

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

**Remoción de mercurio a través de la bioadsorción con biomasa
de vaina de frijol (*Phaseolus vulgaris*) y tara (*Caesalpinia
spinosa*) en soluciones acuosas, 2018**

Por:

Virginia Merma Aviles

Asesor:

Ing. Juan Eduardo Vigo Rivera

Juliaca, diciembre de 2018

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL INFORME DE TESIS

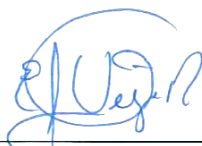
Ing. Juan Eduardo Vigo Rivera, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulada: **“Remoción de mercurio a través de la bioadsorción con biomasa de vaina de frijol (*Phaseolus vulgaris*) y tara (*Caesalpinia spinosa*) en soluciones acuosas, 2018”** constituye la memoria que presenta la Bachiller Virginia Merma Aviles para aspirar al título Profesional de Ingeniero Ambiental, dicha tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Juliaca, a los 27 días del mes de diciembre del 2018.



Ing. Juan Eduardo Vigo Rivera

Remoción de mercurio a través de la bioadsorción con biomásas de vaina de frijol (*Phaseolus vulgaris*) y tara (*Caesalpinia spinosa*) en soluciones acuosas, 2018.

TESIS

Presentada para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

JURADO CALIFICADOR



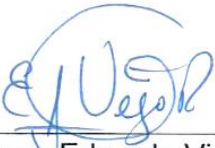
MSc. Rose Adeline Callata Chura
Presidente



MSc. Jael Calla Calla
Secretario



Ing. Verónica Haydeé Pari Mamani
Vocal



Ing. Juan Eduardo Vigo Rivera
Asesor

Juliaca, 27 de diciembre de 2018

DEDICATORIA

A Dios, por llenarme de conocimiento, fortaleza, perseverancia y darme la oportunidad de cumplir uno de mis metas.

A mis padres Isidoro, Antonia y hermanos (Saida, Fiorela, Florencia, Marcia, Luis José Antonio y María Viviana), por ser mi inspiración y motivación para mi superación personal y profesional.

A Lidio y a toda mi familia que a pesar de la distancia y adversidades siempre estuvieron conmigo apoyándome en todo momento.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por la salud, capacidad y constancia necesaria para dar término a esta etapa de mi vida profesional.

Al Programa Nacional de Becas y Crédito Educativo (PRONABEC)-Beca 18, por haberme brindado la oportunidad de estudiar y hacer realidad uno de mis sueños.

A la Universidad Peruana Unión y a la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental por abrirme las puertas y formarme profesionalmente con principios y valores cristianos.

Al Ing. Juan Eduardo Vigo Rivera, mi asesor, por su orientación y asesoría durante el desarrollo de la presente tesis.

A mis padres, Isidoro, Antonia y hermanos (Saida, Fiorela, Florencia, Marcia, Luis, José Antonio y María Viviana), por su amor incondicional y apoyo constante durante mi etapa Universitaria.

A mis profesores, compañeros de estudio, amigos y amigas, por haberme brindado su apoyo en todo momento.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	xiv
ABSTRACT.....	xv
CAPÍTULO I EL PROBLEMA.....	16
1.1. Identificación del problema	16
1.2. Justificación de la investigación	17
1.3. Presuposición filosófica.....	19
1.4. Objetivos.....	20
1.4.1. Objetivo general	20
1.4.2. Objetivos específicos.....	20
CAPÍTULO II REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	21
2.1. Antecedentes de la investigación.....	21
2.1.1. Antecedentes internacionales	21
2.1.2. Antecedentes nacionales	23
2.1.3. Antecedentes locales	24
2.2. Marco conceptual.....	25
2.2.1. Metales pesados.....	25
2.2.2. Mercurio	27
2.2.2.1. Ciclo del mercurio	27
2.2.2.2. Contaminación por mercurio	28

2.2.2.3.	Toxicidad del mercurio.....	28
2.2.3.	Métodos no convencionales para el tratamiento de agua.....	29
2.2.3.1.	Adsorción	29
2.2.3.2.	Bioadsorción.....	29
2.2.4.	Factores que pueden afectar el proceso de bioadsorción	31
2.2.4.1.	El pH.....	31
2.2.4.2.	Temperatura.....	32
2.2.4.3.	Tiempo de agitación	32
2.2.4.4.	Tamaño del bioadsorbente.....	32
2.2.5.	Residuos sólidos agrícolas como bioadsorbentes.....	32
2.2.6.	Biomasa.....	33
2.2.6.1.	Biomasa de la vaina de frijol como bioadsorbente natural.....	33
2.2.6.2.	Biomasa de la vaina de tara como bioadsorbente natural.....	34
2.2.7.	Soluciones acuosas.....	36
2.3.	Marco normativo legal.....	37
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS		38
3.1.	Ámbito de estudio.....	38
3.2.	Tipo de investigación.....	38
3.3.	Variables de la investigación	38
3.4.	Diseño de la investigación	38
3.5.	Materiales, equipos y reactivos.....	40

3.5.1.	Especies utilizadas como bioadsorbentes.....	40
3.5.2.	Materiales	40
3.5.3.	Equipos.....	41
3.5.4.	Reactivos	41
3.6.	Procedimientos.....	42
3.6.1.	Preparación de los bioadsorbentes	42
3.6.2.	Preparación de la solución acuosa de Hg.....	43
3.6.3.	Ensayos de bioadsorción	43
3.6.4.	Análisis de mercurio.....	44
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIONES.....		45
4.1.	Resultados.....	45
4.1.1.	Análisis de varianza (ANOVA)	46
4.1.2.	Verificación de los supuestos.....	48
4.1.3.	Análisis de homogeneidad de varianza	50
4.1.4.	Pruebas de rangos múltiples.....	50
4.1.5.	Obtención de los bioadsorbentes.....	54
4.1.6.	Condiciones del pH y cantidad del bioadsorbente óptimo.....	54
4.2.	Discusiones	55
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		57
5.1.	Conclusión	57
5.2.	Recomendaciones	58

REFERENCIAS..... 59

ANEXOS 66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales orígenes antropogénicos de metales pesados.	26
Tabla 2. Combinaciones para la prueba de bioadsorción.	39
Tabla 3. Especies vegetales utilizadas como bioadsorbentes	40
Tabla 4. Equipos de laboratorio	41
Tabla 5. Concentración final de Hg después del tratamiento	45
Tabla 6. Análisis de varianza	46
Tabla 7. Prueba de normalidad, supuestos biomasa	48
Tabla 8. Prueba de normalidad, supuestos pH.....	49
Tabla 9. Prueba de normalidad en relación a la cantidad del bioadsorbente	49
Tabla 10. Análisis de homogeneidad de varianza.....	50
Tabla 11. Prueba de rango múltiple, factor biomasa	50
Tabla 12. Prueba de rango múltiple, factor pH.....	51
Tabla 13. Prueba de rango múltiple, factor cantidad del bioadsorbente.....	51
Tabla 14. Prueba de rango múltiple, factor biomasa con interacción con el pH	51
Tabla 15. Prueba de rango múltiple, interacción del factor bioma con cantidad.....	52
Tabla 16. Prueba de rango múltiple, interacción del factor pH con cantidad.....	52
Tabla 17. Prueba de rango múltiple, interacción del factor biomasa, pH y cantidad	53
Tabla 18. Condiciones del pH y cantidad de bioadsorbente óptimo	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo del mercurio.	28
Figura 2. Bioadsorción de metales pesados.	30
Figura 3. Clasificación taxonómica del frijol.	34
Figura 4. Clasificación taxonómica de la tara.	35
Figura 5. Tanino de la tara.	36
Figura 6. Flujograma de la preparación de los bioadsorbentes.	42

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Panel fotográfico de la ejecución de tesis	66
Anexo B. Preparación de la solución acuosa de Hg	76
Anexo C. Cadena de custodia para envío de muestra al laboratorio	77
Anexo D. Certificado de verificación operacional	83
Anexo E. Informe de resultados de análisis.....	84

SÍMBOLOS USADOS

As	: Arsénico
Cd	: Cadmio
Cr	: Cromo
Cu	: Cobre
g	: Gramo
Hg	: Mercurio
mg Hg/g	: Milígramo de mercurio por gramo
mg/g	: Milígramo por gramo
mg/L	: Miligramo por litro
ml	: Mililitro
min	: Minuto
mm	: Milímetros
Ni	: Níquel
Pb	: Plomo
pH	: Potencial de Hidrógeno
ppm	: Partes por millón
rpm	: Revoluciones por minuto
Sb	: Antimonio
μm	: Micrómetro

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la remoción de mercurio a través de la bioadsorción con biomasa de vaina de frijol (*Phaseolus vulgaris*) y tara (*Caesalpinia spinosa*) en soluciones acuosas. La investigación fue de tipo experimental y el diseño de la investigación fue ARREGLO FACTORIAL 2x2x2, con 08 tratamientos y 03 repeticiones por tratamiento, haciendo un total de 24 unidades experimentales, que consto de los siguientes factores: biomasa, pH y cantidad del bioadsorbente. Las biomasa se obtuvieron a partir de un tratamiento físico (pulverizado). Las soluciones acuosas de mercurio fueron preparadas a una concentración inicial de 1 mg/L. El proceso de bioadsorción fue realizada según el diseño planteado y bajo las siguientes condiciones: pH de 4.0 y 9.0, cantidad de biomasa de 0.8 y 2.5 g, temperatura de 15 °C, velocidad de agitación de 220 rpm y tiempo de remoción de 1 hora para todos respectivamente. La concentración final de mercurio fue determinado mediante el método APHA-AWWA-WEF y el método de espectrofotometría de absorción atómica a vapor frío. Los resultados muestran que la biomasa con mayor capacidad de adsorción fue el frijol. Las condiciones del pH óptimo para la biomasa de vaina de tara fue de pH 4.0 y para la biomasa de frijol 9.0. Por otra parte, la cantidad del bioadsorbente óptimo para ambas biomasa fue de 2.5 g, logrando remover hasta 0.102 mg/L de mercurio equivalente al 90 % con la biomasa de frijol y 0.209 mg/L de mercurio equivalente al 79 % con la biomasa de tara, a partir de una concentración inicial de 1 mg/L en las condiciones mencionadas. En conclusión ambas biomasa presentan alta capacidad de bioadsorción siendo mucho más eficiente el frijol que la tara.

Palabra Clave: Bioadsorción, biomasa, remoción de mercurio, soluciones acuosas

ABSTRACT

The objective of the present investigation was to evaluate the removal of mercury through bioadsorption with biomass of bean pod (*Phaseolus vulgaris*) and tara (*Caesalpinia spinosa*) in aqueous solutions. The investigation was of experimental type and the design of the investigation was FACTORIAL ARRANGEMENT 2x2x2, with 08 treatments and 03 repetitions by treatment, making a total of 24 experimental units, which consisted of the following factors: biomass, pH and quantity of the bioadsorbent. The biomasses were obtained from a physical treatment (pulverized). The aqueous solutions of mercury were prepared at an initial concentration of 1 mg / L. The biosorption process was carried out according to the proposed design and under the following conditions: pH of 4.0 and 9.0, biomass amount of 0.8 and 2.5 g, temperature of 15 ° C, agitation speed of 220 rpm and removal time of 1 hour for all respectively. The final concentration of mercury was determined by the APHA-AWWA-WEF method and the cold vapor atomic absorption spectrophotometry method. The results show that the biomass with greater capacity of adsorption was the bean. The optimum pH conditions for the tara pod biomass were pH 4.0 and for bean biomass 9.0. On the other hand, the quantity of the optimum bioadsorbent for both biomes was 2.5 g, achieving the removal of up to 0.102 mg / L of mercury equivalent to 90% with the bean biomass and 0.209 mg / L of mercury equivalent to 79% with the biomass of tara, from an initial concentration of 1 mg / L under the conditions mentioned. In conclusion, both biomasses have a high biosorption capacity, and beans are much more efficient than tares.

Keyword: Bioadsorption, biomass, mercury removal, aqueous solutions.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Identificación del problema

Durante el transcurso del siglo XXI, uno de los principales problemas ambientales que viene generando mayor preocupación al mundo entero, es la contaminación ambiental por metales pesados, a partir de residuos generados por la actividad minera, industrias, los cuales son irresponsablemente descargados al ambiente sin ningún tipo de tratamiento y que por consecuencia se van acumulando en distintas partes como el suelo, aire, agua y el propio ser humano (Ponce, Hernandez, & Otazo, 2018). Entre los metales comúnmente presentes en cuerpos de agua tenemos al Sb, As, Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb, Se y Zn (Castro, 2015).

Entre los metales mencionados, el mercurio es el que vienen causando mayor preocupación debido a su acción sumamente tóxica para el organismo y para el hombre (Cameselle & Sánchez, 2016). Este metal presente en cuerpos de agua, ha sido el centro de atención por sus efectos nocivos al hombre, donde viene causando enfermedades, discapacidad, perjuicios sociales e incluso la muerte (Tesfaalem, 2002).

Mediante estudios realizados sobre contaminación por mercurio, se ha determinado que la actividad minera e industria son los principales fuentes contaminantes de los cuerpos de agua, ya que estas actividades requieren del uso del mercurio para amalgamar oro asimismo

para algunos procesos industriales, posteriormente estas son descargadas sin ningún tipo de tratamiento, afectando la disponibilidad y aprovechamiento del agua (Montes, 2010).

En el Perú, según el MINAM (2017), mediante el programa presupuestal N° 0144: “Conservación y uso sostenible de ecosistemas para la provisión de servicios ecosistémicos”, se calcula que en los últimos 20 años más de 3000 toneladas de mercurio han sido arrojadas a los ríos amazónicos, donde poblaciones de Madre de Dios, Huancavelica, Cusco y Puno presentaron índices de mercurio en la sangre por encima de lo permitido.

Frente a este problema la sociedad se ha visto obligado a eliminar o disminuir este contaminante por de bajo de los niveles exigidos de la legislación, para ello se ha tenido que recurrir a diversos métodos de tratamiento, convencionales y no convencionales entre ellos la coagulación, precipitación química, intercambio iónico, floculación adsorción y bioadsorción” (Verdugo & Arélevelo, 2017).

Entre los métodos mencionados, la bioadsorción ha demostrado ser un método altamente eficiente para el tratamiento de aguas contaminadas con metales pesados (mercurio), siendo ser muy eficiente en plantas pequeñas y/o pilotos, además de ser un método ecológico, debido a que no se generan lodos después del tratamiento, el material bioadsorbente puede ser recuperable y se encuentra disponible en la corteza terrestre muchos de ellos como desecho orgánico (Castro, 2015).

1.2. Justificación de la investigación

La contaminación del agua por metales pesados tóxicos, es un gran problema ambiental al rededor del mundo, ya que tienen efectos muy adversos sobre la salud del hombre y su entorno (Peña, 2016). De manera específica tenemos al mercurio, donde las principales

fuentes de generación de este elemento son la actividad minera y las diferentes industrias (Ponce et al., 2018).

Por ende, a medida que va aumentando la actividad minera y la industria en nuestro país, la contaminación por mercurio es mayor, el cual es muy preocupante y perjudicial para la salud humana y para la mayoría de formas de vida (Tesfaalem, 2002).

La mayoría de los vertidos no tratadas provenientes de las diferentes industrias llegan a los cuerpos de agua, mientras que los depósitos de residuos contaminan el suelo, y posteriormente a las aguas subterráneas, y a través de estas vías el mercurio se va acumulando en las plantas y tejidos orgánicos (Areco & Dos Santos, 2008), debido a esta situación, la ciencia se ha visto obligada a realizar estudios basados en alternativas que puedan controlar, minimizar o incluso eliminarla (Melendez, 2016).

Entre los métodos de tratamiento destaca la bioadsorción, por ser un método altamente eficiente, en el cual se puede emplear materiales muy baratos como adsorbentes esto debido a su bajo costo inicial, sencillez de diseño y facilidad de operación (Castro, 2015). Algunos investigadores han evaluado distintos tipos de materiales alternativos para su uso como adsorbentes, entre ellos algunos residuos industriales, residuos agrícolas y biomasa (Bhatnagar & Sillanpää, 2010). Estos desechos agrícolas, biomasa tienden a presentar ventajas, principalmente por el uso que se le puede dar como bioadsorbente además de presentar bajo costo y facilidad acceso de fuentes renovables.(Bhatnagar & Sillanpää, 2010).

Con la siguiente investigación se evaluó la remoción de mercurio a través de la bioadsorción con biomasas de vaina de frijol (*Phaseolus vulgaris*) y tara (*Caesalpinia spinosa*) en soluciones acuosas, para ello se empleó bioadsorbentes naturales, donde uno de ellos es considerado como material de desecho orgánico que se producen en buena cantidad

en los lugares de Cusco, Ayacucho Cajamarca, La libertad y otras partes del territorio peruano, que hasta el momento no se le toma importancia para darle algún uso (Tejada, Villabona, & Garcés, 2015). Darle uso como bioadsorbentes para la remoción de metales pesados del agua, es de mucho beneficio, ya que es aplicable, alta disponibilidad, natural, a diferencia de otros bioadsorbentes químicos que son de costo elevado, operación compleja, difíciles de aplicar y dejan lodos residuales en el agua tratada (Tejada et al., 2015).

