-Obando, A., & Romero-Esquivel, L. G. (2016). Selección teórica de adsorbentes potenciales naturales de bajo costo para la remoción de arsénico en el agua de consumo humano en Costa Rica Potential natural low-cost adsorbents for the removal of arsenic in drinking water in Costa Rica. *Tecnología En Marcha*, *29*, 23–34. https://doi.org/10.18845/tm.v29i6.2899

Alarcón, Ma. T., Leal, L. O., Martín, I., Miranda, S., & Benavides, A. (2014). Arsénico en Agua. In *Cimav* (Vol. 2).

Aulton, M. E. (2004). *Farmacia_ La Ciencia y Diseño de Las Formas Farmacéuticas* (segunda ed). Universidad San Pablo CEU.

Bundschuh, J., Carrera, A. P., & Litter, M. (2008). *IBEROARSEN Distribución del arsénico en las regiones Ibérica e Iberoamericana* (CYTED).

Castells, X. E. (2012). *Reciclaje de residuos industriales _Residuos sólidos urbanos y fangos de depuradora* (X. E. Castells, Ed.; 2 Edición). Ediciones Díaz de Santos, S.A.

Castillo Rodríguez, F. (2005). Biotecnología ambiental. In M. D. Roldán Ruiz, R. Blasco Plá, M. J. Huertas Romera, F. J. Caballero Domínguez,

C. Moreno Vivián, & M. Luque Romero (Eds.), *Biotecnología Ambiental* (p. 616). Editorial Tébar S.L.

Castro de Esparza, M. L. (2006). Remoción Del Arsénico En El Agua Para Bebida Y Biorremediación De Suelos. *Natural Arsenic in Groundwaters of Latin America*, *20-24 June*, 1–20.

CATC - Clean Air Technology Center, OAQPS - Information Transfer and Program Integration Division Office of Air Quality Planning and Standarrds, & EPA - U.E. Enviromental Protection Agency. (1999). *Seleccionando un sistema de adsorción para COV: ¿Carbón, Zeolita, o polimeros?*

Choccata Cabrera, Y. D. (2018). *Evaluación de la capacidad de Biosorción de plomo (II) emplenado bioamsa vegetal inerte (tallo de rosas) como adsorbente*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA.

Chojnacka, K. (2010). *Biosorption and bioaccumulation - New Tools for separation technologies of XXI century*.

Chullo Caballero, J. M., & Molina Olivera, M. (2017). *Efecto de la osmo – deshidratación y EDTA di sódico en la semilla de palta (Persea americana Mill) variedad Fuerte en sus Polifenoles Totales en el distrito de Majes*. Universidad Nacional de San Agustin.

Cordoba, J. A., Ramón Rodriguez, E. S., Zamora, J. F., Manriquez, R., Contreras, H., Robledo, J., & Delgado, E. (2013). *Caracterización y valorización química del olote: degradación hidrotérmica bajo condiciones subscrítas*. *044*(33), 171–184.

Cromer, A. H. (1996). *Física para las ciencias de la vida* (segunda ed). Editorial Reverté S.A.

Ferreira da Vinha, A., Moreira, J., & Baarreira, S. (2013). *Physicochemical Parameters , Phytochemical Composition and Antioxidant Activity of*

the Algarvian Avocado (Persea americana Mill .). *November 2013*. https://doi.org/10.5539/jas.v5n12p100

Fondo para la Comunicación y la Educación A. C. (2017). *Contaminación en México – Agua*. Agua.Org.Mx.

Galetovic Carabantes, A., & De Fernicola, N. A. G. G. (2003). Arsenic in drinking water: A problem in public health. *Revista Brasileira de Ciencias Farmaceuticas/Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, *39*(4), 365–372. https://doi.org/10.1590/s1516-93322003000400003

García Mendoza, P. J. (2017, December). *El cultivo del maíz en el mundo y en Perú*. *4*(2), 73–79.

Gasque Silva, L. (2015). Arsénico, el elemento inclasificable. *Educación Química*, *24*, 495–500. https://doi.org/10.1016/s0187-893x(13)72519-9

George, Christine Marie; Sima, Laura; Jahuira Arias, M Helena; Mihalic, Jana; Cabrera, L., & Danz, David; Checkley, William; Gilman, Robert. (2014). OMS | Exposición al arsénico en el agua potable: una gran amenaza inadvertida para la salud en Perú. *WHO*, *92*(8), 545–620.

Gerencia Regional de Agricultura Moquegua. (2017). *Moquegua: ANUARIO ESTADÍSTICO AGROPECUARIO 2017 PRESENTACION La Gerencia Regional de Agricultura Moquegua ente encargado de conducir el desarrollo agrario regional e involucrado en el*.

Gutierréz Castro, C. V. (2019). *Evaluación de la Tusa de maiz como bioadsorbente para la remoción de colorante rojo en muestras obtenidas de un proceso Industrial simulado*. *I*, 105.

Hernández Sampierir, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2014a). *Metodología de la Investigación* (Sexta). McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A.

Hernández Sampierir, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2014b). *Metodología de la Investigación* (Sexta). McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A.

Instituto Nacional de Estadistica e Informatica. (2021). *NACIONAL*.

Janqui Guzman, G. (2018). *Remoción de Molibdeno del agua del río challhuacho de Cotabambas-Apurimac con carbon activado de tusa de maiz (zea mays)*. Universidad Nacional del Altiplano.

Ministerio de Agricultura y Riego. (2020). *Plan Nacional de Cultivos, Campaña Agrícola 2019-2020*.

Mussatto, S., Dragone, G., Fernandes, M., Rocha, G., & Roberto, I. (2006). *"Efecto de los tratamientos de hidrólisis ácida e hidrólisis alcalina en la estructura del bagazo de malta para liberación de fibras de celulosa."* Universidad de São Paulo EEL.USP.

Navoni, J. A., De Pietri, D., Garcia, S., & Villaamil Lepori, E. C. (2012). Riesgo sanitario de la población vulnerable expuesta al arsénico en la provincia de Buenos Aires, Argentina . *Rev Panam Salud Publica*, *31*(1), 1–8.

Netzahuatl Muñoz, A. R., Pineda Camacho, G., Barragan Huerta, B. E., & Cristiani Urbina, E. (2010). *Evaluación de la cáscara del aguacate para la remoción de cromo hexavalente y cromo total de soluciones acuosas*.

OMS. (2018, February 15). *Arsénico*. https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic

Oré Jiménez, F., Lavado Meza, C., & Bendezú Montes, S. (2015). Biosorción de Pb (II) de aguas residuales de mina usando el marlo de maíz (Zea mays). *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, *81*(2), 122–134.

Paltán, P., & Estefanía, K. (2018). *Comparación de la biosorción y desorción de metales pesados mediante el uso de marlo de maíz (Zea mays) en aguas contaminadas*. 121.

Periche Seminario, E. M., Quiroz Bazán, R., Ramírez Ormeño, M. Y., & Yato Begazo, A. (2017). *Planeamiento Estratégico de la Palta en el Perú*. Pontificia Universidad Católica del Perú.

Pintado Paltán, K. E. (2018). *Comparación de la biosorción y desorción de metales pesados mediante el uso de marlo de maíz (Zea mays) en aguas contaminadas*. 121.

Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hidricos - ANA (p. 92). (2016).

Quiroz, I. (2020). *Aguacates o paltas. Producción e importaciones*. Redagricola Colombia.

Rengifo Gratelli, P. G. (2014). *Caracterización del aceite de la semilla de palta Persea americana Mill. Var. Hass fuerte y medición de su actividad antioxidante*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Resultados de Monitoreo de Calidad del Agua - GERESA Moquegua. (2018).

RPP Noticias. (2020, February). *167 niños presentan altos niveles de arsénico en su organismo por el consumo de agua potable contaminada en Pacora | RPP Noticias*.

Salvatierra Gómez, W. (2019). *Aplicacion de un biomicrofiltro a base dee organoarcilla y particulas lignocelulosas de naranja para adsorcion de arsenico en aguas contaminadas*.

Sanchez Quispe, J. M. (2018). *Biosorcion de Plomo y Cadmio con la Tusa de Maiz (Zea mays. L.), en las aguas del Rio Rimac de Corcona, Huarochiri*. *I*.

Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú. (2021, February 19). *Senasa inicia certificación de lugares de producción de palta en Moquegua*.

Tejada, T. C., Villabona, O. Á., & Garcés, J. L. (2015). Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. *Tecno Lógicas*, *18*(34), 109–123. https://doi.org/ISSN: 0123-7799

Ticona, M., Tejada, E., & Vargas, H. (2012). Contaminación del agua potable con arsénico y frecuencia del cáncer en la ciudad de Tacna 2001-2010. *Revista Médica Basadrina*, *6*(1), 4–6.

Tortajada, C. (2007a). *El agua y el medio ambiente en las conferencias mundiales de las naciones unidas: Resultados a largo plazo*. *3*, 91.

Tortajada, C. (2007b). *El agua y el medio ambiente en las conferencias mundiales de las naciones unidas: Resultados a largo plazo*. *3*, 91.

Trelles Bautista, J. A. (2013a). *Biosorcion de Arsenico en medio acuoso empleando Biomasas Vegetales Inertes*. *1*, 90.

Trelles Bautista, J. A. (2013b). *Biosorcion de Arsenico en medio acuoso empleando Biomasas Vegetales Inertes*. *1*, 90.

Triguero Ruiz, S. K. (2018). *Caracterización bromatológica de la semilla de aguacate (Persea americana) y extracción e identificación de la fracción con mayor actividad antimicrobiana y antioxidante Trabajo*. Universidad Central del Ecuador.

Vera, Luisa; Uguña, Maria F; Garcia, Nancy; Flores, Marittza; Vazquez, Veronica; Aloma, Ines. (2016). Desarrollo de materiales sorbentes para la eliminación de metales pesados de las aguas residuales mineras. *Afinidad LXXII*, 135–139.

Vinueza Cisneros, B. S. (2020). *Composición quimica de residuos agroindustriales de maíz (zea mays) (Cáscara, pelusa, Tusa y Panca) utilizados en la alimentación de rumiantes*.