1.3. Presuposición filosófica

El agua, es propiedad de todos los seres vivos del planeta, pues los humanos tenemos prestada, sin interés por supuesto. En Salmos 114:8 se menciona: “Él convirtió la roca en un estanque, el pedernal en manantiales de agua” (Reina Valera, 1960). Desde un inicio Dios nos dio la fuente de vida, que es el agua; sin embargo, junto con el pecado el hombre al realizar diferentes actividades ha estado contaminando y hoy en día es un problema muy grande que venimos atravesando ya sea a nivel local, regional, nacional e internacional. En Salmos 105:29 se menciona: “Volvió sus aguas en sangre, y mató sus peces” (Reina Valera, 1960) . Como buenos ciudadanos debemos enfocarnos en cuidar el agua ya que es el elemento vital para la vida, y cuidar es la única manera de mantenerlo puro y apto para el consumo y poder gozar de ello de manera sostenible.

Como ambientalista responsable mi deber es cuidar y recuperar este recurso apostando por una buena calidad de agua, libre de contaminantes (Verdugo & Arélevelo, 2017). Por ende fue de mucho beneficio poder implementar procesos de tratamiento utilizando bioadsorbentes naturales de origen agrícola, evitando utilizar sustancias químicas que aparte de ser perjudiciales para la salud de las personas, son dañinos para el medio ambiente y para las diferentes formas de vida, fue útil y factible utilizar biomásas naturales que actuaron como bioadsorbentes en la remoción de metales pesados (mercurio).

La Biblia declara en génesis 1 y 2 que Dios creó el universo y todos los componentes, para que el hombre pueda gozar de ella de una manera sostenible. En Isaías 45:12 declara: “Yo hice la tierra, y creé sobre ella al hombre. Yo, mis manos, extendieron los cielos, y a todo su ejército mandé” (Reina Valera, 1960), por lo tanto en un principio hizo que el agua sea un recurso puro y que el hombre pueda administrarla desde ese entonces de una manera sostenible, ser el mayordomo y el agua un recurso renovable. Sólo así se puede cumplir con el plan de Dios, apostando por una buena calidad de agua y un ambiente sano, equilibrado y sostenible.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- ✓ Evaluar la remoción de mercurio a través de la bioadsorción con biomásas de vaina de frijol (*Phaseolus vulgaris*) y tara (*Caesalpinia spinosa*) en soluciones acuosas.

1.4.2. Objetivos específicos

- ✓ Obtener las biomásas de vaina de frijol (*Phaseolus vulgaris*) y tara (*Caesalpinia spinosa*) como material bioadsorbente.
- ✓ Determinar las condiciones del pH y de la cantidad de los bioadsorbentes óptimos.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación

La constante contaminación del agua por metales pesados, ha sido el centro de atención de muchos investigadores para realizar investigaciones basados en la remoción de metales pesados, entre ellos el mercurio, empleando diversos métodos no convencionales como la bioadsorción, donde utilizaron diferentes biomásas de origen agrícola, biológico que actuaron como bioadsorbentes naturales y resultaron ser altamente eficientes (Eróstegui, 2009). A continuación se dará a conocer cada uno de ellos:

2.1.1. Antecedentes internacionales

Cameselle & Sánchez (2016), realizaron la investigación “Biosorción de mercurio (Hg^{2+}) usando materiales sólidos residuales como adsorbentes”, el cual tuvo el objetivo “Determinar aquellos biomásas que logren mayor capacidad de adsorción de mercurio”. Para ello utilizaron varias biomásas de materiales sólidos residuales a diferentes concentraciones y condiciones de pH. Las biomásas que lograron mayor capacidad de adsorción fueron las algas *Ulva rigida* y *Cystoseira nodicaulis*, logrando adsorber 96.5% y 94.5% respectivamente en pH de 3 a 6, requiriendo entre 1 y 2 g de adsorbente.

Infante, De Arco, & Angulo (2014), desarrollaron la investigación “Remoción de plomo, mercurio y níquel utilizando la levadura de *Saccharomyces cerevisiae*”, el cual tuvo el objetivo “Retener plomo, mercurio y níquel en forma de iones disueltos en el agua”. La

metodología que emplearon fue preparar soluciones sintéticas de los tres metales y colocar en contacto con los microorganismos a diferentes condiciones de pH, temperatura, aireación y velocidad de agitación, donde lograron remover 86.4% en el metal plomo, seguido del mercurio 69.7% y níquel en un 47.8%; durante el proceso, el pH fue uno de los factores que tuvo mayor influencia en el metal mercurio, siendo óptimo pH 5.

Verdugo & Arélevelo (2017), realizaron la investigación “Bioadsorción de iones de plomo y cromo procedentes de aguas residuales utilizando la cáscara de la mandarina (*Citrus reticulata* var. *Clementina*)”, el cual tuvo el objetivo “Evaluar la capacidad de bioadsorción de metales pesados (Pb, Cr) presentes en aguas residuales”. La metodología que utilizó fue preparar soluciones acuosas con los metales a una concentración de 5 ppm, enseguida las soluciones estuvieron en contacto con la biomasa de cáscara de mandarina por un tiempo de agitación de 2 horas, pH variado y partículas de diferentes diámetros. Al finalizar el proceso se logró remover 71,9% para plomo y 54,4% para cromo, siendo el pH óptimo 4 y tamaño de la partícula menores a 0.3 mm.

Benavente, Sjoren, & Martinez (2007), desarrollaron la investigación “Remoción de mercurio de efluentes mineros por biosorción: un caso de estudio en la ciudad de La Libertad, Chontales, Nicaragua”, el cual tuvo el objetivo “Evaluar la remoción de iones de mercurio (II) de soluciones estándar y de aguas naturales usando quitosano como adsorbente”. La metodología que utilizaron fue preparar soluciones acuosas de mercurio asimismo tomar muestras de agua residual y tratarlas con el quitosano, para determinar la capacidad de adsorción utilizaron el modelo langmuir, donde se llegó alcanzar una remoción de 106 mg Hg/g quitosano, presentando menor remoción de mercurio en aguas naturales que en las soluciones acuosas en un pH de 4-10.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Villanueva (2006), desarrollo la investigación “Biosorción de Cobre (II) por biomasa pretratada de cáscara de *Citrus Sinensis* (naranja), *Citrus Limonium* (limón) y *Opuntia Ficus* (palmeta de nopal)”, el cual tuvo el objetivo “Evaluar la máxima capacidad de biosorción de iones de Cu (II) a partir de soluciones diluidas”. La metodología que empleó fue tratar las biomásas con cloruro de calcio para asegurar su capacidad de adsorción y aplicar el modelo de Langmuir y Freundlich para determinar la influencia del pH durante el proceso, los resultados mostraron una remoción de 36,1011 mg/g con la cáscara de limón, seguido de 47,0436 mg/g con la cáscara de naranja y 44,2567 mg/g con la palmeta de nopal en un pH óptimo de 5.5-5.0, siendo la especie con mayor capacidad de adsorción la cáscara de limón.

Lagos (2016), realizó la investigación “Bioadsorción de cromo con borra de café en efluentes de una industria curtiembre local”, el propósito de su investigación fue utilizar la borra de café como material bioadsorbente ya que a este material no se le rescata ningún beneficio como a muchos desechos presentes en la corteza terrestre. La metodología que empleó fue realizar pre tratamientos básicos a la biomasa y estudios de adsorción a distintos rangos de pH y tiempo de contacto, siendo óptimo a pH 5 y tres horas de agitación, logrando un coeficiente de adsorción, de $9,19 \pm 0,43$ mg/g, siendo la borra de café un material de desecho orgánico con alta capacidad de bioadsorción.

Reyes (2014), realizó la investigación que lleva por título “Adsorción de cobre, hierro y mercurio empleando *Chondracanthus chamissoi*”, el cual tuvo el objetivo “Determinar la adsorción de los tres metales empleando el cochayuyo”. La metodología que utilizó fue preparar soluciones acuosas de los tres metales a una concentración de 100, 300 y 500 mg/L y removerlas durante un tiempo de agitación de 2, 4 y 6 horas empleando diferentes gramos de alga, los resultados obtenidos mostraron que el factor más significativo durante el proceso

fue el tiempo de agitación, el cual corresponde a una cinética de primer orden, además los tres metales disueltos en el mismo volumen de solución se adsorbieron en mayor cantidad cuando el peso de la alga fue menor.

Por otra parte Trelles (2013), realizó la investigación “Biosorción de arsénico en medio acuoso empleando biomazas vegetales inertes”, el cual tuvo el objetivo “Identificar la viabilidad de biomazas inertes para la biosorción de arsénico en medio acuoso”. La metodología que empleó fue utilizar 8 tipos de biomazas e identificar algunos factores que influyen durante el proceso, los resultados que se lograron durante el estudio fue que todas las especies presentaron una capacidad de remoción, entre 23.1% y 78.9%, siendo el más sobresaliente el frijol con un 78.9% de remoción.

2.1.3. Antecedentes locales

León (2017), realizó la investigación “Bioadsorción de mercurio (II) en aguas residuales generados por el centro minero informal de Lunar de Oro, ubicado en el Distrito de Ananea con biomasa de waraqqo (*Echinópsis maximiliana*)”, el cual tuvo el objetivo “Determinar la bioadsorción de mercurio (II) de las aguas residuales”. La metodología que empleó fue obtener la biomasa de waraqqo, tomar muestra de la poza de sedimentación artesanal, aplicar 0,4 g de bioadsorbente en 150 ml de muestra con una concentración inicial de 17,125 mg/L de Hg (II), durante el proceso se logró determinar algunos factores óptimo como el pH que fue 12.0, tiempo de agitación de 120 min, logrando reducir a 0,288 mg/L de Hg (II), equivalente al 98,318 % de adsorción.

Quispe (2015), realizó la investigación “Electrocoagulación en la remoción de mercurio de las aguas residuales en el Centro Poblado la Rinconada-Puno”, el cual tuvo el objetivo “Evaluar la electrocoagulación para la remoción de mercurio utilizando electrodos de aluminio”. La metodología que utilizó fue tratar dos muestras de agua residual por

electrocoagulación, para ello se construyó una celda de material acrílico para tratar 1000 ml con una concentraciones iniciales de 0,596 mg/L y 0,522 mg/L de mercurio, lográndose remover 97,00% (0,018 mg/L) y 94,93% (0,026 mg/L) en 30 min.

Finalmente Mamani (2016), en su investigación “Bioadsorción de plomo (II) de las aguas del río Ayaviri, mediante el uso de salvado de cebada”, tuvo el objetivo “Determinar la capacidad de biosorción del salvado de cebada, para su uso como material adsorbente del catión plomo”. La metodología que utilizó fue activar el salvado de cebada con ácido clorhídrico a 0.1 N; y evaluar el efecto del pH durante el proceso, los resultados obtenidos mostraron que el efecto del pH óptimo fue de 5, en un tiempo de contacto de 60 minutos, temperatura promedio de 15 °C, además se logró remover 0.63, 0.71, 0.52, 0.58 y 0.50 mg/L de plomo de lo que presentaba en un inicio 1.34, 1.38, 1.26, 1.29 y 1.23 mg/L.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Metales pesados

“Los metales pesados son un grupo de elementos químicos que presentan una densidad relativamente alta y cierta toxicidad para los seres humanos” (Ruiz, 2012). Sus características más comunes son: persistencia, bioacumulación, biotransformación y alta toxicidad, estas hacen que se encuentre en el ambiente y ecosistemas por largos periodos, dificultando su degradación de forma rápida (Rodríguez, 2017).

Entre los metales más tóxicos tenemos al Hg, As, Cd (Londoño, Londoño, & Muñoz, 2016). La contaminación de los cuerpos hidrológicos por estos metales es afectado de diversas maneras, siendo una de las fuentes de origen natural, a partir de los minerales que por causa de la lluvia y erosión son arrastradas a los cuerpos de agua, sin embargo; la fuente que actualmente evidencia mayor contaminación es de origen antropogénico, sobresaliendo principalmente la actividad minera y las diferentes industrias (Rosas, 2005).

Según Realpe (2009), las principales fuentes de origen antropogénico que vienen causando mayor contaminación del medio ambiente y los cuerpos de agua con metales pesados son las siguientes actividades y/o industrias:

Tabla 1.

Principales orígenes antropogénicos de metales pesados.

Origen	Hg	Sb	As	Cd	Cu	Cr	Pb	Ni	Zn
Cemento y amiantos						x			
Chapados metálicos						x			
Curtidos de pieles					x	x			
Eléctrica y electrónica				x	x	x	x	x	x
Farmacéuticas			x		x	x			x
Fertilizantes	x		x	x	x	x	x	x	x
Fotografía				x	x	x	x		
Fundiciones			x	x	x	x	x	x	x
Galvanizados, electrochapados				x	x	x	x	x	x
Minería	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Motores de vehículos				x	x	x			x
Municiones y explosivos					x	x	x		
Papeleras y similares					x	x	x	x	x
Pesticidas	x		x		x	x	x		x
Pigmentos, tintes, tintas, pinturas		x		x	x	x	x	x	x
Plásticos		x		x		x			x
Químicos, petroquímica	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Textiles		x			x	x			x
Vitrocerámica				x			x	x	

Fuente: Realpe (2009).

2.2.2. Mercurio

“El mercurio es un metal pesado y su presencia en el ser humano resulta muy tóxica a partir de variables que dependen fundamentalmente de su forma de presentación en la naturaleza y su particular toxicocinética: absorción, metabolización y excreción” (Damin, 2007). A temperatura ambiente es un líquido blanco plateado y forma soluciones amalgamas con otros metales (platino, oro, uranio, cobre, plomo, sodio, y potasio), se encuentra como sulfuro, rojo cinabrio, en abundancia metal cinabrio negro y cloruro de mercurio en menos común (Londoño et al., 2016). Se considera un elemento químico de símbolo Hg, tiene un peso atómico de 200 y número atómico de 80, su punto de fusión es de 38.4°C - (37.46°F) a temperatura ambiente; ebulle a 357°C y 675.05°F a presión atmosférica (Vega, 2012).

2.2.2.1. Ciclo del mercurio

Es el flujo continuo de la atmosfera, tierra y agua con el mercurio, donde se evidencia el comportamiento de este elemento con el medio que le rodea y en cualquier punto de la tierra (Martínez, 2004). La cantidad de mercurio presente estará en función de: “el ciclo global natural, ciclo global perturbado por la actividad humana, fuentes regionales de mercurio, fuentes locales de mercurio” (Martínez, 2004). Cabe recalcar que es muy importante conocer la cantidad de mercurio presente en las diferentes reservas terrestres.

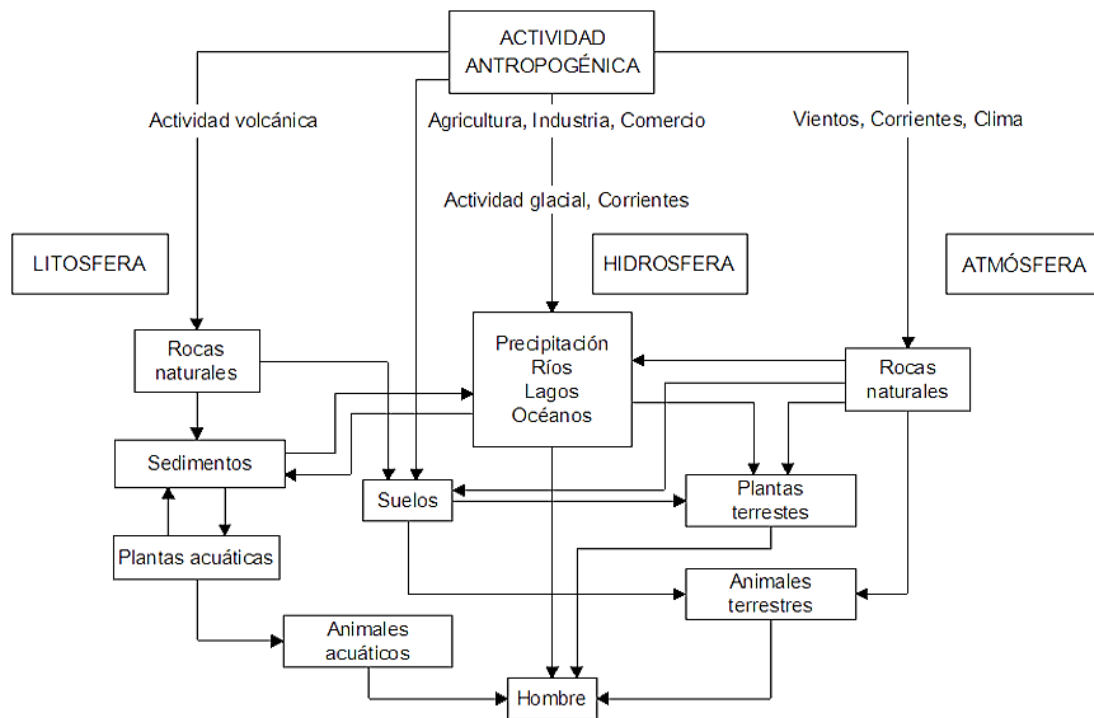


Figura 1. Ciclo del mercurio.
Fuente: Martínez (2004).

2.2.2.2. Contaminación por mercurio

“El mercurio es un contaminante mundial, que viene ocasionando efectos irreversibles sobre el medio ambiente (agua, suelo, aire) y la salud de las personas” (Weinberg, 2010). El uso indiscriminado e ineficiente del mercurio para amalgamar el oro además de la falta de tratamiento de vertidos provenientes de las diferentes industrias ocasiona que grandes cantidades de esta sustancia se pierda en forma de gas o líquida en el ambiente ocasionando contaminación al medio ambiente y los cuerpos de agua, etc. (Apaza, 2016).

2.2.2.3. Toxicidad del mercurio

Según Apaza (2016), este elemento es una poderosa neurotóxina, que afecta gravemente al sistema nervioso, los riñones e hígado además de provocar trastornos mentales, daños en el sistema motor, sistema reproductor, en el habla, la visión, el oído e incluso acabar

causando la muerte. Las personas propensas son las mujeres embarazadas y niños tal como se mencionará a continuación:

La exposición al mercurio presenta peligrosidad para las mujeres embarazadas y niños, esto debido a que el cerebro del niño durante sus primeros años de su vida está completamente en desarrollo, por ende está propenso a contraer las siguientes consecuencias: retraso mental, parálisis cerebral, sordera y ceguera, incluso puede causar déficit de atención y problemas de aprendizaje (Apaza, 2016).

2.2.3. Métodos no convencionales para el tratamiento de agua

A través del tiempo, muchos investigadores vienen implementando y estudiando diversos métodos no convencionales para el tratamiento y remoción de metales pesados (Caviedes, Muñoz, Perdomo, Rodríguez, & Sandoval, 2015), donde la gran parte de estos métodos resultaron ser altamente eficientes, viables debido a su bajo costo, facilidad de aplicar (Quesada, 2009). A continuación se describirá cada una de ellas:

2.2.3.1. Adsorción

Este método es utilizada para eliminar el resto de metales pesados que esté presente en el agua, para ello se tiene que realizar pruebas de laboratorio utilizando columnas de adsorción, simulando las condiciones del lugar y determinando algunos factores como el pH, velocidad de agitación, temperatura, asimismo determinar los parámetros del proceso, para así calcular la cantidad de adsorbente requerido para un cierto tratamiento (Hernandez, Sanz, & Mancebo, 2014).

2.2.3.2. Bioadsorción

La bioadsorción es el proceso fisicoquímico que permite la adsorción de iones metálicos, donde diversas biomasas contienen propiedades que ayudan a captar a los metales de

diferentes maneras (Tejada et al., 2015). Es considerado uno de los métodos mayormente utilizados para la remoción de metales pesados, donde se puede emplear biomasa de origen agrícola y biológico (vivo o muerto) como material bioadsorbente, como las algas, hongos, bacterias, cáscaras de frutas, desechos agrícolas, taninos y algunos tipos de biopolímeros, estos bioadsorbentes vienen siendo utilizados en la remoción de metales pesados como el mercurio, arsénico, plomo y otros debido a que presentan bajo costo, son fáciles de operar y se encuentran en abundancia en la corteza terrestre, además, su transformación a biosorbente no es un proceso de elevado costo (Tejada et al., 2015).

Por lo tanto, los diferentes biomasa y/o bioadsorbentes de la corteza terrestre deben ser estudiadas a detalle para ver su capacidad de bioadsorción y su viabilidad en el tratamiento de las aguas contaminadas con metales pesados (Caviedes et al., 2015). El proceso de bioadsorción resulta ser altamente eficiente, siempre en cuando la biomasa esté en contacto con el agua contaminada durante un cierto tiempo y a una velocidad de agitación constante, además debe existir una buena afinidad entre los grupos funcionales de la biomasa y el contaminante, sólo así se podrá lograr que el contaminante sea atraído por el bioadsorbente (Saloua, 2010).

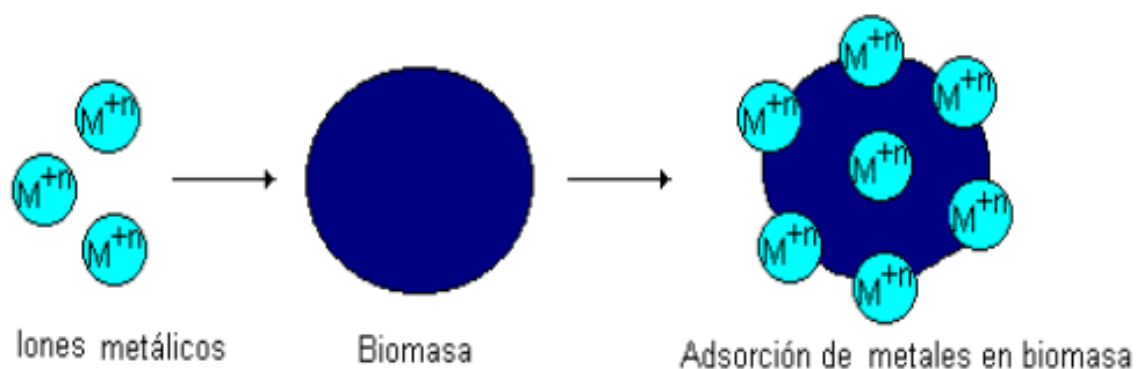


Figura 2. Bioadsorción de metales pesados.
Fuente: Tejada et al. (2015).

a) Ventajas de la bioadsorción

La bioadsorción presenta una serie de ventajas como: bajo costo, alta eficiencia, minimización de sustancias químicas y lodos biológicos, no se requiere nutrientes adicionales, regeneración de los bioadsorbentes, fácil de operar y posibilidad de recuperar el metal (Das, 2010).

2.2.4. Factores que pueden afectar el proceso de bioadsorción

Existen diversos factores que pueden afectar el funcionamiento adecuado del proceso de bioadsorción, para ello será de mucha importancia considerar el tipo y la naturaleza de la biomasa que se va emplear en el tratamiento, así mismo considerar el tratamiento físico o químico que se le puede dar al bioadsorbente para su respectivo uso, es muy importante considerar también, la cantidad de adsorbente a utilizar, concentración del sorbato, pH, temperatura, velocidad de agitación, etc., estos son los factores que juegan un rol muy importante durante el proceso de bioadsorción, para ello se debe realizar múltiples ensayos de laboratorio para así determinar condiciones óptimas de los factores (Areco, 2011).

Entre los factores comúnmente considerados durante el proceso de bioadsorción tenemos:

2.2.4.1. El pH

El pH presenta mayor influencia durante el proceso de bioadsorción de metales pesados (Izquierdo, 2010). La acidez influye significativamente, debido a que la carga de la biomasa siempre está en función del pH (Montes, 2014).

En la adsorción de cationes y aniones de los metales pesados, el valor del pH de la solución acuosa juega un rol muy importante, siendo el efecto distinto en ambas valencias, la adsorción de cationes suele ser eficiente en valores de pH superiores a 4.0, mientras la

adsorción de aniones en pH entre 1.5 y 4.0 (Garcéz & Coavas, 2012) y (Kuyucak & Volesky, 1989).

2.2.4.2. Temperatura

El factor temperatura tiene una influencia directa en la interacción entre el soluto y el bioadsorbente, a temperatura de rango limitada, el proceso de bioadsorción puede mantenerse constante (León, 2017). Sin embargo, el aumento de la temperatura pueda causar también un cambio brusco en la textura de la biomasa, disminuyendo así su capacidad de bioadsorción (Tejada et al., 2015).

2.2.4.3. Tiempo de agitación

El tiempo de agitación durante el proceso de bioadsorción suele ser constante para todos los tratamientos, mientras mayor sea el tiempo de agitación, la eficiencia de remoción es significativamente alta (León, 2017).

2.2.4.4. Tamaño del bioadsorbente

El tamaño del bioadsorbente presenta una influencia directa sobre el proceso de bioadsorción, al presentar un tamaño menor el bioadsorbente, existe mayor número de centros activos disponibles para que ocurra la reacción y exista una buena afinidad del bioadsorbente con el agente contaminante (Malkoc & Nuhoglu, 2006).

2.2.5. Residuos sólidos agrícolas como bioadsorbentes

Los residuos sólidos agrícolas como bioadsorbentes tienen la ventaja porque se producen en grandes cantidades, además estas son económicas y tienen la capacidad de adsorber contaminantes del agua debido a que presentan grupos químicos activos en su estructura (Anónimo, 2010). Los residuos agrícolas contienen hemicelulosa, lignina, lípidos, tanino,

azúcares, proteínas, agua, hidrocarburos, almidón, los cuales ayudan a que el adsorbente tenga mayor capacidad de adsorción y tenga variedad de grupos funcionales (Montes, 2014).

Para concretar con el enunciado anterior, en los últimos años se realizaron diversos estudios basados en la remoción de metales pesados, donde en la mayoría de ellos se utilizaron biomasa/bioadsorbentes de desecho agrícola, los cuales lograron ser altamente eficientes, logrando tener óptimo rendimiento y alta capacidad de adsorción (Otazo, Gordillo, Prieto, & Coronel, 2011). Estos estudios fueron mencionados anteriormente dentro de los antecedentes de la investigación.

2.2.6. Biomasa

León (2017), define a la biomasa al producto de la transformación de un material de origen vegetal o animal en partículas pequeñas los cuales pueden ser utilizadas como bioadsorbentes en el tratamiento de agua contaminada con metales pesados, estas pueden ser modificadas haciendo un pre tratamiento ya sea físico o químico para poder alcanzar una alta capacidad de bioadsorción.

2.2.6.1. Biomasa de la vaina de frijol como bioadsorbente natural

El frijol en vaina es una planta anual, herbácea intensamente cultivada desde la zona tropical hasta las templadas, es originario de América y se le conoce con diferentes nombres: poroto, haricot, caraota, judía, aluvia, habichuela y otros (Villanueva, 2006). La vaina de frijol contiene aproximadamente 39 % de carbohidrato y eso ayuda a que tenga activa sus grupos funcionales al momento de estar en contacto con el contaminante (Fernández & Sánchez, 2017).

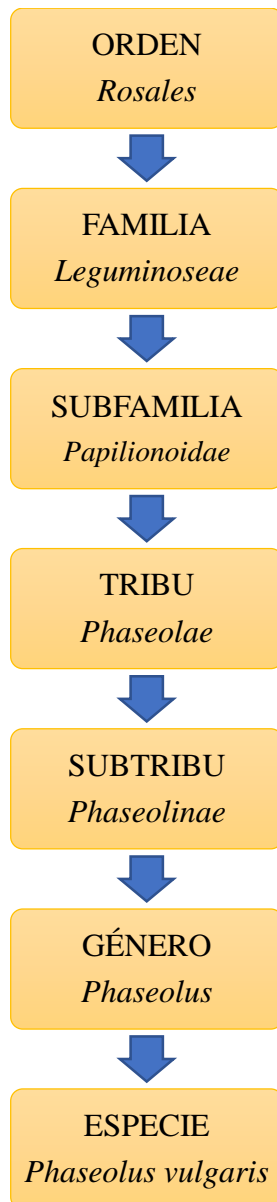


Figura 3. Clasificación taxonómica del frijol.
Fuente: Debouck & Hidalgo (2008).

2.2.6.2. Biomasa de la vaina de tara como bioadsorbente natural

“La tara es una vaina de color amarillo y naranja, el largo de esta es hasta 10 centímetros, y 2 centímetros de ancho aproximadamente, lo cual puede albergar hasta 7 semillas redondas con un diámetro de 5 a 7 milímetros” (Silva, 2016). “La vaina separada de la pepa se muele y es un extraordinario producto de exportación como materia prima para la obtención del

ácido tánico muy usado en las industrias peleteras de alta calidad, farmacéutica, química, de pinturas, entre otras” (De la Cruz, 2004).

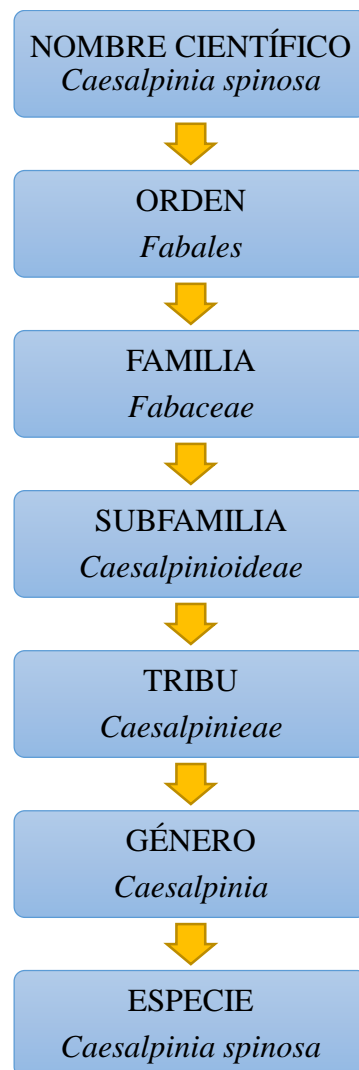


Figura 4. Clasificación taxonómica de la tara.
Fuente: De la Cruz (2004).

a) Aprovechamiento integral de la tara

“La tara es un producto que puede ser aprovechable en diferentes industrias, debido a que la vaina representa el 62% del peso de los frutos y es la que precisamente posee la mayor concentración de taninos que oscila entre 40% y 60%” (De la Cruz, 2004).

b) Taninos

“Los taninos son compuestos fenólicos que abundan en muchas plantas y frutos” (Yague, Gaviña, & Torner, 1969). Son polvos amorfos de color amarillento, poco denso, solubles en agua y alcohol, e insolubles en éter, benceno y cloroformo; cuando se calientan a 210° C sufren una alteración y producen dióxido de carbono y pirogalol, su composición química es variable y poseen una característica común, la de ser astringentes y coagular los alcaloides, albúminas y metales pesados (Yague, Gaviña, & Torner, 1969).

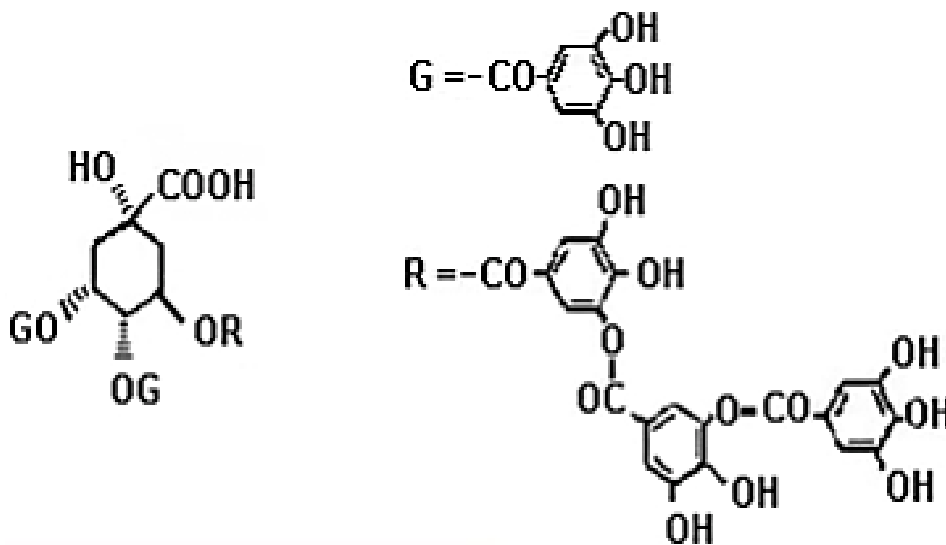


Figura 5. Tanino de la tara.
Fuente: Yague, Gaviña, & Torner (1969).

2.2.7. Soluciones acuosas

Según Brown (1997), las soluciones acuosas son consideradas una mezcla homogénea de dos o más sustancias. En las soluciones acuosas hay solvente y soluto, el solvente es el agua y el soluto es la sustancia que se encuentra disuelta en agua (Sherman, Sherman, & Russikoff, 1999). La concentración de las soluciones se expresa en función de la cantidad del soluto en una masa o volumen de solución o la cantidad de soluto disuelto en una masa o volumen de solvente (Garriz & Chanizo, 1994).

2.3. Marco normativo legal

- ✓ Constitución política del Perú -1993. En el Art. 2, menciona que toda persona tiene derecho a la vida, a su identidad, a su integridad moral, psíquica y física y a su libre desarrollo y bienestar.
- ✓ Ley General del Medio Ambiente. Ley 28611. En el Art. 1, dentro del principio de responsabilidad ambiental, menciona que toda persona tiene derecho de vivir en un ambiente sano, equilibrado afín de desarrollar una vida adecuada, fomentando el cuidado del medio ambiente y sus componentes.
- ✓ Decreto Legislativo N° 1083 MINAM. Publicado el 28 de junio de 2008. En el Art. 1, promueve el aprovechamiento eficiente y la conservación de los recursos hídricos con el propósito de lograr el manejo adecuado del sistema hídrico y asegurar su calidad fomentando la cultura del cuidado y uso sostenible del agua para asegurar la satisfacción de la población actual y futura.
- ✓ Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM del Ministerio del Ambiente. Modificación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. El ECA de agua está basado en valores de concentración de ciertos contaminantes en el cuerpo receptor. Según esta normativa en el anexo de la Subcategoría A: aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable se establecen los siguientes valores para: agua que puede ser potabilizada con desinfección con un valor de 0.001 mg/L de mercurio.
- ✓ Decreto Supremo N° 031-2010-SA del Ministerio de Salud. Publicado el 24 de setiembre del 2010. Aprueban Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. En el anexo 3: Límites máximos permisibles de parámetros químicos inorgánicos y orgánicos hace referencia para el mercurio una concentración de 0.001 mg Hg L⁻¹.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ámbito de estudio

La ejecución del presente trabajo se realizó en el laboratorio de saneamiento ambiental de la escuela profesional de Ingeniería Ambiental- UPeU – Juliaca, esto para la preparación de los bioadsorbentes y para las pruebas de bioadsorción. La preparación de las soluciones acuosas y el análisis del mercurio se realizaron en Bhios Laboratorios S.R.L-Arequipa.