Xiong, B., & Song, Y. (2018). *Big Data y tendencia dietética: el caso de las importaciones de aguacate en China*. *30*, 343–354.

Yelitza Sánchez, L. (2018). *Empleo de zeolitas en procesos de adsorción y separación de hidrocarburos de cadena corta: Memoria para aspirar al grado de Doctor en Ingeniería Química*. Universidad Politécnica de Valenncia.

VIII ANEXOS

Anexo 1 Matriz de Consistencia

<table>
<tr><td>TÍTULO</td><td colspan="9">Comparación de la eficiencia de los bioadsorbentes semilla de palta (Persea americana) y mazorca de maíz (Zea mays) en la remoción del arsénico (As) de las aguas naturales del subsuelo zona del Distrito de Torata.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Problema Principal</td><td colspan="2">Formulación del problema</td><td colspan="2">Objetivos</td><td rowspan="2">Hipótesis</td><td rowspan="2">Variables</td><td rowspan="2">Definición</td><td rowspan="2">Dimensiones</td><td rowspan="2">Diseño de Investigación</td></tr>
<tr><td>Interrogante Principal</td><td>Interrogante Secundaria</td><td>Objetivo Principal</td><td>Objetivos Específicos</td></tr>
<tr><td rowspan="3">PROBLEMA PRINCIPAL:

Actualmente diferentes fuentes de agua natural del Distrito de Torata presentan altas concentraciones de Arsénico, que está afectando la salud de la población, sin embargo, no existe estudios que evalúen biomateriales para implementar un sistema de tratamiento de agua natural específico para la región Moquegua.</td><td rowspan="3">INTERROGANTE PRINCIPAL:

¿Existe diferencia de eficiencia de los bioadsorbentes semilla de palta (Persea americana) y mazorca de maíz (Zea mays) en la remoción del arsénico (As) de las aguas naturales del subsuelo de la zona del Distrito de Torata?</td><td>¿Cuál es la eficiencia de remoción del bioadsorbente mazorca de maíz (Zea mays) para el arsénico (As) de las aguas naturales del subsuelo de la zona del Distrito de Torata?</td><td rowspan="3">Comparar la efic bioadsorbentes s palta (Persea am y mazorca de ma mays) en la remo arsénico (As) de naturales del sub la zona del Distr Torata.</td><td>Determinar la eficiencia de remoción del bioadsorbent e mazorca de maíz (Zea mays) para el arsénico (As) de las aguas naturales del subsuelo de la zona del Distrito de Torata.</td><td rowspan="3">Existen residuos organicos que permiten emplearse como bioremediadores de metales pesados en medios acuosos, en la presente investigación se pretende demostrar que la semilla de palta (Persea americana) y mazorca de maíz (Zea mays) son materiales eficaces de bioadsorción del subsuelo de la zona del Distrito de Torata.
H0: La eficiencia de remoción del bioadsorbente a partir de semilla de palta (Persea americana) es igual al bioadsorbente de mazorca de maíz (Zea mays) para el arsénico (As) de las aguas naturales del subsuelo de la zona del Distrito de Torata.
H1: La eficiencia de remoción del bioadsorbente a partir de semilla de palta (Persea americana) es diferente al bioadsorbente de mazorca de maíz (Zea mays) para el arsénico (As) de las aguas naturales del subsuelo de la zona del Distrito de Torata.</td><td rowspan="2">VARIABLE INDEPENDIENTE: Material Bioadsorbente</td><td rowspan="2">La adsorción es un fenómeno superficial que involucra la acumulación o concentración de sustancias en una superficie o interface. El compuesto que se adsorbe se le llama adsorbato y la fase don-de ocurre la adsorción se le conoce como adsorbente</td><td>Concentración del bioadsorbente</td><td rowspan="2">Tipo de Investigación:
Pre experimental
Nivel de Investigación: Explicativo
Método de Investigación:
Cuantitativo
Población:
Agua natural</td></tr>
<tr><td>Tipo de material organico</td></tr>
<tr><td>¿Cuál es la eficiencia de remoción del bioadsorbente semilla de palta (Persea americana) para el arsénico (As) de las aguas naturales del subsuelo de la zona del Distrito de Torata?</td><td>Determinar la eficiencia de remoción del bioadsorbente semilla de palta (Persea americana) para el arsénico (As) de las aguas naturales del subsuelo de la zona del Distrito de Torata.</td><td>VARIABLE DEPENDIENTE:

Eficiencia de remoción de arsénico</td><td>Tiempo de contacto</td><td>El arsénico se halla principalmente en estado de oxidación pentavalente y trivalente; y en formas inorgánicas y orgánicas. Las especies arsenicales varían en su grado de toxicidad, siendo los compuestos inorgánicos más tóxicos que los orgánicos, y los compuestos trivalentes más tóxicos que los pentavalentes. Habría interconversión entre las especies
menos tóxicas a otras más toxicas y los métodos de cocción y de procesamiento podrían afectarla.</td><td>Eficiencia de remoción de arsénico por masa</td><td>Muestra:
Muestra de agua
Técnica:
Prueba de jarras
Instrumentos:
Agitador mecánico
ph metro</td></tr>
<tr><td>Eficiencia de remoción de arsénico por tiempo</td><td>Comparación:
Inicio y Final de As</td></tr>
</table>

Anexo 2 Evidencias Fotográficas

Ubicación del punto de toma de muestra – Captación Jorge Chávez B





Toma de muestra y medición de parámetros físicos del agua natural





Parámetros físicos in situ







Recolección y limpieza de la mazorca de maíz





Recolección y limpieza de la pepa de palta







Tratamiento físico de la mazorca y pepa de palta, secado y molido







Tamizado de la mazorca de maíz y pepa de palta





Mazorca de maiz y pepa de palta 150µm

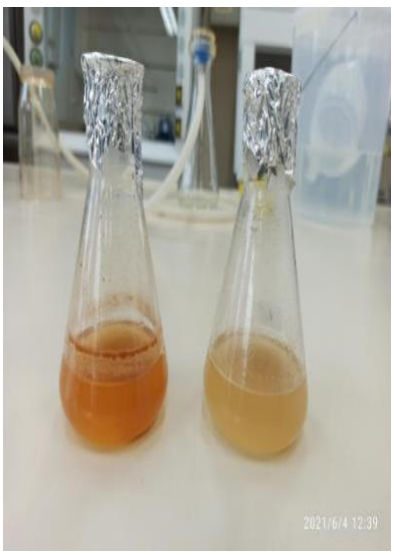




Punto de carga cero (PCZ) de ambas biomasas







Tratamiento químico, acidificación y alcalinización de la mazorca de maíz





Tratamiento químico, acidificación de la pepa de palta





Biomasa alcalinizada, antes de ser molido





Molido de las biomasas



Experimentación de las biomasas

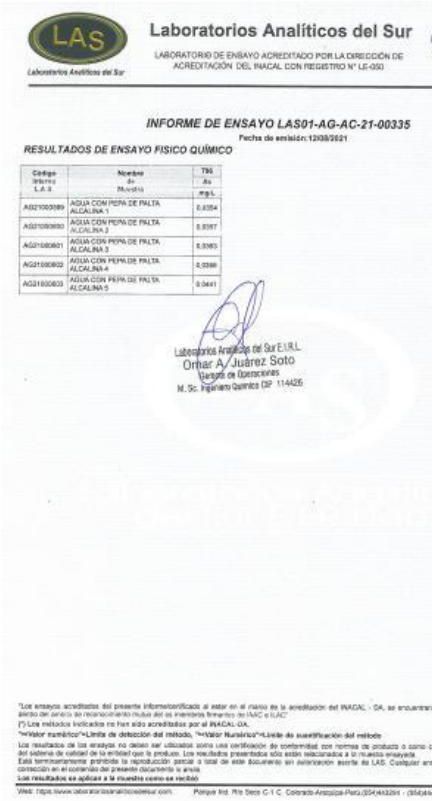




Filtrado de las muestras antes de ser envasados y trasladados al laboratorio



Anexo 3 Informes de Ensayo del Laboratorio Acreditado



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00335

Fecha de emisión:12/08/2021

RESULTADOS DE ENSAYO FISICO QUÍMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	799 As mg/L
AG21000589	AGUA CON PEPA DE PALTA ALCALINA 1	0.0354
AG21000590	AGUA CON PEPA DE PALTA ALCALINA 2	0.0357
AG21000591	AGUA CON PEPA DE PALTA ALCALINA 3	0.0363
AG21000592	AGUA CON PEPA DE PALTA ALCALINA 4	0.0366
AG21000593	AGUA CON PEPA DE PALTA ALCALINA 5	0.0441

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo del os miembros firmantes de IAAC e ILAC"
(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.
"**Valor numérico"=Límite de detección del método, "**Valor Numérico"=Límite de cuantificación del método
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como parte del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada.
Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmendadura o corrección en el contenido del presente documento lo anula.
Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú (054)443264 - (954)44



Laboratorios Analíticos del Su

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050

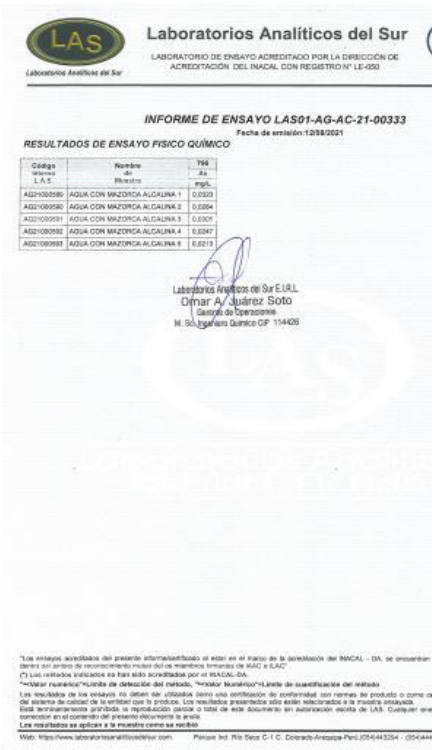
INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-0033