3.2. Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación es de tipo experimental puro.

3.3. Variables de la investigación

Variable dependiente: Remoción de mercurio

Variables independientes: Biomásas de vaina de frijol (*Phaseolus Vulgaris*) y tara (*Caesalpinia Spinosa*).

3.4. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es ARREGLO FACTORIAL 2x2x2, con 08 tratamientos y 03 repeticiones por tratamiento, haciendo un total de 24 unidades experimentales; donde los factores en estudio son:

a= Biomasa

a1: Tara

a2: Frijol

b= pH

b1: 4

b2: 9

c= Cantidad del bioadsorbente

c1: 0.8

c2: 2.5

Tabla 2.

Combinaciones para la prueba de bioadsorción.

Tratamientos	Réplicas	Biomasa	pH	Cantidad del bioadsorbente (gr)
1	1	tara	4	0.8
	2	tara	4	0.8
	3	tara	4	0.8
2	1	tara	4	2.5
	2	tara	4	2.5
	3	tara	4	2.5
3	1	tara	9	0.8
	2	tara	9	0.8
	3	tara	9	0.8
4	1	tara	9	2.5
	2	tara	9	2.5
	3	tara	9	2.5
5	1	frijol	4	0.8
	2	frijol	4	0.8
	3	frijol	4	0.8
6	1	frijol	4	2.5
	2	frijol	4	2.5
	3	frijol	4	2.5
7	1	frijol	9	0.8
	2	frijol	9	0.8
	3	frijol	9	0.8
8	1	frijol	9	2.5
	2	frijol	9	2.5
	3	frijol	9	2.5

Fuente: Adaptado de León (2017).



3.5. Materiales, equipos y reactivos

3.5.1. Especies utilizadas como bioadsorbentes

Las especies utilizadas como bioadsorbentes fueron las vainas de frijol y tara, los cuales fueron adquiridos por la tesista de la ciudad de Cusco.

Tabla 3.

Especies vegetales utilizadas como bioadsorbentes

Nombre común	Nombre científico	Descripción	Imagen
Tara	<i>Caesalpinia spinosa</i>	Vainas de la tara	
Frijol	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Vaina del frijol	

Fuente: Adaptado de Trelles (2013).

3.5.2. Materiales

- ✓ Vasos de precipitación de 100 ml, 500 ml y 1,000 ml
- ✓ Matraces de Erlenmeyer de 250 ml y 500 ml
- ✓ Probeta de 300 ml
- ✓ Lunas de reloj
- ✓ Frascos de polietileno de 500 ml para la conservación de muestras y envío al laboratorio (Bhios Laboratorios S.R.L)
- ✓ Bagueta
- ✓ Cooler de tecnopor
- ✓ Embudos
- ✓ Pissetas
- ✓ Goteros para regular pH

- ✓ Papel filtro (filtro lento)
- ✓ Tamices de 250 μm , N° 60
- ✓ Lavador
- ✓ Frascos de vidrio para almacenar los bioadsorbentes
- ✓ Espátula
- ✓ Batan (Molino manual).
- ✓ Tablero, lapicero
- ✓ Equipos de protección personal (Barbijo 3M, guantes de látex, guardapolvo, cofia).

3.5.3. Equipos

Tabla 4.

Equipos de laboratorio

Nombre del Equipo	Marca	Modelo/Serie
Medidor de pH/°C	HANNA	HI 98129
Floculador de jarra	VELP	JLT6/353871
Estufa esterilizadora	BINDER	-
Balanza analítica	SARTORIUS	-
Refrigeradora	MABE	-
Termostato	VENUSAQUA	-
Espectrofotómetro	-	ICE 3300 / 3300C083300010
Generador de hidruros	-	VP 100 / C08VP063
Software de control solar versión	-	-

11

Fuente: Laboratorio de Saneamiento Ambiental UPeU-Juliaca (2018); Bhios Laboratorios S.R.L.-Arequipa (2018).

3.5.4. Reactivos

- ✓ Solución Standard de Mercurio y agua tipo I para preparar las soluciones acuosas (Utilizado por Bhios Laboratorios S.R.L.-Arequipa)

- ✓ Hidróxido de sodio a 0.1 N
- ✓ Ácido clorhídrico a 0.1 N
- ✓ Agua destilada
- ✓ Ácido muriático.

3.6. Procedimientos

3.6.1. Preparación de los bioadsorbentes

Para la preparación de los bioadsorbentes y asegurar su capacidad de adsorción se realizó un tratamiento físico de la siguiente manera:

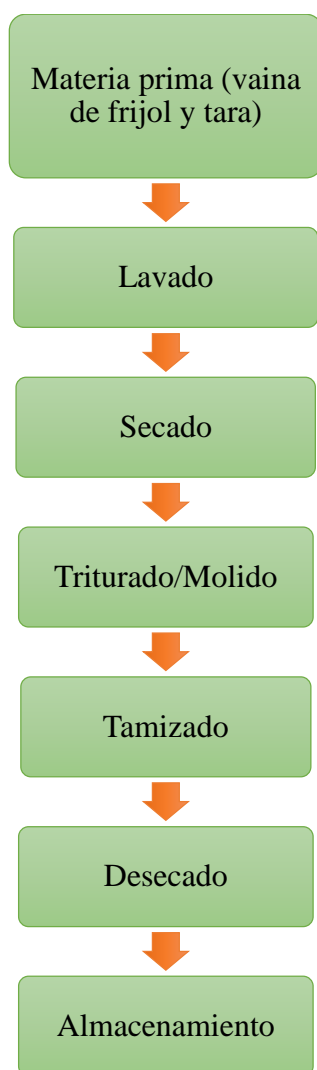


Figura 6. Flujograma de la preparación de los bioadsorbentes.
Fuente: Adaptado de Trelles (2013).

- ✓ Las vainas de frijol y tara fueron lavadas con agua destilada en su forma normal.
- ✓ Seguidamente estas fueron secadas durante 6 días a temperatura ambiente.
- ✓ En seguida fueron trituradas en seco utilizando un batan (molino manual).
- ✓ Luego fueron tamizadas en tamices de 250 μm .
- ✓ Después de tamizar y calcular la cantidad requerida, éstas fueron desecadas en la estufa esterilizadora a una temperatura de 105 °C por un tiempo de 40 min.
- ✓ Finalmente fueron almacenadas en frascos de vidrio para ser utilizados como bioadsorbentes en los ensayos de bioadsorción.

3.6.2. Preparación de la solución acuosa de Hg

La solución acuosa de Hg fue preparada en Bhios Laboratorios S.R.L-Arequipa a una concentración inicial de 1 mg/L = 1ppm. Ver anexo 2.

3.6.3. Ensayos de bioadsorción

Para el ensayo de bioadsorción, 300 ml de la solución acuosa de Hg preparada a una concentración inicial de 1 mg/l, fueron llevadas a vasos de precipitación de 500 ml, donde se ajustó el pH a 4.0 y 9.0 de acuerdo al diseño planteado, asimismo se controló la temperatura de la solución a 15 °C, seguidamente estas fueron llevadas al floculador de jarras para su tratamiento respectivo con los bioadsorbentes, añadiendo 0.8g y 2.5g respectivamente según el diseño planteado, agitando a una velocidad de 220 rpm, por un tiempo de contacto de 1 hora para todos los tratamientos. Finalizado el tiempo de contacto las muestras fueron reposadas durante 30 minutos para permitir la sedimentación de la fase sólida (bioadsorbente), seguidamente el volumen sobrenadante de cada vaso fue filtrado y muestra de ello fueron conservados en frascos de polietileno para ser enviados al laboratorio correctamente codificadas y registradas en la cadena de custodia proporcionado por el laboratorio.

3.6.4. Análisis de mercurio

Las muestras de la solución acuosa de Hg tratada con las biomásas, fueron enviadas a Bnios Laboratorios S.R.L para su respectivo análisis y utilizaron los siguientes métodos:

- ✓ APHA-AWWA-WEF.
- ✓ Método de espectrometría de absorción atómica a vapor frío. Ver anexo 5.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

En este capítulo se da a conocer los resultados obtenidos, a través de tablas, la interpretación de los mismos y la discusión basada en la revisión de la literatura y antecedentes considerados dentro de la investigación.

4.1. Resultados

En la tabla 5, se presenta los resultados de la concentración final de mercurio después del tratamiento con las biomasa de vaina de tara y frijol a través del proceso de bioadsorción.

Tabla 5.

Concentración final de Hg después del tratamiento

Tratamientos	Réplicas	Concentración inicial de Hg (mg/L)	Temperatura (°C)	Tiempo de agitación (h)	Velocidad de agitación (rpm)	Biomasa	pH	Cantidad de bioadsorbente (g)	Concentración final de Hg (mg/L)
1	1	1	15	1	220	tara	4.0	0.8	0.381
	2	1	15	1	220	tara	4.0	0.8	0.419
	3	1	15	1	220	tara	4.0	0.8	0.288
2	1	1	15	1	220	tara	4.0	2.5	0.202
	2	1	15	1	220	tara	4.0	2.5	0.209
	3	1	15	1	220	tara	4.0	2.5	0.215
3	1	1	15	1	220	tara	9.0	0.8	0.345
	2	1	15	1	220	tara	9.0	0.8	0.253
	3	1	15	1	220	tara	9.0	0.8	0.258
4	1	1	15	1	220	tara	9.0	2.5	0.220
	2	1	15	1	220	tara	9.0	2.5	0.226

	3	1	15	1	220	tara	9.0	2.5	0.218
	1	1	15	1	220	frijol	4.0	0.8	0.336
5	2	1	15	1	220	frijol	4.0	0.8	0.295
	3	1	15	1	220	frijol	4.0	0.8	0.364
	1	1	15	1	220	frijol	4.0	2.5	0.145
6	2	1	15	1	220	frijol	4.0	2.5	0.114
	3	1	15	1	220	frijol	4.0	2.5	0.153
	1	1	15	1	220	frijol	9.0	0.8	0.299
7	2	1	15	1	220	frijol	9.0	0.8	0.339
	3	1	15	1	220	frijol	9.0	0.8	0.339
	1	1	15	1	220	frijol	9.0	2.5	0.065
8	2	1	15	1	220	frijol	9.0	2.5	0.114
	3	1	15	1	220	frijol	9.0	2.5	0.127

Fuente: Elaboración propia.

4.1.1. Análisis de varianza (ANOVA)

Tabla 6.

Análisis de varianza

Factor	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Sig.
Biomasa	,012	1	,012	9,386	,007
pH	,004	1	,004	3,207	,092
Cantidad del bioadsorbente	,152	1	,152	115,468	,000
Biomasa * pH	,000	1	,000	,155	,699
Biomasa * Cantidad del bioadsorbente	,015	1	,015	11,418	,004
pH * Cantidad del bioadsorbente	,001	1	,001	1,051	,321
Biomasa * pH * Cantidad del bioadsorbente	,005	1	,005	4,065	,061
Error	,021	16	,001		
Total	1,673	24			
Total corregida	,211	23			

a. R cuadrado = .900 (R cuadrado corregida = .857)

Fuente: Datos arrojados por el software Minitab.

En la tabla 6, se presenta los resultados obtenidos del análisis de varianza, empleando el software Minitab. Este análisis se llevó a cabo para determinar la significancia estadística de cada efecto de los factores; de esta manera se obtienen los valores de los parámetros significativos en la remoción de Hg a través del proceso de bioadsorción.

Para la remoción de mercurio a través del proceso de bioadsorción con las biomásas de vaina de tara y frijol, se estableció un nivel de confianza del 99% (error máximo permisible 1%), por lo tanto se aceptaron como significativos aquellos factores que tienen el P-valor menor que 0.01. Los factores biomasa, cantidad del bioadsorbente y la interacción de la biomasa con la cantidad del bioadsorbente tienen el P-valor menor que 0.01, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 99.0%.

El P-valor del factor biomasa es menor a 0.01, se establece que el efecto de este factor influye concisamente en la variabilidad del rendimiento, dando a este factor, que define la capacidad de remoción de Hg. Por ende la remoción de Hg dependerá del tipo de biomasa a utilizar durante el proceso.

Otro factor que posee el P-valor menor que 0.01, es la cantidad del bioadsorbente. La relación de este factor es directamente proporcional; es decir, si se maneja una cantidad mayor de bioadsorbente, mayor es la remoción de Hg, por ende la eficiencia de la remoción del Hg dependerá de la cantidad del bioadsorbente que esté en contacto con la solución, es de esperar a mayor cantidad de bioadsorbente, mayor será el área de contacto con la solución que contiene los iones de mercurio, por tanto, la viabilidad de sitios activos de retención se incrementa.

Determinando también que la interacción entre la biomasa y la cantidad del bioadsorbente posee un P-valor de 0.004, concluimos que la interacción de estos dos factores influye en la

variabilidad del rendimiento, por ende la remoción de mercurio dependerá del tipo de biomasa a utilizar y la cantidad de la misma.

Finalmente el pH y la interacción con otros factores poseen un P-valor mayor que 0.01, esto quiere decir que no influyen en la viabilidad del rendimiento y no son estadísticamente significativos, como se demuestra en la tabla de ANOVA.

4.1.2. Verificación de los supuestos

A continuación se presenta la verificación de los supuestos de la normalidad en relación a cada factor, el cual se debe cumplir.

a) Supuestos biomasa

Tabla 7.

Prueba de normalidad, supuestos biomasa

		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Biomasa	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Remoción	Frijol	,236	12	,063	,844	12	,031
de Hg	Tara	,229	12	,083	,829	12	,020

a. Corrección de la significación de Lilliefors.

Fuente: Datos arrojados por el software Minitab.

Como se observa la tabla 7, mediante el modelo de Shapiro-Wilk, notamos que se cumple el supuesto de la normalidad con respecto a las biomásas utilizadas.

b) Supuestos pH

Tabla 8.

Prueba de normalidad, supuestos pH

	pH	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Remoción	4.00	,172	12	,200*	,947	12	,593
de Hg	9.00	,183	12	,200*	,922	12	,299

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors.

Fuente: Datos arrojados por el software Minitab.

Según la tabla 8, empleando el modelo de Shapiro-Wilk, se puede observar que existe una distribución normal con respecto a los pH (4.0, 9.0) utilizados en la remoción de Hg a través del proceso de bioadsorción.

c) Supuestos cantidad del bioadsorbente

Tabla 9.

Prueba de normalidad en relación a la cantidad del bioadsorbente

Cantidad Del bioadsorbente	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
Remoción	0.80	,161	12	,200*	,964	12	,839
n de Hg	2.50	,238	12	,058	,881	12	,090

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors.

Fuente: Datos arrojados por el software Minitab.

Según la tabla 9, se puede determinar que existe una distribución normal de los datos en relación a la cantidad del bioadsorbente (0.8 y 2.5) utilizado en la remoción de Hg.

4.1.3. Análisis de homogeneidad de varianza

Tabla 10.

Análisis de homogeneidad de varianza

Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas			
F	g1	g2	Sig.
3,616	7	16	,016

Fuente: Datos arrojados por el software Minitab.

Según la tabla 10, la homogeneidad de varianza es significativo, esto quiere decir que si hay homogeneidad de varianza de los datos.

4.1.4. Pruebas de rangos múltiples

Las pruebas realizadas sobre los rangos múltiples nos brinda la posibilidad de comparar las medias de los factores y de las interacciones de los mismos para así constituir si hay discrepancia entre los niveles de los factores e interacciones, en este análisis se operó el método de Tukey a una confianza de 99%.

Tabla 11.

Prueba de rango múltiple, factor biomasa

Biomasa	N	Media	Agrupación
Tara	12	0.269500	A
Frijol	12	0.224167	B

Fuente: Datos arrojados por el software Minitab.

Según la tabla 11, existe diferencia significativa entre los niveles del factor biomasa. La media de las biomosas es diferente, donde se puede determinar que la biomasa de frijol es diferente a la biomasa de tara, siendo el más eficiente la biomasa de frijol.

Tabla 12.

Prueba de rango múltiple, factor pH

pH	N	Media	Agrupación
4.0	12	0.260083	A
9.0	12	0.233583	A

Fuente: Datos arrojados por el software Minitab.

La diferencia entre el pH 4.0 y 9.0 es significativa, en ambos niveles de pH existe alta remoción de mercurio.

Tabla 13.