Fecha de emisión:12/08/2021

RESULTADOS DE ENSAYO FISICO QUÍMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	799 As mg/L
AG21000584	AGUA CON PEPA DE PALTA NATURAL 1	0.0339
AG21000585	AGUA CON PEPA DE PALTA NATURAL 2	0.0351
AG21000586	AGUA CON PEPA DE PALTA NATURAL 3	0.0363
AG21000587	AGUA CON PEPA DE PALTA NATURAL 4	0.0369
AG21000588	AGUA CON PEPA DE PALTA NATURAL 5	0.0343

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00333

Fecha de emisión:12/08/2021

RESULTADOS DE ENSAYO FISICO QUÍMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	799 As mg/L
AG21000580	AGUA CON MAZORCA ALCALINA 1	0.0323
AG21000590	AGUA CON MAZORCA ALCALINA 2	0.0354
AG21000591	AGUA CON MAZORCA ALCALINA 3	0.0305
AG21000592	AGUA CON MAZORCA ALCALINA 4	0.0247
AG21000593	AGUA CON MAZORCA ALCALINA 5	0.0213

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00332

Fecha de emisión:12/08/2021

RESULTADOS DE ENSAYO FISICO QUÍMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	799 As mg/L
AG21000584	AGUA CON MAZORCA NATURAL 1	0.0317
AG21000585	AGUA CON MAZORCA NATURAL 2	0.0302
AG21000586	AGUA CON MAZORCA NATURAL 3	0.0318
AG21000587	AGUA CON MAZORCA NATURAL 4	0.0308
AG21000588	AGUA CON MAZORCA NATURAL 5	0.0318

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426



Laboratorios Analíticos del Su

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN D
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-003

Fecha de emisión:12/08/2021

RESULTADOS DE ENSAYO FISICO QUÍMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	75fi As mg/L
AG21000383	AGUA DE MANANTIAL	0,0044

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114425

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se
dentro del ámbito de reconocimiento mutuo del os miembros firmantes de IAAC e ILAC"
(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.
"**Valor numérico"<Límite de detección del método, "**Valor Numérico"<Límite de cuantificación del método
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o
del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ens
Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cu
corrección en el contenido del presente documento lo anula.
Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com. Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00343

Fecha de emisión:23/08/2021

RESULTADOS DE ENSAYO FISICO QUÍMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	75fi As mg/L
AG21000823	Agua Natural de Manantial (AN-001)	0.0330

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114425

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se ensue
dentro del ámbito de reconocimiento mutuo del os miembros firmantes de IAAC e ILAC"
(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.
"**Valor numérico"<Límite de detección del método, "**Valor Numérico"<Límite de cuantificación del método
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o co
del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada.
Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier
corrección en el contenido del presente documento lo anula.
Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com. Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (05



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00344

Fecha de emisión:23/08/2021

RESULTADOS DE ENSAYO FISICO QUÍMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	75fi As mg/L
AG21000824	Agua con tratamiento con maloria completo (MAA-001)	0,0293
AG21000825	Agua con tratamiento con maloria completo (MAA-002)	0,0281
AG21000826	Agua con tratamiento con maloria completo (MAA-003)	0,0286
AG21000827	Agua con tratamiento con maloria completo (MAA-004)	0,0270
AG21000828	Agua con tratamiento con maloria completo (MAA-005)	0,0273

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114425

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuen
dentro del ámbito de reconocimiento mutuo del os miembros firmantes de IAAC e ILAC"
(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.
"**Valor numérico"<Límite de detección del método, "**Valor Numérico"<Límite de cuantificación del método
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o co
del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada.
Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier
corrección en el contenido del presente documento lo anula.
Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com. Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (05



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00345

Fecha de emisión:23/08/2021

RESULTADOS DE ENSAYO FISICO QUÍMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	75fi As mg/L
AG21000829	Agua con tratamiento con Pepa de Palta M. (PA-001)	0,0303
AG21000830	Agua con tratamiento con Pepa de Palta M. (PA-002)	0,0302
AG21000831	Agua con tratamiento con Pepa de Palta M. (PA-003)	0,0303
AG21000832	Agua con tratamiento con Pepa de Palta M. (PA-004)	0,0303
AG21000833	Agua con tratamiento con Pepa de Palta M. (PA-005)	0,0305

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114425

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encue
dentro del ámbito de reconocimiento mutuo del os miembros firmantes de IAAC e ILAC"
(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.
"**Valor numérico"<Límite de detección del método, "**Valor Numérico"<Límite de cuantificación del método
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o co
del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada.
Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier
corrección en el contenido del presente documento lo anula.
Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com. Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (05



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00346

Fecha de emisión:23/08/2021

RESULTADOS DE ENSAYO FISICO QUÍMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	796 As mg/L
AG21000834	Agua con tratamiento con Pepa de Palta Natural (PST-001)	0,0308
AG21000835	Agua con tratamiento con Pepa de Palta Natural (PST-002)	0,0294
AG21000836	Agua con tratamiento con Pepa de Palta Natural (PST-003)	0,0312
AG21000837	Agua con tratamiento con Pepa de Palta Natural (PST-004)	0,0311
AG21000838	Agua con tratamiento con Pepa de Palta Natural (PST-005)	0,0301

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo del os miembros firmantes de IAAC e ILAC"

[*] Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico"<Límite de detección del método, ">Valor Numérico">Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)445294 - (0



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-003

Fecha de emisión:23/08/2021

RESULTADOS DE ENSAYO FISICO QUÍMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	796 As mg/L
AG21000839	Agua con tratamiento con Maicena Natural (MST-001)	0,0304
AG21000840	Agua con tratamiento con Maicena Natural (MST-002)	0,0293
AG21000841	Agua con tratamiento con Maicena Natural (MST-003)	0,0291
AG21000842	Agua con tratamiento con Maicena Natural (MST-004)	0,0296
AG21000843	Agua con tratamiento con Maicena Natural (MST-005)	0,0290

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo del os miembros firmantes de IAAC e ILAC"

[*] Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico"<Límite de detección del método, ">Valor Numérico">Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)44329



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00375

Fecha de emisión:2/09/2021

RESULTADOS DE ENSAYO FISICO QUÍMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	796 As mg/L
AG21000877	Agua con tratamiento con reactivo completo A (MAA-001)	0,0036
AG21000878	Agua con tratamiento con reactivo completo B (MAA-002)	0,0036
AG21000879	Agua con tratamiento con reactivo completo C (MAA-003)	0,0014
AG21000880	Agua con tratamiento con reactivo completo D (MAA-004)	0,0053
AG21000881	Agua con tratamiento con reactivo completo E (MAA-005)	0,0020

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo del os miembros firmantes de IAAC e ILAC"

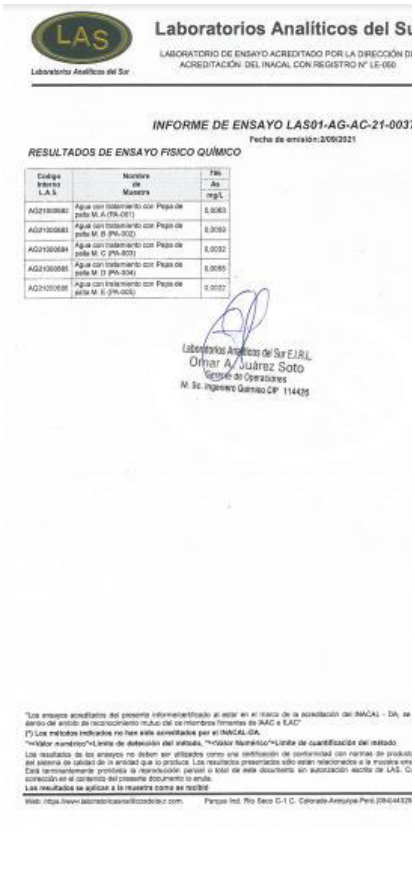
[*] Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico"<Límite de detección del método, ">Valor Numérico">Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)445294 - (0



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-003

Fecha de emisión:2/09/2021

RESULTADOS DE ENSAYO FISICO QUÍMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	796 As mg/L
AG21000882	Agua con tratamiento con Pepa de palta M. A (PA-001)	0,0063
AG21000883	Agua con tratamiento con Pepa de palta M. B (PA-002)	0,0059
AG21000884	Agua con tratamiento con Pepa de palta M. C (PA-003)	0,0032
AG21000885	Agua con tratamiento con Pepa de palta M. D (PA-004)	0,0065
AG21000886	Agua con tratamiento con Pepa de palta M. E (PA-005)	0,0022

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo del os miembros firmantes de IAAC e ILAC"

[*] Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico"<Límite de detección del método, ">Valor Numérico">Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)44329

Anexo 4 Pruebas estadísticas SPSS

Tipo de material organico

Case Processing Summary

	Tipo de material organico	Cases					
		Valid		Missing		Total	
		N	Percent	N	Percent	N	Percent
Concentracion de Arsenico	Mazorca de Maiz	20	100.0%	0	0.0%	20	100.0%
	Semilla de palta	20	100.0%	0	0.0%	20	100.0%
Eficiencia de remocion	Mazorca de Maiz	20	100.0%	0	0.0%	20	100.0%
	Semilla de palta	20	100.0%	0	0.0%	20	100.0%

Descriptives

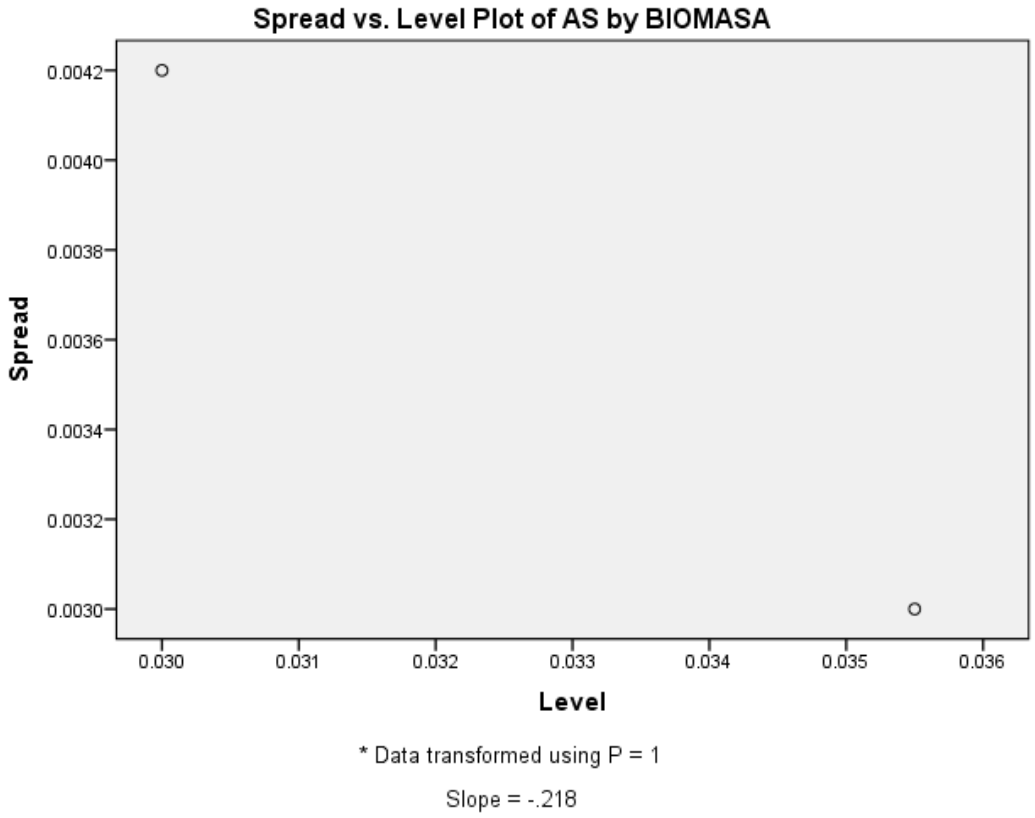
	Tipo de material organico			Statistic	Std. Error
Concentracion de Arsenico	Mazorca de Maiz	Mean		.029740	.0009752
		95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	.027699	
			Upper Bound	.031781	
		5% Trimmed Mean		.029817	
		Median		.030000	
		Variance		.000	
		Std. Deviation		.0043612	
		Minimum		.0213	
		Maximum		.0368	
		Range		.0155	
		Interquartile Range		.0042	
		Skewness		-.395	.512
		Kurtosis		-.158	.992
	Semilla de palta	Mean		.035450	.0008517
		95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	.033667	
			Upper Bound	.037233	
		5% Trimmed Mean		.035306	
		Median		.035500	

		Variance		.000	
		Std. Deviation		.0038089	
		Minimum		.0294	
		Maximum		.0441	
		Range		.0147	
		Interquartile Range		.0030	
		Skewness		.884	.512
		Kurtosis		1.295	.992
	Mazorca de Maiz	Mean		8.1485%	2.33986%
		95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	3.2511%	
			Upper Bound	13.0459%	
		5% Trimmed Mean		7.3261%	
		Median		6.6200%	
		Variance		109.499	
		Std. Deviation		10.46416%	
		Minimum		-6.98%	
		Maximum		38.08%	
		Range		45.06%	
		Interquartile Range		9.23%	
		Skewness		1.431	.512
Eficiencia de remocion		Kurtosis		2.901	.992
	Semilla de palta	Mean		-2.7005%	1.71482%
		95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	-6.2897%	
			Upper Bound	0.8887%	
		5% Trimmed Mean		-1.7044%	
		Median		-1.1350%	
		Variance		58.812	
		Std. Deviation		7.66889%	
		Minimum		-28.20%	
		Maximum		4.87%	
		Range		33.07%	
		Interquartile Range		6.95%	
		Skewness		-2.154	.512
		Kurtosis		5.923	.992

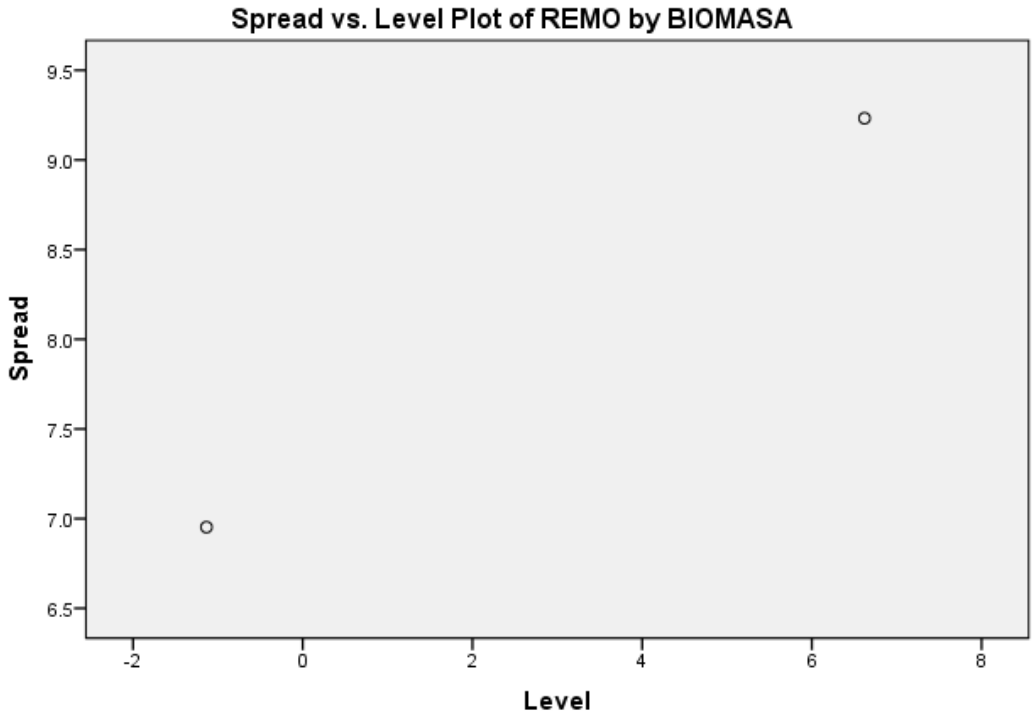
Test of Homogeneity of Variance

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Concentracion de Arsenico	Based on Mean	.785	1	38	.381
	Based on Median	.781	1	38	.382
	Based on Median and with adjusted df	.781	1	37.995	.382
	Based on trimmed mean	.751	1	38	.392
Eficiencia de remocion	Based on Mean	.768	1	38	.386
	Based on Median	.756	1	38	.390
	Based on Median and with adjusted df	.756	1	35.404	.391
	Based on trimmed mean	.770	1	38	.386

Concentracion de Arsenico



Eficiencia de remocion



Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Concentracion de Arsenico	40	100.0%	0	0.0%	40	100.0%
Eficiencia de remocion	40	100.0%	0	0.0%	40	100.0%

Descriptives

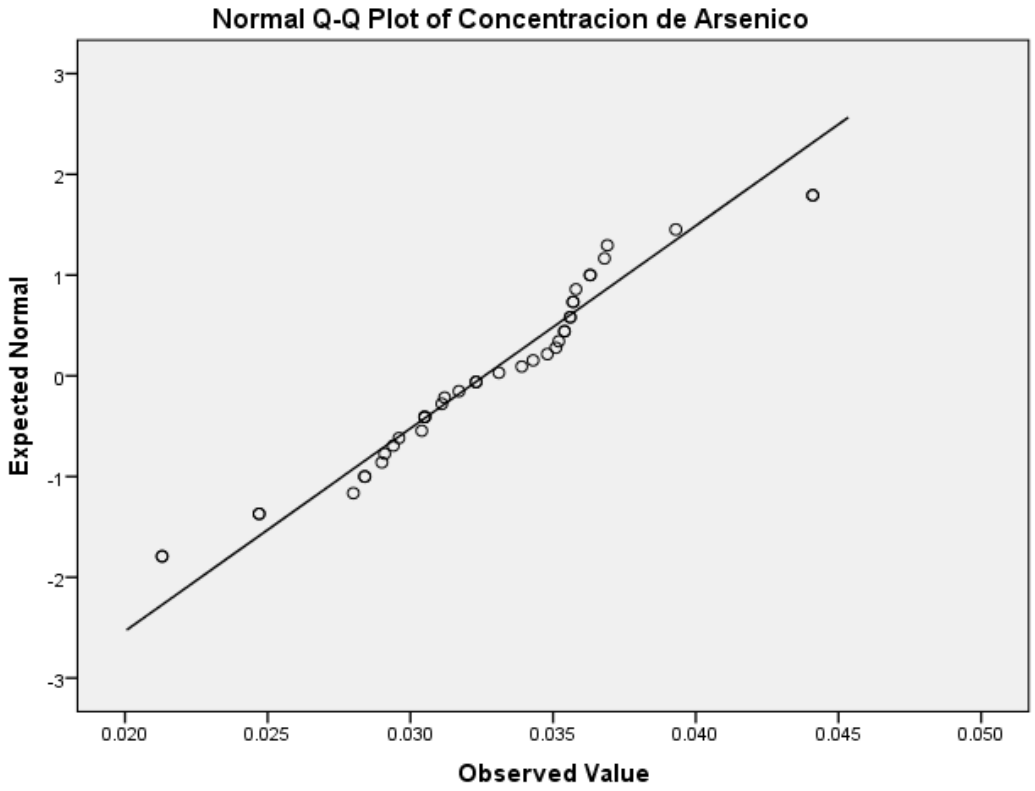
			Statistic	Std. Error
Concentracion de Arsenico	Mean		.032595	.0007857
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	.031006	
		Upper Bound	.034184	
	5% Trimmed Mean		.032583	
	Median		.032700	
	Variance		.000	
	Std. Deviation		.0049693	
	Minimum		.0213	
	Maximum		.0441	
	Range		.0228	
	Interquartile Range		.0062	
	Skewness		-.101	.374
	Kurtosis		.716	.733
Eficiencia de remocion	Mean		2.7240%	1.67464%
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	-0.6633%	
		Upper Bound	6.1113%	
	5% Trimmed Mean		2.3644%	
	Median		1.7850%	
	Variance		112.177	
	Std. Deviation		10.59137%	
	Minimum		-28.20%	
	Maximum		38.08%	
	Range		66.28%	
	Interquartile Range		9.65%	
	Skewness		.616	.374
	Kurtosis		4.099	.733