Prueba de rango múltiple, factor cantidad del bioadsorbente

Cantidad del bioadsorbente	N	Media	Agrupación
0.8	12	0.326333	A
2.5	12	0.167333	B

Fuente: Datos arrojados por el software Minitab.

Elaborando una comparación visual, según la tabla 13, los niveles del factor cantidad del bioadsorbente presentan diferencia significativa. La cantidad 2.5 g, presenta mayor remoción de Hg que la cantidad de 0.8 g. Es de esperar que a mayor cantidad del bioadsorbente mayor sea la remoción de Hg.

Tabla 14.

Prueba de rango múltiple, factor biomasa con interacción con el pH

Biomasa*pH	N	Media	Agrupación
Tara; 4.0	6	0.285667	A
Tara; 9.0	6	0.253333	A
Frijol; 4.0	6	0.234500	A
Frijol; 9.0	6	0.213833	A

Fuente: Datos arrojados por el software Minitab.

Según la tabla 14, las medias de la interacción del factor bioma y pH no presentan diferencia significativa, todas comparten letra (A) iguales, por ende se puede determinar que empleando cualquiera de las dos biomásas y en cualquier nivel de pH la remoción de mercurio va ser igual.

Tabla 15.

Prueba de rango múltiple, interacción del factor bioma con cantidad

Biomasa*Cantidad del bioadsorbente	N	Media	Agrupación
Frijol; 0.8	6	0.328667	A
Tara; 0.8	6	0.324000	A
Tara; 2.5	6	0.215000	B
Frijol; 2.5	6	0.119667	C

Fuente: Datos arrojados por el software Minitab.

Elaborando una comparación visual podemos observar que: las medias de la interacción del factor biomasa con la cantidad del bioadsorbente presenta diferencia significativa. La biomasa frijol con interacción con la cantidad de 2.5 g, presentan alta capacidad de remoción de mercurio, seguido de la biomasa de tara con una cantidad de 2.5 g, por otra parte, la biomasa de tara y frijol con interacción con la cantidad de 0.8 g presentan una remoción de mercurio mínima.

Tabla 16.

Prueba de rango múltiple, interacción del factor pH con cantidad

pH*Cantidad del bioadsorbente	N	Media	Agrupación
4.0; 0.8	6	0.347167	A
9.0; 0.8	6	0.305500	A
4.0; 2.5	6	0.173000	B
9.0; 2.5	6	0.161667	B

Fuente: Datos arrojados por el software Minitab.

Según la tabla 16, se puede observar que las medias de los niveles del factor pH con interacción con los niveles de la cantidad del bioadsorbente presentan diferencia significativa, por ejemplo: a pH 4.0; 9.0 y a una cantidad de 2.5 g de bioadsorbente la remoción de mercurio es mucho más eficiente que a pH 4.0; 9.0 y a una cantidad de 0.8 g de bioadsorbente.

Tabla 17.

Prueba de rango múltiple, interacción del factor biomasa, pH y cantidad

Biomasa*pH*Cantidad del bioadsorbente	N	Media	Agrupación		
Tara; 4.0; 0.8	3	0.362667	A		
Frijol; 4.0; 0.8	3	0.331667	A	B	
Frijol; 9.0; 0.8	3	0.325667	A	B	
Tara; 9.0; 0.8	3	0.285333	A	B	
Tata; 9.0; 2.5	3	0.221333		B	C
Tara; 4.0; 2.5	3	0.208667		B	C
Frijol; 4.0; 2.5	3	0.137333			C
Frijol; 9.0; 2.5	3	0.102000			C

Fuente: Datos arrojados por el software Minitab.

Finalmente según la tabla 17, elaborando una comparación visual podemos observar que: las medias de la interacción del factor biomasa, pH y cantidad del bioadsorbente presentan diferencia significativa, por ejemplo: la interacción de la biomasa de frijol y tara con pH 4.0; 9.0 y a una cantidad de bioadsorbente de 2.5 g presentan alta remoción de mercurio, siendo el más eficiente, la biomasa de frijol a pH 9.0 y cantidad de 2.5 g. Por otra parte, la biomasa frijol y tara a pH 4.0; 9.0 y a una cantidad de 0.8 g de bioadsorbente no presentan alta capacidad de remoción, sus medias son iguales.

4.1.5. Obtención de los bioadsorbentes

La obtención de las biomásas de vaina de frijol y tara como material bioadsorbente se realizó de manera correcta y mediante el tratamiento físico (pulverizado), que consto de los siguientes procesos: lavado, secado, molido, tamizado, desecado y almacenado, siendo la biomasa con mayor capacidad de bioadsorción, la biomasa de vaina de frijol. La biomasa de vaina de tara presenta también capacidad de adsorción pero menor que el de frijol.

4.1.6. Condiciones del pH y cantidad del bioadsorbente óptimo

Tabla 18.

Condiciones del pH y cantidad de bioadsorbente óptimo

Tratamientos	Biomasa	pH	Cantidad del bioadsorbente (g)	Réplica 1 (mg/L)	Réplica 2 (mg/L)	Réplica 3 (mg/L)	Promedio (mg/L)	Porcentaje de Remoción (%)
1	tara	4.0	0.8	0.381	0.419	0.288	0.363	64
2	tara	4.0	2.5	0.202	0.209	0.215	0.209	79
3	tara	9.0	0.8	0.345	0.253	0.258	0.285	71
4	tara	9.0	2.5	0.220	0.226	0.218	0.221	78
5	frijol	4.0	0.8	0.336	0.295	0.364	0.332	67
6	frijol	4.0	2.5	0.145	0.114	0.153	0.137	86
7	frijol	9.0	0.8	0.299	0.339	0.339	0.326	67
8	frijol	9.0	2.5	0.065	0.114	0.127	0.102	90

Fuente: Datos arrojados por el software Excel.

En la tabla 18, se observa las condiciones del pH y cantidad del bioadsorbente óptimo con las biomásas de vaina de frijol y tara, donde se puede determinar de la siguiente manera:

Para la biomasa de frijol: pH 9.0, cantidad del bioadsorbente 2.5 g.

Para la biomasa de tara: pH 4.0, cantidad del bioadsorbente 2.5 g.

4.2. Discusiones

Considerando algunas investigaciones mencionados dentro de los antecedentes, se discute el primer objetivo en siguientes términos:

Trelles (2013), en su investigación de bioadsorción de arsénico con biomásas inertes, utilizó 8 biomásas los cuales fueron obtenidos a partir de un tratamiento físico y coincidentemente la biomasa de vaina de frijol resultó ser eficiente como en la investigación actual. Por otra parte, Cameselle & Sánchez (2016), en su investigación de bioadsorción de mercurio (Hg^{2+}) utilizaron materiales sólidos residuales como adsorbentes, los cuales fueron obtenidos a partir de un tratamiento físico como en la investigación actual.

En el presente trabajo, el material bioadsorbente se ha obtenido a partir de la vaina de frijol y tara, empleando un tratamiento físico y como producto final las biomásas obtenidas resultaron ser eficientes en la remoción de iones de mercurio. Estas biomásas presentar capacidad de bioadsorción debido a que contienen alto porcentaje de tanino, carbohidratos y poseen una característica común, la de ser astringentes y coagular los alcaloides, albúminas y metales pesados tal como mencionan Yague, Gaviña, & Torner (1969).

En cuanto al segundo objetivo, las condiciones del pH óptimo fueron de 4.0 para la biomasa de tara y 9.0 para la biomasa de frijol en las condiciones siguientes: temperatura 15 °C, velocidad de agitación 220 rpm y tiempo de 1 hora, dicho resultado tiene valores similares citado por Mamani (2016) y Benavente, Sjoren, & Martinez (2007). Esto se debe a que el metal mercurio presenta cargas cationicas, donde Garcéz & Coavas (2012) y Kuyucak & Volesky (1989), mencionan que en la adsorción de cationes y aniones de los metales pesados, el valor del pH de la solución acuosa juega un rol muy importante, siendo

el efecto distinto en ambas valencias, la adsorción de cationes suele ser eficiente en valores de pH superiores a 4.0, mientras la adsorción de aniones en pH entre 1.5 y 4.0.

Por otra parte las condiciones de la cantidad del bioadsorbente óptimo para ambas biomazas fue de 2.5 g, dicho resultado tiene valor similar al valor citado por Cameselle & Sánchez (2016) en su investigación remoción de mercurio (Hg^{2+}) utilizando materiales sólidos residuales como adsorbentes naturales. Además Acosta, Barraza, & Albis (2017), mencionan que a mayor cantidad de bioadsorbente se presenta mayor porcentaje de remoción.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusión

En conclusión se ha evaluado la remoción de mercurio a través de la bioadsorción con biomasas de vaina de frijol (*Phaseolus vulgaris*) y tara (*Caesalpinia spinosa*) en soluciones acuosas de la siguiente manera:

- El P-valor de los factores biomasa, cantidad del bioadsorbente y la interacción de la biomasa con la cantidad del bioadsorbente es menor a 0.01, donde indica que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 99.0%. Por ende, se concluye que la influencia de la biomasa, y la cantidad del bioadsorbente es significativo durante el proceso de bioadsorción, se espera que a mayor cantidad de bioadsorbente tara y frijol, mayor remoción de mercurio.
- Se ha obtenido de manera correcta los bioadsorbentes de vaina de frijol y tara, para poder emplearlos en los ensayos de bioadsorción, a los cuales se le ha hecho un tratamiento físico para asegurar su capacidad de bioadsorción, que consto de los siguientes procesos: lavado, secado, molido, tamizado, desecado y almacenado, siendo el bioadsorbente con mayor capacidad de bioadsorción la biomasa de frijol.

Por otra parte se logró determinar las condiciones del pH y de la cantidad de bioadsorbente óptimo para ambas biomasas de la siguiente manera:

- Para la biomasa de tara, la cantidad del bioadsorbente óptimo fue de 2.5 g y pH 4.0, donde logró remover hasta 0.209 mg/L de mercurio equivalente al 79 %, a partir de una concentración inicial de 1 mg/L de Hg en las condiciones siguientes: temperatura de 15 °C, velocidad de agitación 220 rpm y tiempo de agitación de 1 hora.
- Para la biomasa de frijol, la cantidad del bioadsorbente óptimo fue de 2.5 g y pH 9.0, logrando remover hasta un máximo de 0.102 mg/L de mercurio equivalente al 90 %, a partir de una concentración inicial de 1 mg/L de Hg en las mismas condiciones que el de la biomasa de tara.

Finalmente se concluye que ambas biombras presentan alta capacidad de bioadsorción de mercurio, por ende; las dos pueden ser utilizadas en el tratamiento de aguas contaminadas con iones de mercurio en concentraciones menores.

5.2. Recomendaciones

- De acuerdo a los resultados obtenidos, se recomienda a otros investigadores que sigan en búsqueda de un procedimiento mucho más mejor al que se le ha aplicado para así lograr resultados mucho más óptimos con las biombras estudiadas.
- Se recomienda dar uso a residuos orgánicos de origen agrícola como la biomasa de la vaina de frijol, dándole uso como un bioadsorbente natural, que tranquilamente puede ser reemplazable a los bioadsorbentes químicos en el tratamiento de agua contaminada con iones de mercurio, aparte de ser económico, es renovable y se encuentra en gran cantidad en la corteza terrestre.
- Se recomienda para estudios posteriores trabajar con una cantidad de bioadsorbente mayor a 2.5 g, ya que dicha cantidad resultó ser óptimo con ambas biombras. En cuanto al pH se recomienda trabajar en pH de rango mayor a 4.0 hasta 9.0, condiciones donde se pronostica mejor efectividad.

REFERENCIAS

- Acosta, H. A., Barraza, C. A., & Albis, A. R. (2017). Adsorción de cromo (VI) utilizando cáscara de yuca (*Manihot esculenta*) como biosorbente : Estudio cinético Adsorption of chromium (VI) using cassava peel (*Manihot esculenta*) as biosorbent : A kinetic study. *Ingeniería y Desarrollo*, 35(1), 58–76. <https://doi.org/2145-9371>
- Anónimo. (2010). Utilización de materiales residuales agroindustriales y municipales como potenciales adsorbentes para el tratamiento de agua. *Elsevier*, 277–296.
- Apaza, H. R. (2016). *Determinación del Contenido de Mercurio en Agua y Sedimentos del Río Suches - Zona Bajp Paria Cojata - Puno*. Universidad Nacional del Altiplano. https://doi.org/10.1007/8904_2014_350
- Areco, M. del M. (2011). *Métodos alternativos para el tratamiento de la contaminación ambiental por metales pesados*. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. Retrieved from http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_4811_Areco.pdf
- Areco, M. M., & Dos Santos, M. (2008). Biosorción , una técnica sustentable para la remoción de metales pesados de efluentes contaminados. *Las Fronteras de La Física y Química Ambiental En Ibero América*, 123–127.
- Benavente, M., Sjoren, A., & Martinez, J. (2007). Remoción de mercurio de efluentes mineros por biosorción : un caso de estudio en la ciudad de La Libertad , Chontales , Nicaragua. *Nexo*, 20(02), 47–55. <https://doi.org/1818-6742>
- Bhatnagar, A., & Sillanpää, M. (2010). Utilization of agro-industrial and municipal waste materials as potential adsorbents for water treatment—A review. *Chemical Engineering*

Journal, 157(2–3), 277–296. <https://doi.org/10.1016/J.CEJ.2010.01.007>

Brown, L. B. (1997). *Química la Ciencia Central* (7a edición). México.

Cameselle, J., & Sánchez, C. (2016). Biosorción de mercurio (Hg^{2+}) usando materiales sólidos residuales como adsorbentes.

Castro, B. (2015). *Uso de la cáscara de banano (musa paradisiaca) maduro deshidratada (seca) como proceso de bioadsorción para la retención de metales pesados, plomo y cromo en aguas contaminadas*. Universidad de Huayaquil.

Caviedes, D. I., Muñoz, R. A., Perdomo, A., Rodríguez, D., & Sandoval, I. J. (2015). Tratamientos para la Remoción de Metales Pesados Comúnmente Presentes en Aguas Residuales Industriales. Una Revisión. *Revista Ingeniería y Región*, 13(1), 73–90. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5432290>

Damin, C. Declaración sobre la necesidad de eliminar el uso del mercurio en el cuidado de la salud (2007).

Das, N. (2010). Recovery of precious metals through biosorption. *A Review Hydrometallurgy*, 103(1–4), 180–189.

De la Cruz, P. (2004). Aprovechamiento Integral y Racional de la Tara *Caesalpinia spinosa* - *Caesalpinia tinctoria*. *Revista Del Instituto de Investigación FIGMMG*, 7(14), 64–73. <https://doi.org/1561-0888> (impreso) / 1628-8097 (electrónico)

Debouck, D., & Hidalgo, R. (2008). *Morfología de la palanta frijol*. México.

Eróstegui, C. P. (2009). Contaminación por metales pesados. *Revista Científica Ciencia Médica*, 12(1), 45–46.

- Fernández, A. F., & Sánchez, E. (2017). Estudio de las propiedades fisicoquímicas y calidad nutricional en distintas variedades de frijol consumidas en México. *Nova Scientia*, 9(1), 133–148.
- Garcéz, L. E., & Coavas, S. C. (2012). *Evaluación de la capacidad de adsorción en la cáscara de naranja (Citrus sinensis) Modificada con quitosano para la remoción de Cr (VI) en aguas residuales*. Universidad de Cartajena. Cartajena, Indias.
- Garriz, A., & Chanizo, J. . (1994). *Química* (Addisob We). México.
- Hernandez, T., Sanz, L., & Mancebo, J. A. (2014). Tratamiento de bajo coste para aguas contaminadas por actividades de minería. *Diseño y Tecnología Para El Desarrollo*, 131–146. <https://doi.org/2386-8546>
- Infante, C., De Arco, D., & Angulo, E. (2014). Removal of lead, mercury and nickel using the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Revista MVZ Córdoba*, 19(2), 4141–4149. Retrieved from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-02682014000200010
- Izquierdo, M. (2010). *Eliminación de metales pesados en aguas mediante bioadsorción. Evaluación de materiales y modelación del proceso*. Universidad de valencia. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10803/52130>
- Kuyucak, N., & Volesky, B. (1989). Accumulation of cobalt by marine alga. *Biotechnol Bioeng*, 33(7).
- Lagos, L. K. (2016). *Bioadsorción de cromo con borra de café en efluentes de una industria curtiembre local. Tesis de Licenciatura*. Pontificia Universidad Católica del Perú.

- León, D. (2017). *Bioadsorción de mercurio (II) en aguas residuales generados por el Centro minero informal de Lunar de Oro, ubicado en el distrito de Ananea con biomasa de Waraqqo (Echinópsis maximiliana)*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Londoño, L. F., Londoño, P. T., & Muñoz, F. G. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustria*, 14(2), 145–153. <https://doi.org/10.18684/BSAA>
- Malkoc, E., & Nuhoglu, Y. (2006). Removal of Ni(II) ions from aqueous solutions using waste of tea factory: Adsorption on a fixed-bed column. *Journal of Hazardous Materials*, 135(1–3), 328–336.
- Mamani, R. A. (2016). *Bioadsorción de Plomo (II) de las aguas del río Ayaviri, mediante el uso de salvado de cebada*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Martínez, X. G. (2004). *El mercurio como contaminante global*.
- Melendez, S. Y. (2016). *Evaluación del vastago de plátano como material adsorbente en la remoción de mercurio Hg²⁺ presente en soluciones acuosas*. Universidad Libre.
- MINAM. Programa presupuestal N° 0144: Conservación y uso sostenible de ecosistemas para la provisión de servicios ecosistémicos (2017). Retrieved from <http://www.minam.gob.pe/>
- Montes, A. (2010). Principales fuentes contaminantes de las aguas superficiales del río Moa. *Medio Ambiente y Desarrollo; Revista Electrónica de La Agencia de Medio Ambiente*, (18), 1–6. <https://doi.org/1683-8904>
- Montes, E. J. (2014). *Estudio de adsorción de ácido rojo 114 y básico azul 3 sobre tallo de*

girasol. Universidad Libre.

Otazo, E. M., Gordillo, A. J., Prieto, F., & Coronel, C. (2011). *Avances en impacto, tecnología y toxicología ambiental*. Mexico.

Peña, D. (2016). “ *Remoción de Cd por Musa cavendishii* , L . Universidad Autónoma del Estado de México.

Ponce, B., Hernandez, S. ., & Otazo, E. . (2018). Remoción de cadmio mediante adsorbentes cerámicos empacados en columnas de lecho fijo. *Agroproductividad*, 11(4), 124–128.

Quesada, I. (2009). *Métodos no convencionales para el tratamiento de aguas contaminadas con productos farmaceuticos*. Universidad de Toulouse.

Quispe, K. K. (2015). *Electrocoagulación en la remoción de mercurio de las aguas residuales en el centro poblado de la Rinconada - Puno*. Universidad Nacional del Altiplano.

Realpe, S. L. (2009). *Estudio de la contaminación del agua por productos fabricados a base de PVC usando espectroscopía de absorción atómica y quimiometría*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Reyes, I. A. (2014). *Adsorción de cobre, hierro y mercurio empleando Chondracanthus chamissoi*. Universidad Nacional de Trujillo.

Rodríguez, D. (2017). Intoxicación ocupacional por metales pesados. *MEDISAN*, 21(12), 3372–3385.

Rosas, H. (2005). Contaminación De Sedimentos Del Rio Anoia Por Metales Pesados (Barcelona - España). *Investigación y Desarrollo*, (5), 75–89.

- Ruiz, E. D. (2012). *Aprovechamiento de residuos vegetales para la eliminacion de cobre presente en medios acuosos mediante biosorción*. Universidad de Granada. <https://doi.org/9788490282946>
- Saloua, A. D. (2010). *Aprovechamiento de hueso de aceituna: biosorción de iones metálicos*. Universidad de Granada.
- Sherman, A., Sherman, S. J., & Russikoff, L. (1999). *Conceptos básicos de la química* (CECSA). México.
- Silva, L. J. (2016). *Estudio de pre factibilidad para una empresa dedicada a la exportacion de polvo de tara, goma de tar y la producción de una gama de productos naturales medicinales derivados de la tara*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Tejada, C., Villabona, Á., & Garcés, L. (2015). Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. *Tecno Lógicas*, 18(34), 109–123.
- Tesfaalem, H. (2002). *Remoción de metales pesados del agua por zeolitico quimicamente modificado mercurio como un caso particular*. Universidad Autónoma del Estado de México. Retrieved from <http://web.uqroo.mx/archivos/jlesparza/mesp112/Lectura3NGP.pdf>
- Trelles Jesús Antonio. (2013). *Biosorción de arsénico en medio acuoso empleando biomazas vegetales inertes*. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Vega, J. (2012). *nivel de contaminacion de metales pesados Pb, Cu, Hg, As y Fe en el río el toro, Distrito de Huamachuco de la Provincia de Sanchez Carrión durante año 2009-2010*. Universidad Nacional de Trujillo. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

- Verdugo, J. F., & Arélevelo, P. (2017). *Bioadsorción de iones de plomo y cromo procedentes de aguas residuales utilizando la cáscara de la mandarina (Citrus Reticuata Var. Clementina)*. Universidad Politécnica Salesiana. Retrieved from <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/14249>
- Villanueva, C. C. (2006). *Biosorción de Cobre (II) por biomasa pretratada de cáscara de Citrus Sinensis*. Universidad Nacional de San Marcos.
- Weinberg, J. (2010). *Introducción a la Contaminación por Mercurio para las ONG*. Ipen. Retrieved from http://ipen.org/sites/default/files/documents/ipen_mercury_booklet-es.pdf
- Yague, A., Gaviña, M., & Torner, J. (1969). *Los taninos vegetales* (España. Mi). Madrid.

ANEXOS

Anexo A. Panel fotográfico de la ejecución de tesis



Lavado de la vaina de tara con agua destilada.



Lavado de la vaina de frijol con agua destilada.



Secado de la vaina de tara a temperatura ambiente durante 6 días



Secado de la vaina de frijol a temperatura ambiente durante 6 días



Obtención de las biomásas de la vaina de tara y frijol, utilizando molino manual (Batán)



Tamizado de la biomasa de vaina de tara y frijol



Biomásas de vaina de frijol y tara tamizadas a 250 μ m.



Desecado de las biomásas a una temperatura de 105 $^{\circ}$ C durante 40 min.



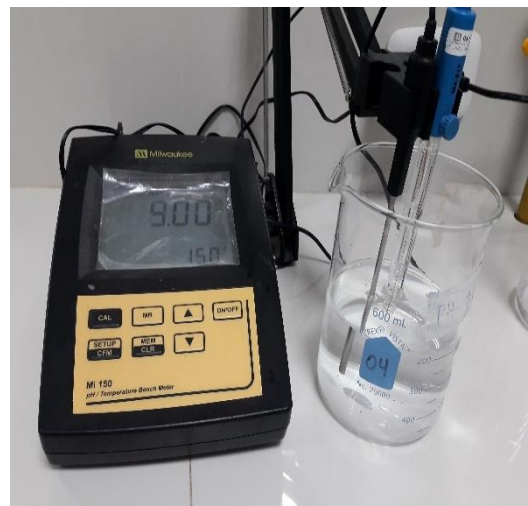
Solución acuosa a una concentración de 1 mg/L



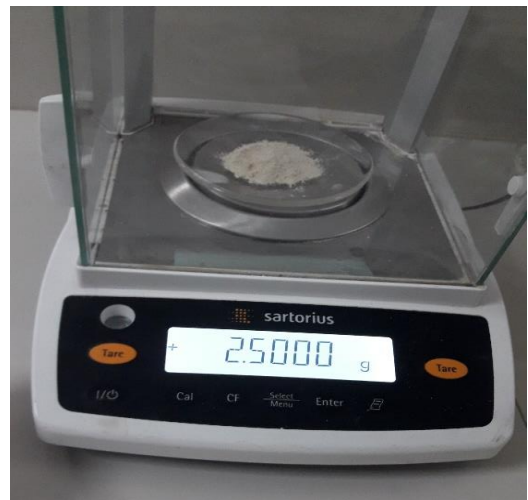
Regulando la temperatura con el termostato



Regulando el pH de la solución acuosa a pH 4.0 y 9.0



pH 4.0 y 9.0. Temperatura de 15 °C

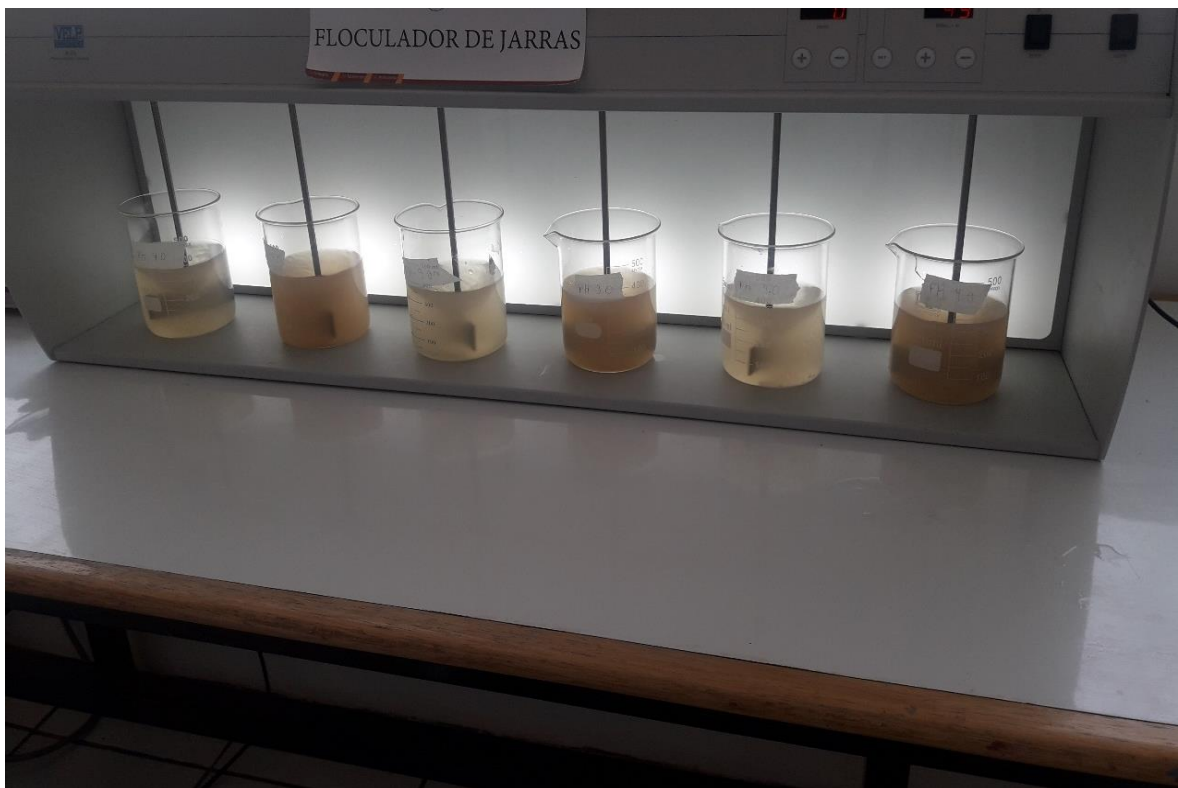




Pesado de las biomásas de frijol y tara



Preparando el floculador de jarras para empezar con la prueba de bioadsorción con la biomasa de tara.



Prueba de bioadsorción con la biomasa de tara a 220 rpm por 1 hora.



Sedimentación de la solución tratada con la biomasa de tara durante 30 min.



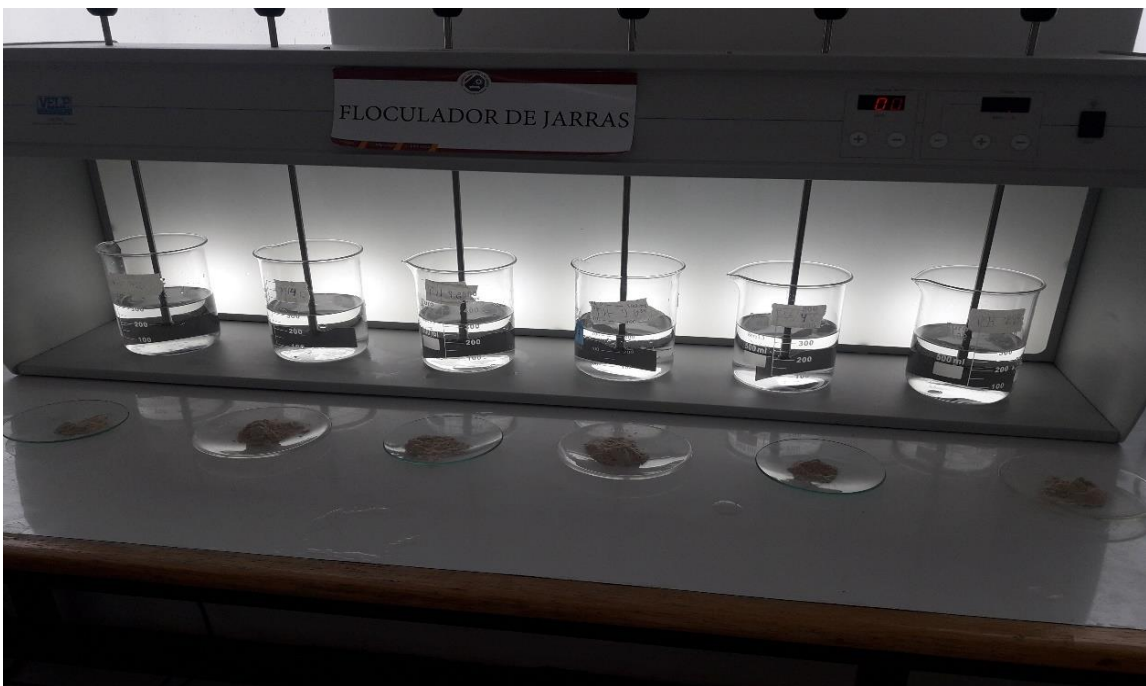
Filtración de la solución tratada con la biomasa de tara.

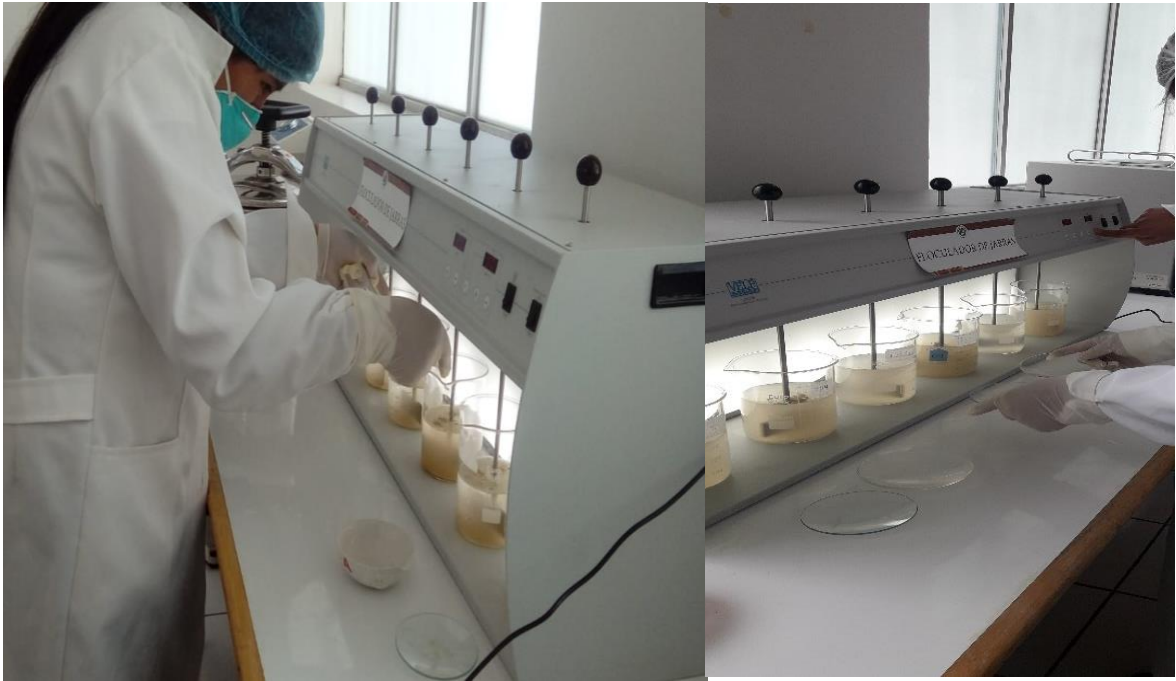


Filtración de la solución y acondicionamiento del mismo.