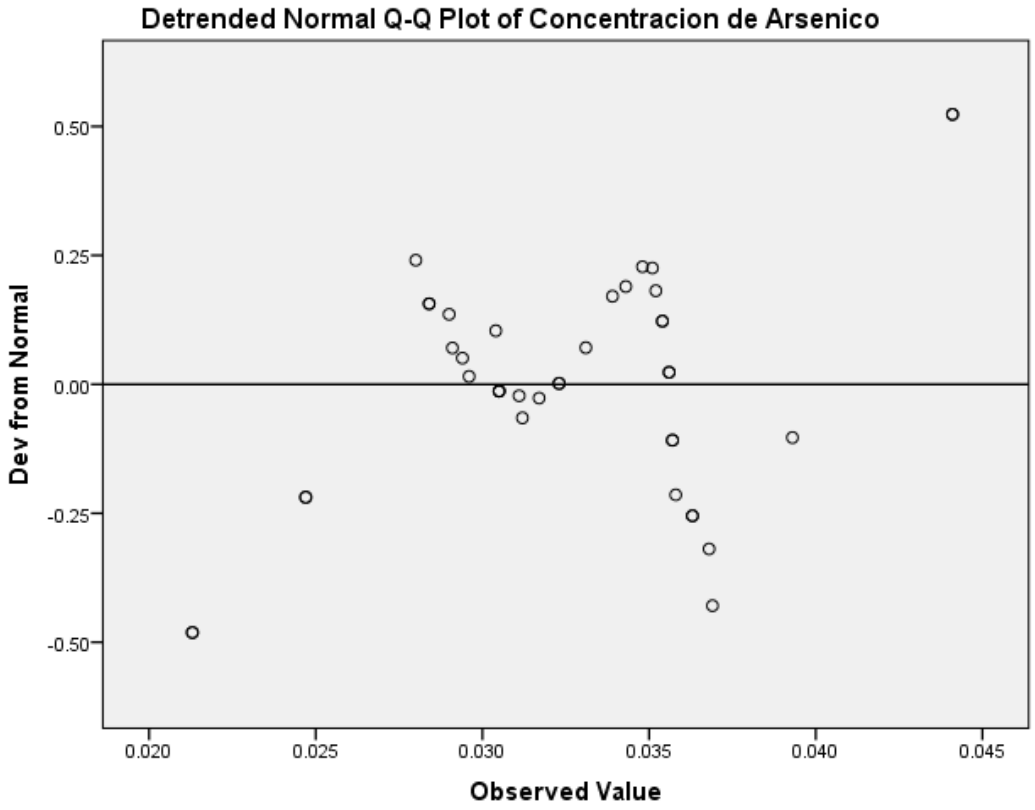
Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Concentracion de Arsenico	.118	40	.168	.957	40	.131
Eficiencia de remocion	.132	40	.075	.904	40	.002

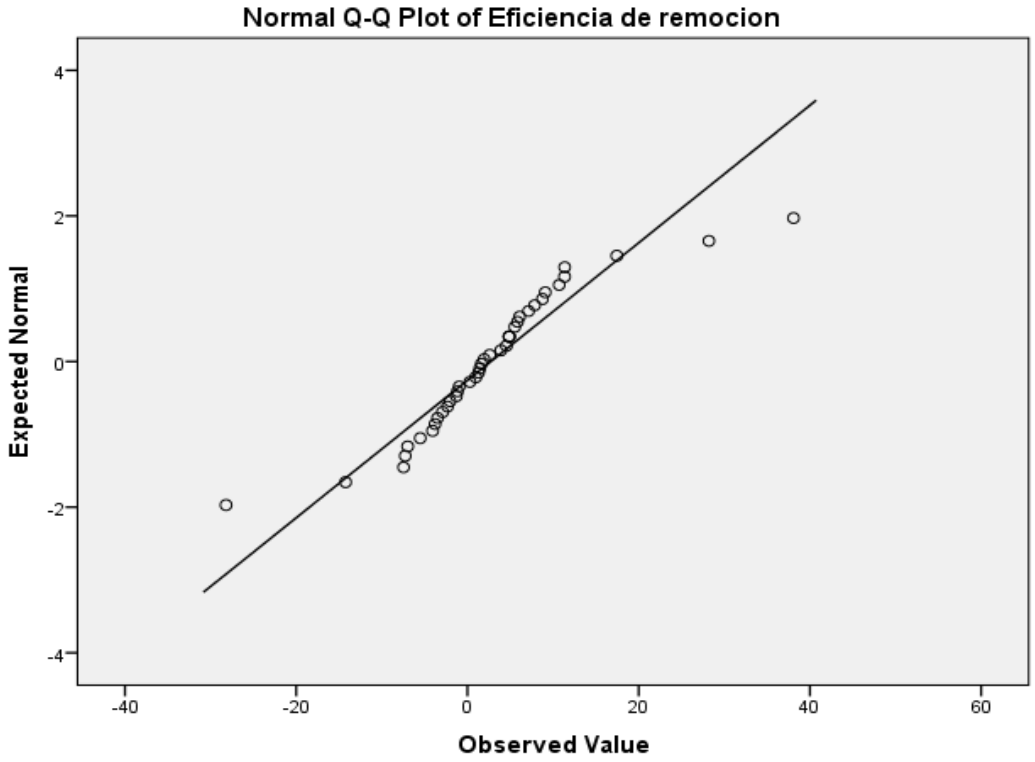
a. Lilliefors Significance Correction

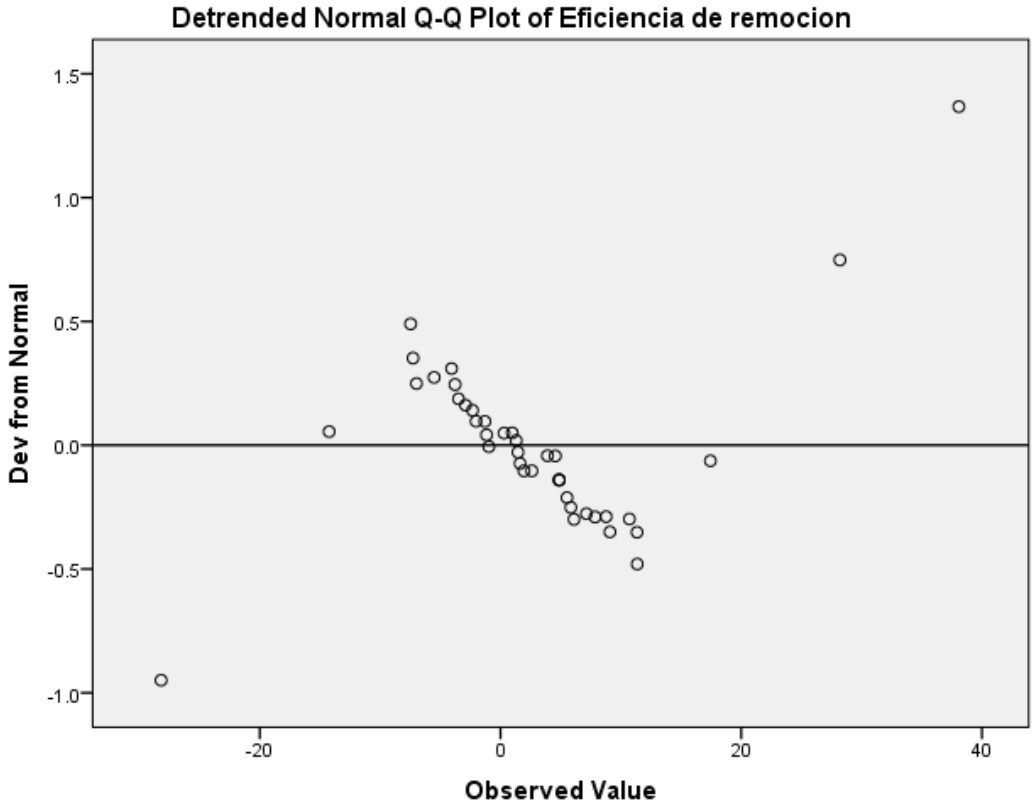
Concentracion de Arsenico





Eficiencia de remocion





Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
Concentracion del bioadsorbente	1	0.0033	8
	2	0.006	8
	3	0.01	8
	4	0.013	8
	5	0.02	8
Tipo de biomasa	1	Mazorca de maiz activada	10
	2	Semilla de palta activada	10
	3	Mazorca de maiz natural	10
	4	Semilla de palta natural	10

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Eficiencia de remocion

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2915.646[a]	20	145.782	1.898	.084
Intercept	5.130	1	5.130	.067	.799
AGUA	66.100	1	66.100	.861	.365
CONCEN	44.423	4	11.106	.145	.963
TIPOBIOMASA	1959.077	3	653.026	8.503	.001
CONCEN * TIPOBIOMASA	846.045	12	70.504	.918	.548
Error	1459.263	19	76.803		
Total	4671.716	40			
Corrected Total	4374.909	39			

a. R Squared = .666 (Adjusted R Squared = .315)

Post Hoc Tests

Tipo de biomasa

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Eficiencia de remocion
Tukey HSD

(I) Tipo de biomasa	(J) Tipo de biomasa	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Mazorca de maiz activada	Semilla de palta activada	17.2000%*	3.90559%	.001	6.2685%	28.1315%
	Mazorca de maiz natural	12.5050%*	3.90559%	.021	1.5735%	23.4365%
	Semilla de palta natural	17.0030%*	3.90559%	.002	6.0715%	27.9345%
Semilla de palta activada	Mazorca de maiz activada	-17.2000%*	3.90559%	.001	-28.1315%	-6.2685%
	Mazorca de maiz natural	-4.6950%	3.90559%	.633	-15.6265%	6.2365%
	Semilla de palta natural	-0.1970%	3.90559%	1.000	-11.1285%	10.7345%
Mazorca de maiz natural	Mazorca de maiz activada	-12.5050%*	3.90559%	.021	-23.4365%	-1.5735%
	Semilla de palta activada	4.6950%	3.90559%	.633	-6.2365%	15.6265%
	Semilla de palta natural	4.4980%	3.90559%	.663	-6.4335%	15.4295%
Semilla de palta natural	Mazorca de maiz activada	-17.0030%*	3.90559%	.002	-27.9345%	-6.0715%
	Semilla de palta activada	0.1970%	3.90559%	1.000	-10.7345%	11.1285%
	Mazorca de maiz natural	-4.4980%	3.90559%	.663	-15.4295%	6.4335%

Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = 76.268.
*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Homogeneous Subsets

Eficiencia de remocion

Tukey HSD[a,b]

Tipo de biomasa	N	Subset	
		1	2
Semilla de palta activada	10	-2.7990%	
Semilla de palta natural	10	-2.6020%	
Mazorca de maiz natural	10	1.8960%	
Mazorca de maiz activada	10		14.4010%
Sig.		.633	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = 76.268.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10.000.
b. Alpha = 0.05.

Anexo 5 Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. Nº 004-2017 MINAM

Categoría 1: Poblacional y Recreacional

Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	**	**
Cianuro Libre	mg/L	**	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	(µS/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico
Nitratos (NO_3) (c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO_2) (d)	mg/L	3	3	**
Amoniaco- N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 - 9,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Níquel	mg/L	0,07	**	**
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Zinc	mg/L	2	5	5
ORGÁNICOS				
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C_6 - C_{35})	mg/L	0,01	0,2	1,0
Trihalometanos	(a)	1,0	1,0	1,0
Bromoformo	mg/L	0,1	**	**
Cloroformo	mg/L	0,3	**	**
Dibromoclorometano	mg/L	0,1	**	**
Bromodiclorometano	mg/L	0,06	**	**
1. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES				
1,1,1-Tricloroetano	mg/L	0,2	0,2	**
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,03	**	**
1,2 Dicloroetano	mg/L	0,03	0,03	**
1,2 Diclorobenceno	mg/L	1	**	**
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0008	0,0008	**
Tetracloroetileno	mg/L	0,04	**	**
Tetracloruro de carbono	mg/L	0,004	0,004	**
Tricloroetileno	mg/L	0,07	0,07	**
BTEX				
Benceno	mg/L	0,01	0,01	**
Etilbenceno	mg/L	0,3	0,3	**
Tolueno	mg/L	0,7	0,7	**
Xilenos	mg/L	0,5	0,5	**
Hidrocarburos Aromáticos				
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0007	0,0007	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**
Organofosforados				
Malatión	mg/L	0,19	0,0001	**
Organoclorados				
Aldrín + Dieldrín	mg/L	0,00003	0,00003	**
Clordano	mg/L	0,0002	0,0002	**
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)	mg/L	0,001	0,001	**
Endrín	mg/L	0,0004	0,0004	**
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	0,00003	0,00003	**
Lindano	mg/L	0,002	0,002	**
Carbamato				
Aldicarb	mg/L	0,01	0,01	**
8. CIANOTOXINAS				
Microcistina-LR	mg/L	0,001	0,001	**
9. BIFENILOS POLICLORADOS				
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,0005	0,0005	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS				
Coliformes Totales	NMP/100 ml	50	**	**
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	20	2.000	20.000
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**	**
Escherichia coli	NMP/100 ml	0	**	**
Vibrio cholerae	Presencial/100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos, en todos sus estadios evolutivos) (f)	N° Organismo/L	0	$<5x10^6$	$<5x10^7$

(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).
(b) Después de la filtración simple.
(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N (NO_3-N), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO_3).

Anexo 6 Límites Máximos Permisibles Establecidos por el Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano D.S. Nº 031-2010 SA

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS

Parámetros Inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Antimonio	mg Sb L^{-1}	0,020
2. Arsénico **(nota 1)**	mg As L^{-1}	0,010
3. Bario	mg Ba L^{-1}	0,700
4. Boro	mg B L^{-1}	1,500
5. Cadmio	mg Cd L^{-1}	0,003
6. Cianuro	mg CN^- L^{-1}	0,070
7. Cloro **(nota 2)**	mg L^{-1}	5
8. Clorito	mg L^{-1}	0,7
9. Clorato	mg L^{-1}	0,7
10. Cromo total	mg Cr L^{-1}	0,050
11. Flúor	mg F^- L^{-1}	1,000
12. Mercurio	mg Hg L^{-1}	0,001
13. Níquel	mg Ni L^{-1}	0,020
14. Nitratos	mg NO_3 L^{-1}	50,00
15. Nitritos	mg NO_2 L^{-1}	3,00 Exposición corta 0,20 Exposición larga
16. Plomo	mg Pb L^{-1}	0,010
17. Selenio	mg Se L^{-1}	0,010
18. Molibdeno	mg Mo L^{-1}	0,07
19. Uranio	mg U L^{-1}	0,015
Parámetros Orgánicos	**Unidad de medida**	**Límite máximo permisible**
1. Trihalometanos totales **(nota 3)**		1,00
2. Hidrocarburo disuelto o emulsionado; aceite mineral	mgL^{-1}	0,01
3. Aceites y grasas	mgL^{-1}	0,5
4. Alacloro	mgL^{-1}	0,020
5. Aldicarb	mgL^{-1}	0,010
6. Aldrín y dieldrín	mgL^{-1}	0,00003
7. Benceno	mgL^{-1}	0,010
8. Clordano (total de isómeros)	mgL^{-1}	0,0002
9. DDT (total de isómeros)	mgL^{-1}	0,001
10. Endrín	mgL^{-1}	0,0006
11. Gamma HCH (lindano)	mgL^{-1}	0,002
12. Hexaclorobenceno	mgL^{-1}	0,001
13. Heptacloro y heptacloroepóxido	mgL^{-1}	0,00003
14. Metoxicloro	mgL^{-1}	0,020
15. Pentaclorofenol	mgL^{-1}	0,009
16. 2,4-D	mgL^{-1}	0,030
17. Acrilamida	mgL^{-1}	0,0005
18. Epiclorhidrina	mgL^{-1}	0,0004
19. Cloruro de vinilo	mgL^{-1}	0,0003
20. Benzopireno	mgL^{-1}	0,0007
21. 1,2-dicloroetano	mgL^{-1}	0,03
22. Tetracloroeteno	mgL^{-1}	0,04

Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
23. Monocloramina	mgL^{-1}	3
24. Tricloroeteno	mgL^{-1}	0,07
25. Tetracloruro de carbono	mgL^{-1}	0,004
26. Ftalato de di (2-etilhexilo)	mgL^{-1}	0,008
27. 1,2- Diclorobenceno	mgL^{-1}	1
28. 1,4- Diclorobenceno	mgL^{-1}	0,3
29. 1,1- Dicloroeteno	mgL^{-1}	0,03
30. 1,2- Dicloroeteno	mgL^{-1}	0,05
31. Diclorometano	mgL^{-1}	0,02
32. Ácido edético (EDTA)	mgL^{-1}	0,6
33. Etilbenceno	mgL^{-1}	0,3
34. Hexaclorobutadieno	mgL^{-1}	0,0006
35. Acido Nitrilotriacético	mgL^{-1}	0,2
36. Estireno	mgL^{-1}	0,02
37. Tolueno	mgL^{-1}	0,7
38. Xileno	mgL^{-1}	0,5
39. Atrazina	mgL^{-1}	0,002
40. Carbofurano	mgL^{-1}	0,007
41. Clorotoluron	mgL^{-1}	0,03
42. Cianazina	mgL^{-1}	0,0006
43. 2,4- DB	mgL^{-1}	0,09
44. 1,2- Dibromo-3- Cloropropano	mgL^{-1}	0,001
45. 1,2- Dibromoetano	mgL^{-1}	0,0004
46. 1,2- Dicloropropano (1,2- DCP)	mgL^{-1}	0,04
47. 1,3- Dicloropropeno	mgL^{-1}	0,02
48. Dicloroprop	mgL^{-1}	0,1
49. Dimetato	mgL^{-1}	0,006
50. Fenoprop	mgL^{-1}	0,009
51. Isoproturon	mgL^{-1}	0,009
52. MCPA	mgL^{-1}	0,002
53. Mecoprop	mgL^{-1}	0,01
54. Metolacloro	mgL^{-1}	0,01
55. Molinato	mgL^{-1}	0,006
56. Pendimetalina	mgL^{-1}	0,02
57. Simazina	mgL^{-1}	0,002
58. 2,4,5- T	mgL^{-1}	0,009
59. Terbutilazina	mgL^{-1}	0,007
60. Trifluralina	mgL^{-1}	0,02
61. Clorpirifos	mgL^{-1}	0,03
62. Piriproxifeno	mgL^{-1}	0,3
63. Microcistin-LR	mgL^{-1}	0,001

Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
64. Bromato	mgL^{-1}	0,01
65. Bromodiclorometano	mgL^{-1}	0,06
66. Bromoformo	mgL^{-1}	0,1
67. Hidrato de cloral (tricloroacetaldehido)	mgL^{-1}	0,01
68. Cloroformo	mgL^{-1}	0,2
69. Cloruro de cianógeno (como CN)	mgL^{-1}	0,07
70. Dibromoacetonitrilo	mgL^{-1}	0,07
71. Dibromoclorometano	mgL^{-1}	0,1
72. Dicloroacetato	mgL^{-1}	0,05
73. Dicloroacetonitrilo	mgL^{-1}	0,02
74. Formaldehído	mgL^{-1}	0,9
75. Monocloroacetato	mgL^{-1}	0,02
76. Tricloroacetato	mgL^{-1}	0,2
77. 2,4,6- Triclorofenol	mgL^{-1}	0,2

Nota 1: En caso de los sistemas existentes se establecerá en los Planes de Adecuación Sanitaria el plazo para lograr el límite máximo permisible para el arsénico de 0,010 mgL^{-1}.

Nota 2: Para una desinfección eficaz en las redes de distribución la concentración residual libre de cloro no debe ser menor de 0,5 mgL^{-1}.

Nota 3: La suma de los cocientes de la concentración de cada uno de los parámetros (Cloroformo, Dibromoclorometano, Bromodiclorometano y Bromoformo) con respecto a sus límites máximos permisibles no deberá exceder el valor de 1,00 de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\frac{C_{cloroformo}}{LMP_{cloroformo}} + \frac{C_{dibromoclorometano}}{LMP_{dibromoclorometano}} + \frac{C_{bromodiclorometano}}{LMP_{bromodiclorometano}} + \frac{C_{bromoformo}}{LMP_{bromoformo}} \leq 1$$

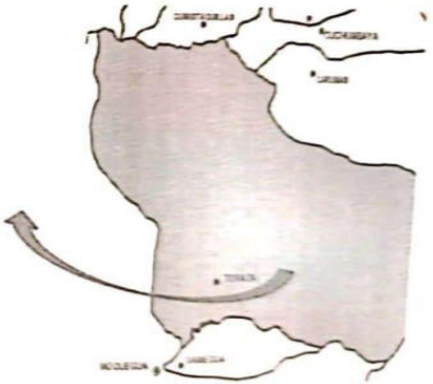
donde, C: concentración en mg/L, y LMP: límite máximo permisible en mg/L

Anexo 7 Resultados de Metales Pesados que no cumplen con los LMP y/o ECA para Agua (Monitoreo de Calidad Ambiental para Agua realizado por la Gerencia Regional de Salud Moquegua 2018)

GOBIERNO REGIONAL MOQUEGUA
Gerencia Regional de Salud Moquegua

GRÁFICO 11: METALES PESADOS QUE NO CUMPLEN CON LOS LMP Y/O ECA

Origen de la muestra	Sistema	Punto de Muestreo	Localidad	Fecha de muestreo	Arsénico (mg/L)
Agua de consumo	Sabaya	Domicilio Sabaya	Sabaya	16/04/18	0.02
Agua de consumo	La Banda	Domicilio La Banda	La Banda	16/04/18	0.02
Agua de Consumo	Cerro Baúl	Reservorio Cerro Baúl	Cerro Baúl	18/06/18	0.01393
Agua Subterránea	Torata/Yacango/Coplay Nuevo/Coplay Antiguo/Alegoma/La Pascana	Captación Yacango	Yacango	18/06/18	0.01206
Agua de Consumo		Reservorio Yacango	Yacango	18/06/18	0.01239
Agua de Consumo	Cerro Baul	Domicilio Cerro Baúl	Cerro Baúl	18/06/18	0.01334
Agua de Consumo	Torata/Yacango/Coplay Nuevo/Coplay Antiguo/Alegoma/La Pascana	Domicilio Coplay Nuevo	Coplay Nuevo	18/06/18	0.01203
Agua de Consumo		Reservorio Coplay Antiguo	Coplay Antiguo	18/06/18	0.01205
Agua de Consumo		Domicilio Coplay Antiguo	Coplay Antiguo	18/06/18	0.01233
Agua de Consumo		Domicilio Yacango	Yacango	18/06/18	0.01262
Agua Subterránea	Chacane	Captación Chacane	Chacane	19/06/18	0.02905
Agua de Consumo	Chacane	Domicilio Chacane	Chacane	19/06/18	0.03061
Agua de Consumo	Chacane	Reservorio Chacane	Chacane	19/06/18	0.02393
Agua Subterránea	Jorge Chávez A	Captación Jorge Chávez A	Jorge Chávez A	19/06/18	0.02303
Agua de Consumo	Jorge Chávez A	Domicilio Jorge Chávez A	Jorge Chávez A	19/06/18	0.02394
Agua de Consumo	Jorge Chávez A	Reservorio Jorge Chávez A	Jorge Chávez A	19/06/18	0.02457
Agua Subterránea	Jorge Chávez B	Captación Jorge Chávez B	Jorge Chávez B	19/06/18	0.03114
Agua de Consumo	Jorge Chávez B	Domicilio Jorge Chávez B	Jorge Chávez B	19/06/18	0.03264
Límites Máximos Permisibles establecido por el Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano, aprobado con D.S. 031-2010-S.A.					0.01
Estándares Nacionales de la Calidad Ambiental para Agua. Categoría 1, Sub categoría A, A1; según D.S. N° 004-2017 MINAM					0.01



µS/cm: microsiemens por centímetro, mg/L: miligramos por litro, NTU: unidad nefelométrica de turbidez
Fuente: Sub Gerencia de Salud Ambiental (GERESA Moquegua)

55

Escaneado con CamScanner

Anexo 8 Resultados de análisis de orina de niños con altos niveles de Arsénico en Torata – Moquegua

"DECENIO DE LA IGUALDAD DE OPORTUNIDADES PARA MUJERES Y HOMBRES"
"AÑO DEL DIÁLOGO Y LA RECONCILIACIÓN NACIONAL"

INFORME DE RESULTADOS N°5581- 2018 - CENSOPAS

1. DATOS DEL SOLICITANTE

Médico solicitante : Dr Omar Trujillo Zeballos
Dirección : Libertad 470 Moquegua - Perú
Expediente / Fecha : Factura N° F003-0000064

2. IDENTIFICACION PACIENTE/ MUESTRA

Código de muestra **Del LSO-217/001-B al LSO-217/086-B-18**

CODIGO	NOMBRES	EDAD	As (µg/L)	Cd (µg/L)	As (µg/g de creatinina)	Cd (µg/g de creatinina)	INFORME
LSO-217/027-B-18	CHAVEZ CRUZ, JOSUE SANTIAGO	6	46.27	0.5	141.67	1.53	INFORME DE RESULTADOS N°5521- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/028-B-18	CONDORI CORDOVA, VANESA LILIANA	7	51.33	0.71	363.63	5.02	INFORME DE RESULTADOS N°5522- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/029-B-18	CUAYLA HUIZA, JENNYFER THALIA	6	41.82	0.64	66.16	1.01	INFORME DE RESULTADOS N°5523- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/030-B-18	HUAMAN ROJAS, ROSARIO PATRICIA	7	62.45	<LCM	160.21	*	INFORME DE RESULTADOS N°5524- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/031-B-18	LAURACIO CUTIPA, ANDELY MARITZA	7	65.81	<LCM	130.39	*	INFORME DE RESULTADOS N°5525- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/032-B-18	LOPEZ NINA, YORVIK SLEYTER	7	57.57	0.51	89.52	0.79	INFORME DE RESULTADOS N°5526- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/033-B-18	MAMANI COLQUE, ENILSON EDWIN	11	139.27	1.12	76.15	0.61	INFORME DE RESULTADOS N°5527- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/034-B-18	MAMANI ESCARCENA, ARACELY	7	80.73	<LCM	167.35	*	INFORME DE RESULTADOS N°5528- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/035-B-18	MANZANO CONDORI, EMERSON AGUSTIN DHAYRON	6	51.11	0.86	41.69	0.7	INFORME DE RESULTADOS N°5529- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/036-B-18	PILCO GARCIA, GRECIA	6	100.19	0.48	147.29	0.71	INFORME DE RESULTADOS N°5530- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/037-B-18	RAMOS ADUVIRE, MICHELL NALDI	6	41.25	0.18	65.86	0.29	INFORME DE RESULTADOS N°5531- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/038-B-18	RAMOS MANZANO, JOSUE YEMS	7	134.46	0.22	334.89	0.55	INFORME DE RESULTADOS N°5532- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/039-B-18	VILCA CORDOVA, FROYLAN JESUS	7	137.31	<LCM	100.30	*	INFORME DE RESULTADOS N°5533- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/040-B-18	CUAYLA CORDOVA, ARACELY EVELIN	NP	40.11	0.45	47.72	0.54	INFORME DE RESULTADOS N°5534- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/041-B-18	DIAZ ESTEFANERO, LUANA	8	55	0.26	35.26	0.17	INFORME DE RESULTADOS N°5535- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/042-B-18	FLORES VILLEGAS, MARJHORY MARIA ESTHER	8	39.73	0.49	62.48	0.77	INFORME DE RESULTADOS N°5536- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/043-B-18	HUARECCALLO CUEVA, DEYVIS JOSE	7	58.91	<LCM	49.21	*	INFORME DE RESULTADOS N°5537- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/044-B-18	MEJIA HUAMAN, ANGEL JESUS	8	45.32	0.26	59.39	0.4	INFORME DE RESULTADOS N°5538- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/045-B-18	PAQUITA MAMANI, ANYELO ARON	6	80.67	<LCM	115.09	*	INFORME DE RESULTADOS N°5539- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/046-B-18	PAUNO COPA, CRISTOPHER GABRIEL	8	47.98	0.2	34.57	0.14	INFORME DE RESULTADOS N°5540- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/047-B-18	VILLEGAS ALVAREZ, ALBERT ANTONY FRAN	8	46.4	0.3	30.65	0.2	INFORME DE RESULTADOS N°5541- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/048-B-18	HUAMAN ROJAS, ANAIS ROXANA	9	46.48	0.61	97.51	1.28	INFORME DE RESULTADOS N°5542- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/049-B-18	MANZANO MAMANI, IVANA MARY CIELO	9	45.29	3.88	132.93	11.48	INFORME DE RESULTADOS N°5543- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/050-B-18	MANZANO VENTURA, JOSSELYN FELIPA	9	46.79	<LCM	89.38	*	INFORME DE RESULTADOS N°5544- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/051-B-18	MANZANO VENTURA, JUDITH PAULINA	10	45.91	0.12	99.14	0.26	INFORME DE RESULTADOS N°5545- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/052-B-18	MAQUERA MAMANI, RODRIGO HENRY	9	48.74	0.34	62.36	0.44	INFORME DE RESULTADOS N°5546- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/053-B-18	MENACHO QUISPE, ANDY CRISTOFER	9	53.81	<LCM	47.62	*	INFORME DE RESULTADOS N°5547- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/054-B-18	QUENTA QUISPE, MARTHA MARITZA	9	45.85	<LCM	67.83	*	INFORME DE RESULTADOS N°5548- 2018 - CENSOPAS

CS Escaneado con CamScanner

de Salud

Protección del Ambiente para la Salud

LSO-217/055-B-18	RAMOS HUALLPA, LIDIA DEYSI	9	47.14	<LCM	55.76	-	INFORME DE RESULTADOS N°5549- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/056-B-18	RAMOS MANZANO, YASHIRA ARASELY	8	48.43	<LCM	61.52	-	INFORME DE RESULTADOS N°5550- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/057-B-18	REYES CRUZ, MARYORI FERNANDA	10	40.52	<LCM	109.01	-	INFORME DE RESULTADOS N°5551- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/058-B-18	CHAVEZ VILLAVICENCIO MARIUXI	10	40.83	0.2	41.38	0.2	INFORME DE RESULTADOS N°5552- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/059-B-18	CONDORI MANZANO, JOAQUIN RONY	9	60.27	<LCM	34.34	-	INFORME DE RESULTADOS N°5553- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/060-B-18	CURO RAMOS, KARLA GISELL	11	66.36	0.48	67.86	0.49	INFORME DE RESULTADOS N°5554- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/061-B-18	FUENTES AMESQUITA, CELIA FLORA	NP	124.96	<LCM	130.62	-	INFORME DE RESULTADOS N°5555- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/062-B-18	HUARACHE ORTEGA, AZUMI	9	161.09	0.3	342.67	0.64	INFORME DE RESULTADOS N°5556- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/063-B-18	RAMOS MAMANI, CLEYDI MIA	9	52.77	<LCM	135.65	-	INFORME DE RESULTADOS N°5557- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/064-B-18	REYES CRUZ, NICOL DANERY	10	48.19	<LCM	41.47	-	INFORME DE RESULTADOS N°5558- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/065-B-18	SALAZAR RAMOS, PIERO DENILSON	10	45.15	0.3	164.60	1.09	INFORME DE RESULTADOS N°5559- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/066-B-18	SOSA RAMOS, RENSO LIBORIO	NP	41.21	0.75	36.63	0.67	INFORME DE RESULTADOS N°5560- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/067-B-18	VENEGAS CHURA, KIARA	10	60.8	0.26	263.66	1.13	INFORME DE RESULTADOS N°5561- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/068-B-18	MENACHO QUISPE, JUAN DIEGO	9	64.12	<LCM	51.46	-	INFORME DE RESULTADOS N°5562- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/069-B-18	VALDEZ VIZCARRA, SUEMY MELINA	10	46.76	0.57	32.75	0.4	INFORME DE RESULTADOS N°5563- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/070-B-18	VILABAÑA MAMANI, MAYLETH VICKY	11	62.19	<LCM	130.21	-	INFORME DE RESULTADOS N°5564- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/071-B-18	CAMA TODCO, ALEXANDER YOHAN	12	50.75	0.18	45.87	0.09	INFORME DE RESULTADOS N°5565- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/072-B-18	CONDORI MANZANO, HENRY EMANUEL	11	41.11	0.89	43.95	0.85	INFORME DE RESULTADOS N°5566- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/073-B-18	HUARECCALLO CUEVA, LILIAN MAGALY	11	105.54	<LCM	79.89	-	INFORME DE RESULTADOS N°5567- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/074-B-18	MAMANI DIAZ, MARCO ANTONIO	11	60.57	0.33	44.34	0.24	INFORME DE RESULTADOS N°5568- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/075-B-18	MEJIA HUAMAN, MILAGROS	11	93.9	0.56	56.38	0.32	INFORME DE RESULTADOS N°5569- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/076-B-18	RAMOS HUALLPA, PRUDENCIO CELESTINO	11	95.49	<LCM	68.80	-	INFORME DE RESULTADOS N°5570- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/077-B-18	SOSA AMACHI, PATRICIA	11	46.36	0.25	70.55	0.38	INFORME DE RESULTADOS N°5571- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/078-B-18	VILCA CORDOVA, MARYORI ANA	12	52.76	1.37	70.87	1.84	INFORME DE RESULTADOS N°5572- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/079-B-18	CUSI MAMANI, GAEL ARI VALENTINO	11	57.51	0.29	43.18	0.22	INFORME DE RESULTADOS N°5573- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/080-B-18	ESTEBA HUARICALLO, ANDERSON YHEREMY	12	183.24	0.56	313.77	0.96	INFORME DE RESULTADOS N°5574- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/081-B-18	FLORES CONTRERAS, FRANKLIN ULISES	12	80.51	1.14	119.65	1.69	INFORME DE RESULTADOS N°5575- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/082-B-18	MAMANI ASCENCIO, ALDAIR JHOSIMAR	11	88.55	0.09	116.73	0.12	INFORME DE RESULTADOS N°5576- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/083-B-18	PAUCIMINO MANZANO, DEYANIRA ARACELI	NP	63.99	0.78	37.55	0.46	INFORME DE RESULTADOS N°5577- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/084-B-18	RAMOS MAMANI, NELSON	12	77.74	0.48	55.29	0.34	INFORME DE RESULTADOS N°5578- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/085-B-18	ROMERO ROQUE, THOMAS ESTHEFANO	11	46.25	0.8	61.80	1.16	INFORME DE RESULTADOS N°5579- 2018 - CENSOPAS
LSO-217/086-B-18	VANEGAS CHURA, DEDEXY KEILA	11	69.63	<LCM	70.30	-	INFORME DE RESULTADOS N°5580- 2018 - CENSOPAS

Escaneado con CamScanner

Curiginal

Document Information

Analyzed document	TESIS-RUTH ADALI CABANA CARI - INFORME FINAL.pdf (D142063279)
Submitted	2022-07-15 03:56:00
Submitted by	MILKO RAUL
Submitter email	mriverac@unam.edu.pe
Similarity	5%
Analysis address	mriverac.unampe@analysis.urkund.com

"UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA"

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

FORMATO DE AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNAM

Formulario de autorización para la publicación electrónica en la página web del Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Moquegua, de conformidad con la Ley N° 30035 Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y Resolución de Comisión Organizadora N° 041-2022-UNAM que aprueba el Reglamento que regula el Repositorio Institucional Digital de la UNAM.

1. DATOS DEL AUTOR

Nombres y Apellidos	: CABANA CARI RUTH ADALI
DNI/Carnet de Extranjería/Pasaporte N°	: 71658168
Correo electrónico	: adali28.95@gmail.com
Teléfono/Celular	: 954852474

2. GRADO, TITULO O ESPECIALIZACIÓN (Marque con una X)

Bachiller	Título Profesional	Magister	Doctor	Segunda Especialidad
	X			

3. TIPO DE PUBLICACIÓN (Marque con una X)

a) Articulo ( )
b) Tesis de pregrado (x)
c) Tesis de Maestría ( )
d) Tesis de Doctorado ( )
e) Monografía ( )
f) Reporte de caso científico o hallazgos ( )
g) Libro ( )
h) Parte de un libro ( )
i) Revisión ( )
j) Conferencia ( )
k) Presentación ( )
l) Artículo preliminar ( )
m) Articulo antes de ser publicado ( )
n) Artículo de prensa ( )
o) Documentos internos ( )
p) Imagen ( )
q) Documentos técnicos ( )
r) Ponencias presentadas en eventos científicos (Jornada, Congreso, Simposio Conferencias, etc.) ( )
s) Informes de suficiencia profesional ( )
t) Patentes producidas por académicos/as ( )

"UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA"

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

4. TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (Marque con una X)

a) Tesis (X)
b) Trabajo de Investigación ( )
c) Trabajo de suficiencia profesional ( )
d) Trabajo académico ( )

5. DATOS DE LA PUBLICACION

a) Titulo : COMPARACION DE LA EFICIENCIA DE LOS BIOADSORBENTES SEMILLA DE PALTA (Persea americana) Y MAZORCA DE MAIZ (Zea mays) EN LA REMOCION DEL ARSENICO (As) DE LAS AGUAS NATURALES DEL SUBSUELO DE LA ZONA DEL DISTRITO DE TORATA

b) Campo del conocimiento OCDE (Indicar el código de clasificación OCDE de la obra : https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_ford.html) : 2.07.00

c) Fecha de publicación : 2022

6. DATOS DEL ASESOR:

a) Nombres y Apellidos : RIVERA CAMPANO MILKO RAUL
b) DNI/Pasaporte/Cédula : 29414070
c) ORCID : N° 0000-0002-4313-037X

FIRMA :

DOCUMENTO DE IDENTIDAD : 71658168
NOMBRES Y APELLIDOS : RUTH ADALI CABANA CARI

"UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA"

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

LICENCIAS

Licencia Estàndar

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional Digital de la UNAM.

Con la autorización de depósito da mi trabajo de investigación, otorgo a la Universidad Nacional de Moquegua, una Licencia No Exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi trabajo de investigación (incluido el resumen), en formato fisico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios provistos por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Institucional Digital de la UNAM, Colección de Tesis, entre otros, en el Perú y en el extranjero, por el tiempo y veces que considere necesarias, y libre de remuneraciones.

En virtud de dicha Licencia, la UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA, podrà reproducir mi trabajo de investigación en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con los propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que el trabajo de investigación es una creación de mi autoria y exclusiva titularidad, o coautoria con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicho trabajo de investigación no infringe derechos de autor de terceras personas.

La UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA consignara el nombre del/los autor/es del trabajo de investigación, y no le hará ninguna modificación más de la permitida en la presente licencia.

Autorizo el depósito (marque con una X).

(X) **SI autorizo que se deposite inmediatamente.**

FIRMA : .....

DOCUMENTO DE IDENTIDAD : 71658168

NOMBRES Y APELLIDOS : RUTH ADALI CABANA CARI

FECHA : 26/07/2022