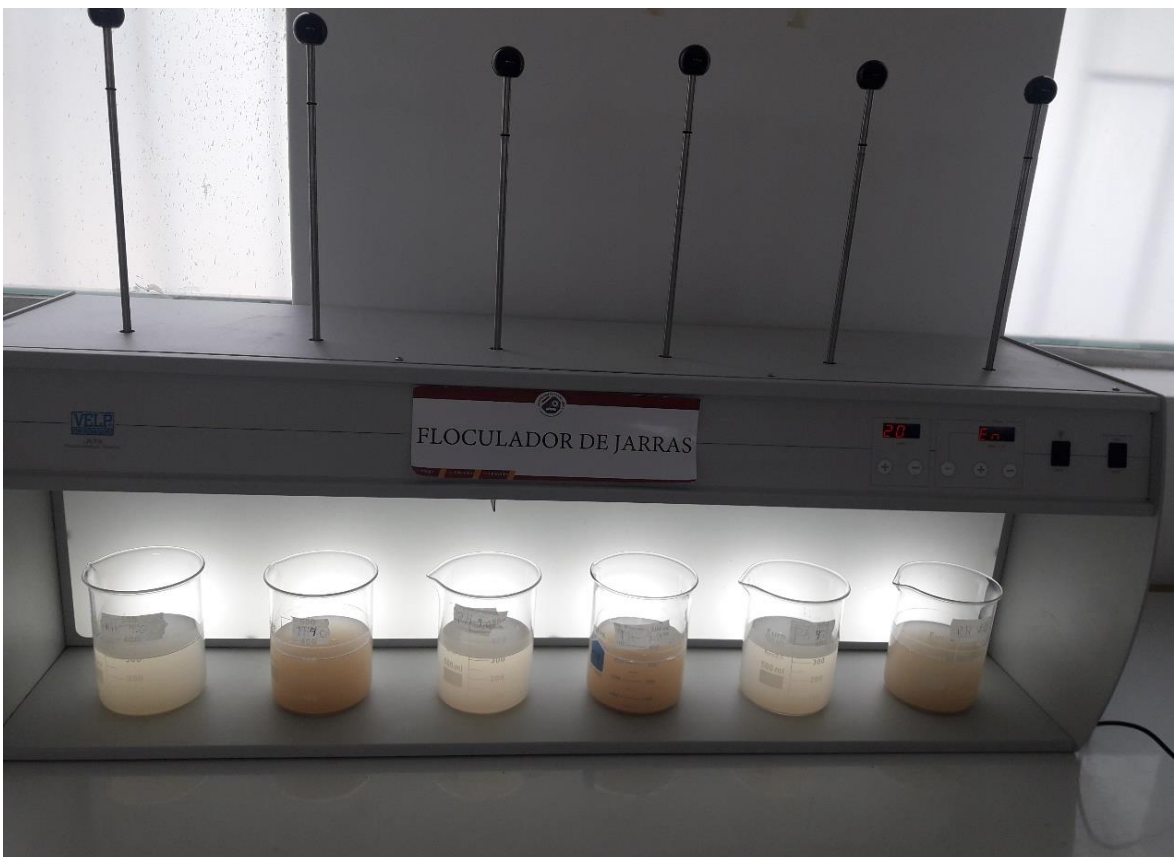


Preparando el floculador de jarras para empezar con la prueba de bioadsorción con la biomasa de frijol.





Prueba de bioadsorción con la biomasa de frijol a 220 rpm por 1 hora.



Sedimentación de la solución tratada con biomasa de frijol durante 30 min.



Filtración de la solución y acondicionamiento del mismo.



Envío de las soluciones tratadas con biomasa de vaina de tara y frijol a BHIOS Laboratorios S.R.L. - Arequipa para su respectivo análisis.

Anexo B. Preparación de la solución acuosa de Hg



Av. Quiñones B-6 (2do Piso) - Urb. Magisterial II - Yanahuara - Arequipa - Arequipa
Tel/Fax: ++51 (0)54 273320 y 274515 RPC: 983768883 RPM: #954068110
e-mail: operaciones@bhioslabs.com www.bhioslabs.com / www.bhioslabs.net

...calidad a su servicio

PREPARACION DE SOLUCIONES ESTANDAR

Solicitante: Virginia Merma Aviles

1.- Solucion Estándar de Mercurio 1mg/L

Medir una alícuota de 8 ml de la solución patrón certificada de 1000 mg/L de Mercurio, con una pipeta volumétrica calibrada, colocando el volumen en un matraz aforado o fiola calibrada de 1000ml, que contiene aproximadamente 250 ml de agua ultrapura (Tipo I), acidificar con ácido nítrico concentrado, completar con agua, enrasar y agitar para homogenizar. Trasvasar el contenido de la fiola a un bidón de plástico, completar con agua ultrapura hasta 8L y homogenizar aproximadamente 20 minutos.

Anexo C. Cadena de custodia para envío de muestra al laboratorio



REGISTRO DE ENVIO DE MUESTRAS DEL CLIENTE

Estimado cliente: Agradecemos complete los datos solicitados.

Cliente/ Razón Social	Virginia Merma Aviles		RUC:	DNI: 71127262
Dirección	AV. Granvaluación Oeste No 1179 - Juliaca			
Nombre del muestreador	Virginia Merma Aviles			
Cotización de referencia				

Muestreo	NOMBRE DE LA MUESTRA (Identifique la muestra de acuerdo a como desea que aparezca en el Informe de Ensayos)	CODIFICACIÓN (opcional)	MATRIZ (Identifique la matriz según el cuadro "M" Nota: Solo para agua)	PROCEDENCIA (Coordenadas, Departamento, Provincia, Distrito, etc) (Opcional)	FECHA DEL MUESTREO	HORA DEL MUESTREO	Determinaciones solicitadas										Total de envases por muestra (Unj)	Cantidad Total (ml/o g por Muestra)
							Cotización N°											
01	Solución acuosa de mercurio tratada con biomasa de vaina de Tara.	M01 - TARA PH = 4.0 C = 0.8g		03733844-8284506 19L Puno - San Román - Juliaca	23/10/18												01	200 ml
02	Solución acuosa de mercurio tratada con biomasa de Vaina de Tara.	M02 - TARA PH = 4.0 C = 2.5g		03733844-8284506 19L Puno - San Román - Juliaca	11												01	200 ml
03	Solución acuosa de mercurio tratada con biomasa de Vaina de Tara.	M03 - TARA PH = 9.0 C = 0.8g		03733844-8284506 19L Puno - San Román - Juliaca	11												01	200 ml
04	Solución acuosa de mercurio tratada con biomasa de Vaina de Tara.	M04 - TARA PH = 9.0 C = 2.5g		03733844-8284506 19L Puno - San Román - Juliaca	11												01	200 ml
05	Solución acuosa de mercurio tratada con biomasa de Vaina de Tara.	M05 - TARA PH = 4.0 C = 0.8g		03733844-8284506 19L Puno - San Román - Juliaca	11												01	200 ml

NOTAS IMPORTANTES:

- En cada fila ingresar una muestra (frasco y conjunto de frascos tomados en un mismo punto)
- Condiciones de envío (Para Aguas): En contenedor isotérmico con isopacks o gelpacks que proporcione una temperatura de 4±2°C durante todo el transporte

**Matrices de agua (Indique las matrices correspondientes en el cuadro de detalle de muestras)	Natural	Para Uso y Consumo Humano	Residual	De Proceso	Salina
	ASM: Subterránea de Manantial AST: Subterránea Terrenal ASR: Superficial de Río ASL: Superficial Lago/Laguna ASD: Deposición Atmosférica	ACB: Bebida - Potable ACB: Bebida - Mesa ACB: Bebida - Envasada ACP: Placina ACL: Laguna Artificial	ARD: Doméstica ARI: Industrial ARM: Municipal	APR: Inyección y reinyección APC: Circulación y enfriamiento APA: Alimentación p/ calderas APCL: Calderas	APL: Lixiviación APP: Purificada - destilada APP: Purificada - osmótica

Firma del Muestreador	Observaciones:	Fecha y Hora de Envío de Muestras	24/10/18
		Via Utilizada	Terrestre
		Posibles Sustancias Interferentes	

Para ser llenado en el momento de llegada de muestra (s) al Laboratorio

RECIBIDO POR:	Fecha:	Hora:	Temperatura Recepción (°C)
OBSERVACIONES:			



REGISTRO DE ENVIO DE MUESTRAS DEL CLIENTE

Estimado cliente: Agradecemos complete los datos solicitados.

Cliente/ Razón Social	Virginia Merma Aviles		RUC:	DNS : 77127262
Dirección	Av. Caravallación Oeste No 1179 - Juliaca			
Nombre del muestreador	Virginia Merma Aviles			
Cotización de referencia				

Número	NOMBRE DE LA MUESTRA (Identifique la muestra de acuerdo a como desea que aparezca en el Informe de Ensayos)	CODIFICACIÓN (opcional)	MATRIZ (Identifique la Matriz según el cuadro **) Nota: Solo para agua	PROCEDENCIA (Coordenadas, Departamento, Provincia, Distrito, etc) (Opcional)	FECHA DEL MUESTREO	HORA DEL MUESTREO	Determinaciones solicitadas										Total de envases por muestra (Urv)	Cantidad Total (ml) o g por Muestra
							Cotización N°											
06	Solución acuosa de mercurio tratada con biomasa de Vaina de tara	M06 - TARA PH = 4.0 C = 2.5g		03733844 - 8284506 19L Puno - San Román - Juliaca	23/10/18												01	200 ml
07	Solución acuosa de mercurio tratada con biomasa de Vaina de tara	M07 - TARA PH = 9.0 C = 0.8g		03733844 - 8284506 19L Puno - San Román - Juliaca	"												01	200 ml
08	Solución acuosa de mercurio tratada con biomasa de Vaina de tara	M08 - TARA PH = 9.0 C = 2.5g		03733844 - 8284506 19L Puno - San Román - Juliaca	"												01	200 ml
09	Solución acuosa de mercurio tratada con biomasa de Vaina de tara	M09 - TARA PH = 4.0 C = 0.8g		03733844 - 8284506 19L Puno - San Román - Juliaca	"												01	200 ml
10	Solución acuosa de mercurio tratada con biomasa de Vaina de tara	M10 - TARA PH = 4.0 C = 2.5g		03733844 - 8284506 19L Puno - San Román - Juliaca	"												01	200 ml

NOTAS IMPORTANTES:

- Encadafile ingresar una muestra (frasco y conjunto de frascos tomados en un mismo punto)
- Condiciones de envío (Barr Aguas) : En contenedor isotérmico con icepacks o gelpacks que proporcione una temperatura de 4±2°C durante todo el transporte

**Matrices de agua (Indique las matrices correspondientes en el cuadro de detalle de muestras)	Natural ASM: Subterránea de Manantial AST: Subterránea Terminal ASR: Superficial de Río ASL: Superficial Lago/Laguna ASD: Deposición Atmosférica	Para Uso y Consumo Humano ACB: Bebida - Potable ACC: Bebida - Mesa ACE: Bebida - Envasada ACP: Piedra ACL: Laguna Artificial	Residual ARD: Doméstica ARJ: Industrial ARM: Municipal	De Proceso APR: Inyección y reinyección APC: Circulación y enfriamiento APA: Alimentación p/ calderas APCL: Calderas	APL: Lixiviación APP: Purificada - destilada APP: Purificada - osmotizada	Salina AMAR: Mar ASSB: Salobre ASSL: Salmuera ASIR: Inyección y Reinyección
----------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------

Observaciones:	Fecha y Hora de Envío de Muestras: 24/10/18
Firma del Muestreador:	Via Utilizada: Terrestre
	Posibles Sustancias Interferentes:

RECIBIDO POR:	Fecha:	Hora:	Temperatura Recepción (°C)
OBSERVACIONES			

REGISTRO DE ENVIO DE MUESTRAS DEL CLIENTE

Estimado cliente: Agradecemos complete los datos solicitados.

Cliente / Razón Social	Virginia Merma Aviles	
Dirección	Av: Circunvalación Oeste No 1179 - Juliaca	RUC: 003: 71127262
Nombre del muestreador	Virginia Merma Aviles	
Cotización de referencia		

Numeración	NOMBRE DE LA MUESTRA (Identifique la muestra de acuerdo a como posee que aparece en el Informe de Ensayos)	CODIFICACIÓN (opcional)	MATRIZ (Identifique la Matriz según el cuadro **) <small>Nota: Solo para agua</small>	PROCEDENCIA (Coordenadas, Departamento, Provincia, Distrito, etc) (Opcional)	FECHA DEL MUESTREO	HORA DEL MUESTREO	Determinaciones solicitadas										Total de envases por muestra (Unid)	Cantidad Total (ml/c g por Muestra)
							Cotización N°											
01 11	Solución acuosa de mercurio tratada con biomasa de vaina de tara	M11 - TARA PH = 9.0 C = 0.8 g		03733844-8284506 19 L Puno - San Román - Juliaca	23/10/18												01	200 ml
02 12	Solución acuosa de mercurio tratada con biomasa de vaina de tara	M12 - TARA PH = 9.0 C = 2.5 g		03733844-8284506 19 L Puno - San Román - Juliaca	"												01	200 ml
03																		
04																		
05																		

NOTAS IMPORTANTES:

- En cada fila ingresar una muestra (frasco y conjunto de frascos tomados en un mismo punto)
- Condiciones de envío (**Para Aguas**): En contenedor isotérmico con los packs o gelpacks que proporcione una temperatura de 4±2°C durante todo el transporte

** Matrices de agua (Indique las matrices correspondientes en el cuadro de detalle de muestras)	Natural ASM: Subterránea de Manantial AST: Subterránea Terminal ASR: Superficial de Río ASL: Superficial Lago/Laguna ASD: Deposición Atmosférica	Para Uso y Consumo Humano ACB: Bebida - Potable ACB: Bebida - Mesa ACB: Bebida - Envasada ACP: Piedad ACL: Laguna Artificial	Residual ARD: Doméstica ARI: Industrial ARM: Municipal	De Proceso APR: Inyección y reinyección APC: Circulación y enfriamiento APA: Alimentación p/ calderas APRCL: Calderas	Salina AMAR: Mar ASSB: Salobre ASSL: Salmuera ASIR: Inyección y Reinyección
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------

Observaciones:	Fecha y Hora de Envío de Muestras: 24/10/18	Via Utilizada: Terrestre
Firma del Muestreador:	Posibles Sustancias Interferentes:	

Para ser llenado al momento de la llegada de muestra (s) al Laboratorio

RECIBIDO POR:	Fecha:	Hora:	Temperatura Recepción (°C):
OBSERVACIONES:			

REGISTRO DE ENVIO DE MUESTRAS DEL CLIENTE

Estimado cliente: Agradecemos complete los datos solicitados.

Cliente / Razón Social	Virginia Mesma Aviles	RUC:	DNI: 7127262
Dirección	AV. Circunvalación Oeste No 1179 - Juliaca		
Nombre del muestreador	Virginia Mesma Aviles		
Cotización de referencia			

Numeración	NOMBRE DE LA MUESTRA (Identifique la muestra de acuerdo a como desea que aparezca en el Informe de Ensayos)	CODIFICACIÓN (opcional)	MATRIZ (Identifique la Matriz según el cuadro **) Nota: Solo para agua	PROCEDENCIA (Coordenadas, Departamento, Provincia, Distrito, etc) (Opcional)	FECHA DEL MUESTREO	HORA DEL MUESTREO	Determinaciones solicitadas										Total de envases por muestra (Unid)	Cantidad Total (mL o g por Muestra)
							Cotización N°											
01	Solución acuosa de mercurio tratada con biomasa de vaina de frijol	M01 - FRIJOL PH = 4.0 C = 0.8g		03733844 - 8284506 19L Puno - San Román - Juliaca	23/10/18												01	200 ml
02	Solución acuosa de mercurio tratada con biomasa de vaina de frijol	M02 - FRIJOL PH = 4.0 C = 2.5g		03733844 - 8284506 19L Puno - San Román - Juliaca	"												01	200 ml
03	Solución acuosa de mercurio tratada con biomasa de vaina de frijol	M03 - FRIJOL PH = 9.0 C = 0.8g		03733844 - 8284506 19L Puno - San Román - Juliaca	"												01	200 ml
04	Solución acuosa de mercurio tratada con biomasa de vaina de frijol	M04 - FRIJOL PH = 9.0 C = 2.5g		03733844 - 8284506 19L Puno - San Román - Juliaca	"												01	200 ml
05	Solución acuosa de mercurio tratada con biomasa de vaina de frijol	M05 - FRIJOL PH = 4.0 C = 0.8g		03733844 - 8284506 19L Puno - San Román - Juliaca	"												01	200 ml

NOTAS IMPORTANTES:

- En cada fila ingresar una muestra (frasco y conjunto de frascos tomados en un mismo punto)
- Condiciones de envío (**Para Aguas**): En contenedor isotérmico con isopacks o gelpacks que proporcione una temperatura de 4±2°C durante todo el transporte

**Matrices de agua (Indique las correspondientes en el cuadro de detalle de muestras)	Natural ASM: Subterránea de Manantial AST: Subterránea Termal ASR: Superficial de Río ASL: Superficial Lago/Laguna ASD: Deposition Atmosférica	Para Uso y Consumo Humano ACB: Bebida - Polable ACB: Bebida - Mesa ACB: Bebida - Envasada ACP: Pluma ACL: Laguna Artificial	Residual ARD: Doméstica ARI: Industrial ARM: Municipal	De Proceso ABR: Inyección y reinyección APC: Circulación y enfriamiento ARA: Alimentación p/ calderas APCL: Calderas	APL: Lixiviación APP: Purificada - destilada APP: Purificada - osmotizada	Salina AMAR: Mar ASSB: Salobre ASSL: Salmuera ASIR: Inyección y Reinyección
-------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------

Observaciones:	Fecha y Hora de Envío de Muestras: 24/10/18
Firma del Muestreador:	Vía Utilizada: Ferrestre
	Posibles Sustancias Interferentes:

Para ser llenado en la llegada de muestra (s) al Laboratorio

RECIBIDO POR:	Fecha:	Hora:	Temperatura Recepción (°C):
OBSERVACIONES:			

REGISTRO DE ENVIO DE MUESTRAS DEL CLIENTE

Estimado cliente: Agradecemos complete los datos solicitados.

Cliente / Razón Social	Virginia Merma Aviles		RUC:	DNI: 71127262
Dirección	Av. Granvialación Oeste, No 1179 - Juliaca			
Nombre del muestreador	Virginia Merma Aviles			
Cotización de referencia				

Numeración	NOMBRE DE LA MUESTRA (Identifique la muestra, si acuerdo a como desea que aparezca en el Informe de Ensayos)	CODIFICACIÓN (opcional)	MATRIZ (Identifique la Matriz según el cuadro "M") Nota: Solo para agua	PROCEDENCIA (Coordenadas, Departamento, Provincia, Distrito, etc) (Opcional)	FECHA DEL MUESTREO	HORA DEL MUESTREO	Determinaciones solicitadas										Total de envases por muestra (Unid)	Cantidad Total (ml/o g por Muestra)	
							Cotización N°												
06	Solución acuosa de mercurio tratada con biomasa de vaina de frijol	M06 - FRIJOL PH = 4.0 C = 2.5g		03733844 - 8284506 19L Puno - San Román - Juliaca	23/10/18													01	200 ml
07	Solución acuosa de mercurio tratada con biomasa de vaina de frijol	M07 - FRIJOL PH = 9.0 C = 0.8g		03733844 - 8284506 19L Puno - San Román - Juliaca	"													01	200 ml
08	Solución acuosa de mercurio tratada con biomasa de vaina de frijol	M08 - FRIJOL PH = 9.0 C = 2.5g		03733844 - 8284506 19L Puno - San Román - Juliaca	"													01	200 ml
09	Solución acuosa de mercurio tratada con biomasa de vaina de frijol	M09 - FRIJOL PH = 4.0 C = 0.8g		03733844 - 8284506 19L Puno - San Román - Juliaca	"													01	200 ml
10	Solución acuosa de mercurio tratada con biomasa de vaina de frijol	M10 - FRIJOL PH = 4.0 C = 2.5g		03733844 - 8284506 19L Puno - San Román - Juliaca	"													01	200 ml

NOTAS IMPORTANTES:

- En cada fila ingresar una muestra (frasco y conjunto de frascos tomados en un mismo punto)
- Condiciones de envío (Para Aguas) : En contenedor isotérmico con los packs o gelpacks que proporcione una temperatura de 4±2°C durante todo el transporte

Matrices de agua <small>(Indique las correspondencias en el cuadro de detalle de muestras)</small>	Natural ASM: Subterránea de Manantial AST: Subterránea Terrenal ASR: Superficial de Río ASL: Superficial Lago/Laguna ASD: Deposition Atmosférica	Para Uso y Consumo Humano ACB: Bevida - Potable ACB: Bevida - Mesa ACB: Bevida - Envasada ACP: Placina ACL: Lactina Artificial	Residual ARD: Doméstica ARJ: Industrial ARM: Municipal	De Proceso ARR: Inyección y reinyección ARC: Circulación y enfriamiento ARA: Alimentación p/ calderas APCL: Calderas	APL: Lixiviación APP: Purificada - destilada APP: Purificada - osmótica	Salina AMAR: Mar ASSB: Salobre ASSL: Salmuera ASIR: Inyección y Reinyección
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------

Observaciones:	Fecha y Hora de Envío de Muestras	24/10/18
Firma del Muestreador:	Via Utilizada	ferreestre
	Posibles Sustancias Interferentes	

Para ser llenado a la llegada de muestra (s) al Laboratorio

RECIBIDO POR:	Fecha:	Hora:	Temperatura Recepción (°C)
OBSERVACIONES			



REGISTRO DE ENVIO DE MUESTRAS DEL CLIENTE

Estimado cliente: Agradecemos complete los datos solicitados.

Cliente / Razón Social	Virginia Merma Aviles	
Dirección	Av. Circunvalación Oeste P ^o 1179 - Juliaca	RUC: DNI: 71127262
Nombre del muestreador	Virginia Merma Aviles	
Cotización de referencia		

Numeración	NOMBRE DE LA MUESTRA (Identifique la muestra de acuerdo a como desea que aparezca en el Informe de Ensayos)	CODIFICACIÓN (opcional)	MATRIZ (Identifique la Matriz según el cuadro **) Nota: Solo para agua	PROCEDENCIA (Coordenadas, Departamento, Provincia, Distrito, etc) (Opcional)	FECHA DEL MUESTREO	HORA DEL MUESTREO	Determinaciones solicitadas					Total de envases por muestra (Und)	Cantidad Total (mL / o g por Muestra)
							Cotización N°						
01	Solución acuosa de mercurio tratada con biomasa de vaina de frijol	M11 - FRIJOL PH = 9.0 C = 0.8g		03733844-8284506 19L Puno - San Román - Juliaca	23/10/18							01	200 ml
02	Solución acuosa de mercurio tratada con biomasa de vaina de frijol	M12 - FRIJOL PH = 9.0 C = 2.5g		03733844-8284506 19L Puno - San Román - Juliaca	11							01	200 ml
03													
04													
05													

NOTAS IMPORTANTES:

- En cada fila ingresar una muestra (frasco y conjunto de frascos tomados en un mismo punto)
- Condiciones de envío (*Para Aguas*): En contenedor isotérmico con icepacks o gelpacks que proporcione una temperatura de 4±2°C durante todo el transporte

**Matrices de agua (Indique las iniciales correspondientes en el cuadro de detalle de muestras)	Natural ASM: Subterránea de Manantial AST: Subterránea Tarnal ASR: Superficial de Río ASL: Superficial Lago/Laguna ASD: Deposición Atmosférica	Para Uso y Consumo Humano ACB: Bebida - Potable ACB: Bebida - Mesa ACB: Bebida - Envasada ACP: Piscina ACL: Laguna Artificial	Residual ARD: Doméstica ARI: Industrial ARM: Municipal	De Proceso ABR: Inyección y reinyección APC: Circulación y enfriamiento APA: Alimentación p/ calderas ARCL: Calderas	Salina ASAR: Mar ASSB: Salobre ASSL: Salmuera ASIR: Inyección y Reinyección
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------

Observaciones:	Fecha y Hora de Envío de Muestras: 24/10/18
Firma del Muestreador:	Via Utilizada: terrestre
	Posibles Sustancias Interferentes:

Para ser llenado a la llegada de muestra (s) al Laboratorio			
RECIBIDO POR:	Fecha:	Hora:	Temperatura Recepción (°C)
OBSERVACIONES			

Anexo D. Certificado de verificación operacional



CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN OPERACIONAL

Declaración obtenida del resultado de la verificación operacional del Espectrofotómetro de Absorción Atómica ICE 3300 de Thermo Scientific.

Cliente: BHIOS Laboratorios S.R.L.
Dirección: Av. Quiñonez Mz B Lte 6 - Urb. Magisterial II Yanahuara - Arequipa

Dirigido a:
Sr. Miguel Valdivia Martinez
Gerente técnico.

Equipamiento Instalado:

Espectrofotómetro AA	Modelo	Número de serie
Generador de Hidruros	ICE 3300	C083300010
	VP 100	C08VP063
Software de Control	Versión	
Solaar	11.0	

La Verificación Operacional del espectrofotómetro AA ICE 3300 Thermo Scientific fue superada satisfactoriamente.

Se concluye entonces que el Espectrofotómetro AA ICE 3300 de Thermo Scientific cumple con las especificaciones técnicas de fabricante.

Fecha de la Verificación Operacional: febrero 09 del 2018
Próxima Validación (o después de una reparación mayor): Febrero del 2019


CESAR YON OLIVOS
Soporte Técnico
 Reactivos Para Análisis S.A.C.

REACTIVOS PARA ANALISIS SAC _____ RESPONSABLE _____

Anexo E. Informe de resultados de análisis



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-055



INFORME DE ENSAYOS N° 4890-2018 PÁGINA 1 DE 8

SOLICITANTE : VIRGINIA MERMA AVILES
DIRECCIÓN : Av. Circunvalación 1179 - Juliaca
PRODUCTO DECLARADO : SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE TARA / SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE FRIJOL
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO : Líquido ligeramente color naranja / Líquido ligeramente transparente
CODIFICACIÓN / MARCA : Ver detalle de codificación adjunto
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE : Procedencia: Juliaca, San Román, Puno - Coordenadas: 19L 03733844 - 8284506 - Fecha de muestreo: 23/10/2018
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA : 24 muestras de 200 mL aprox. c/u.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN : En envases de polietileno cerrados. En contenedor isotérmico a una temperatura de 5.0°C.
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA : Recibida en el Laboratorio (Envases Proporcionados)
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA : Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN : No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO : No especificada
CONTRATO N° : 1826-2018
FECHA DE RECEPCIÓN : 25/10/2018

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado , según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS , la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

INFORME DE ENSAYOS N° 4890-2018
PÁGINA 2 DE 8

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE TARA / SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE FRIJOL	UNIDADES
FQ	Elemento Hg	M01-TARA - PH=4.0 - C= 0.8 g	mg/L
		0.381	

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

OBSERVACIONES :

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

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Hg Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Methc B. Mercury by Cold Vapor Atomic Absorption Spectrometric Method Pag. 3-23. 22nd Ed. 2012.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE TARA / SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE FRIJOL	UNIDADES
FQ	Elemento Hg	M02-TARA - PH=4.0 - C= 2.5 g	mg/L
		0.202	

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

OBSERVACIONES :

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

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Hg Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Methc B. Mercury by Cold Vapor Atomic Absorption Spectrometric Method Pag. 3-23. 22nd Ed. 2012.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE TARA / SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE FRIJOL	UNIDADES
FQ	Elemento Hg	M03-TARA - PH=9.0 - C= 0.8 g	mg/L
		0.345	

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

OBSERVACIONES :

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

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Hg Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Methc B. Mercury by Cold Vapor Atomic Absorption Spectrometric Method Pag. 3-23. 22nd Ed. 2012.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE TARA / SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE FRIJOL	UNIDADES
FQ	Elemento Hg	M04-TARA - PH=9.0 - C= 2.5 g	mg/L
		0.220	

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

OBSERVACIONES :

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

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Hg Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Methc B. Mercury by Cold Vapor Atomic Absorption Spectrometric Method Pag. 3-23. 22nd Ed. 2012.

INFORME DE ENSAYOS N° 4890-2018
PÁGINA 3 DE 8

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE TARA / SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE FRIJOL	UNIDADES
FQ	Elemento Hg	M05-TARA - PH=4.0 - C= 0.8 g 0.419	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

OBSERVACIONES :

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

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Hg Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Methc B. Mercury by Cold Vapor Atomic Absorption Spectrometric Method Pag. 3-23. 22nd Ed. 2012.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE TARA / SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE FRIJOL	UNIDADES
FQ	Elemento Hg	M06-TARA - PH=4.0 - C= 2.5 g 0.209	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

OBSERVACIONES :

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

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Hg Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Methc B. Mercury by Cold Vapor Atomic Absorption Spectrometric Method Pag. 3-23. 22nd Ed. 2012.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE TARA / SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE FRIJOL	UNIDADES
FQ	Elemento Hg	M07-TARA - PH=9.0 - C= 0.8 g 0.253	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

OBSERVACIONES :

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

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Hg Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Methc B. Mercury by Cold Vapor Atomic Absorption Spectrometric Method Pag. 3-23. 22nd Ed. 2012.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE TARA / SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE FRIJOL	UNIDADES
FQ	Elemento Hg	M08-TARA - PH=9.0 - C= 2.5 g 0.226	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

OBSERVACIONES :

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

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Hg Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Methc B. Mercury by Cold Vapor Atomic Absorption Spectrometric Method Pag. 3-23. 22nd Ed. 2012.

INFORME DE ENSAYOS N° 4890-2018
PÁGINA 4 DE 8

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE TARA / SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE FRIJOL	UNIDADES
FQ	Elemento Hg	M09-TARA - PH=4.0 - C= 0.8 g 0.288	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

OBSERVACIONES :

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

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Hg Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Methc B. Mercury by Cold Vapor Atomic Absorption Spectrometric Method Pag. 3-23, 22nd Ed. 2012.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE TARA / SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE FRIJOL	UNIDADES
FQ	Elemento Hg	M10-TARA - PH=4.0 - C= 2.5 g 0.215	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

OBSERVACIONES :

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

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Hg Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Methc B. Mercury by Cold Vapor Atomic Absorption Spectrometric Method Pag. 3-23, 22nd Ed. 2012.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE TARA / SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE FRIJOL	UNIDADES
FQ	Elemento Hg	M11-TARA - PH=9.0 - C= 0.8 g 0.258	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

OBSERVACIONES :

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

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Hg Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Methc B. Mercury by Cold Vapor Atomic Absorption Spectrometric Method Pag. 3-23, 22nd Ed. 2012.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE TARA / SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE FRIJOL	UNIDADES
FQ	Elemento Hg	M12-TARA - PH=9.0 - C= 2.5 g 0.218	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

OBSERVACIONES :

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

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Hg Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Methc B. Mercury by Cold Vapor Atomic Absorption Spectrometric Method Pag. 3-23, 22nd Ed. 2012.

INFORME DE ENSAYOS N° 4890- 2018
PÁGINA 5 DE 8

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE TARA / SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE FRIJOL	UNIDADES
FQ	Elemento Hg	M01-FRIJOL- PH=4.0 - C= 0.8 g	0.336 mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

OBSERVACIONES :

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

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Hg Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Methc B. Mercury by Cold Vapor Atomic Absorption Spectrometric Method Pag. 3-23, 22nd Ed. 2012.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE TARA / SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE FRIJOL	UNIDADES
FQ	Elemento Hg	M02-FRIJOL- PH=4.0 - C= 2.5 g	0.145 mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

OBSERVACIONES :

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

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Hg Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Methc B. Mercury by Cold Vapor Atomic Absorption Spectrometric Method Pag. 3-23, 22nd Ed. 2012.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE TARA / SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE FRIJOL	UNIDADES
FQ	Elemento Hg	M03-FRIJOL- PH=9.0 - C= 0.8 g	0.299 mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

OBSERVACIONES :

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

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Hg Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Methc B. Mercury by Cold Vapor Atomic Absorption Spectrometric Method Pag. 3-23, 22nd Ed. 2012.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE TARA / SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE FRIJOL	UNIDADES
FQ	Elemento Hg	M04-FRIJOL- PH=9.0 - C= 2.5 g	0.065 mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

OBSERVACIONES :

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

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Hg Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Methc B. Mercury by Cold Vapor Atomic Absorption Spectrometric Method Pag. 3-23, 22nd Ed. 2012.

INFORME DE ENSAYOS N° 4890- 2018
PÁGINA 6 DE 8

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE TARA / SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE FRIJOL	UNIDADES
FQ	Elemento Hg	M05-FRIJOL - PH=4.0 - C= 0.8 g 0.295	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

OBSERVACIONES :

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

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Hg Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Methc B. Mercury by Cold Vapor Atomic Absorption Spectrometric Method Pag. 3-23, 22nd Ed. 2012.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE TARA / SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE FRIJOL	UNIDADES
FQ	Elemento Hg	M06-FRIJOL - PH=4.0 - C= 2.5 g 0.114	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

OBSERVACIONES :

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

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Hg Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Methc B. Mercury by Cold Vapor Atomic Absorption Spectrometric Method Pag. 3-23, 22nd Ed. 2012.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE TARA / SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE FRIJOL	UNIDADES
FQ	Elemento Hg	M07-FRIJOL - PH=9.0 - C= 0.8 g 0.339	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

OBSERVACIONES :

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

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Hg Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Methc B. Mercury by Cold Vapor Atomic Absorption Spectrometric Method Pag. 3-23, 22nd Ed. 2012.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE TARA / SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE FRIJOL	UNIDADES
FQ	Elemento Hg	M08-FRIJOL - PH=9.0 - C= 2.5 g 0.114	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

OBSERVACIONES :

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

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Hg Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Methc B. Mercury by Cold Vapor Atomic Absorption Spectrometric Method Pag. 3-23, 22nd Ed. 2012.

INFORME DE ENSAYOS N° 4890- 2018
PÁGINA 7 DE 8

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE TARA / SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE FRIJOL	UNIDADES
FQ	Elemento Hg	M09-FRIJOL- PH=4.0 - C= 0.8 g	mg/L
		0.364	

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

OBSERVACIONES :

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

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Hg Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Methc B. Mercury by Cold Vapor Atomic Absorption Spectrometric Method Pag. 3-23. 22nd Ed. 2012.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE TARA / SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE FRIJOL	UNIDADES
FQ	Elemento Hg	M10-FRIJOL- PH=4.0 - C= 2.5 g	mg/L
		0.153	

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

OBSERVACIONES :

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

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Hg Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Methc B. Mercury by Cold Vapor Atomic Absorption Spectrometric Method Pag. 3-23. 22nd Ed. 2012.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE TARA / SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE FRIJOL	UNIDADES
FQ	Elemento Hg	M11-FRIJOL- PH=9.0 - C= 0.8 g	mg/L
		0.339	

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

OBSERVACIONES :

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

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Hg Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Methc B. Mercury by Cold Vapor Atomic Absorption Spectrometric Method Pag. 3-23. 22nd Ed. 2012.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE TARA / SOLUCIÓN ACUOSA DE MERCURIO TRATADA CON BIOMASA DE VAINA DE FRIJOL	UNIDADES
FQ	Elemento Hg	M12-FRIJOL- PH=9.0 - C= 2.5 g	mg/L
		0.127	

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

OBSERVACIONES :

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

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Hg Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Methc B. Mercury by Cold Vapor Atomic Absorption Spectrometric Method Pag. 3-23. 22nd Ed. 2012.

INFORME DE ENSAYOS N° 4890- 2018
PÁGINA 8 DE 8

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 25/10/2018 al 30/10/2018
FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS :


Bigo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del informe

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio