

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

Evaluación de la remoción de arsénico en medio acuoso a través de la bioadsorción con biomasas de granos de cebada (*Hordeum vulgare L.*) y avena (*Avena sativa L.*) bajo condiciones altoandinas - Puno, 2018

Por:

Yesica Choquejagua Quenta

Asesora:

MSc. Rose Adeline Callata Chura

Juliaca, diciembre de 2018

**DECLARACIÓN JURADA
DE AUTORÍA DEL INFORME DE TESIS**

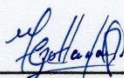
MSc. Rose Adeline Callata Chura, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: **“Evaluación de la remoción de arsénico en medio acuoso a través de la bioadsorción con biomasa de granos de cebada (*Hordeum vulgare L.*) y avena (*Avena sativa L.*) bajo condiciones altoandinas - Puno, 2018”** Constituye la memoria que presenta la bachiller Yesica Choquejahuá Quenta para aspirar al título Profesional de Ingeniero Ambiental, cuya 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 declaración en Juliaca, a los 28 días del mes de diciembre del año 2018.



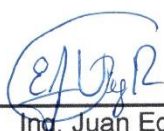
MSc. Rose Adeline Callata Chura

Evaluación de la remoción de arsénico en medio acuoso a través de la bioadsorción con biomásas de granos de cebada (*Hordeum vulgare* L.) y avena (*Avena sativa* L.) bajo condiciones altoandinas- Puno, 2018

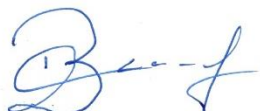
TESIS

Presentada para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

JURADO CALIFICADOR



Ing. Juan Eduardo Vigo Rivera
Presidente



MSc. Jael Calla Calla
Secretario



Ing. Verónica Haydeé Pari Mamani
Vocal



MSc. Robse Adeline Callata Chura
Asesora

Juliaca, 28 de diciembre de 2018

DEDICATORIA

A mis amados padres Mateo Choquejahu Chura, Sabina Quenta Juli por su apoyo y amor incondicional, por su esfuerzo económico, por enseñarme a crecer, por ser la base y la motivación para llegar hasta aquí; a mis hermanos por su apoyo, confianza y aliento para seguir adelante y nunca rendirse.

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios, por su protección en el transcurso de mi vida, por ser mi sostén, mi guía, por darme fuerza y sabiduría para no rendirme y seguir adelante, para seguir luchando cada vez que me sentía derrotada.

Gracias al apoyo de Programa Nacional de Becas y Crédito Educativo -PRONABEC logré culminar mis estudios con éxito.

A mis padres por apoyarme en todo momento, ellos son mis mayores ejemplos de sabiduría, valor fuerza y tenacidad para enfrentar cada caída y disfrutar cada logro. Con sus consejos, amor y su educación me enseñaron que todo se puede y que la unión de la familia es única.

A mis hermanos, por ser parte de mi vida y representar la unidad familiar por llenar nuestras vidas de alegría y amor cuando más lo necesitaba.

Agradezco de manera particular a mi asesor por su apoyo a tiempo y destiempo en la elaboración de este proyecto, a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Peruana Unión por contribuir en mi formación profesional.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	xiii
ABSTRACT.....	xiv
CAPITULO I: EL PROBLEMA	15
1.1. Identificación del problema.....	15
1.2. Justificación.....	17
1.3. Presuposición filosófica	18
1.4. Objetivos	19
1.4.1. Objetivo general.....	19
1.4.2. Objetivos específicos	19
CAPITULO II: REVISIÓN DE LITERATURA.....	20
2.1. Antecedentes de la investigación	20
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	20
2.1.2. Antecedentes nacionales	21
2.1.3. Antecedentes locales.....	23
2.2. Arsénico.....	24
2.2.1. Características del arsénico	25
2.2.2. Arsénico presente en el agua.....	25
2.2.3. Arsénico presente en los alimentos	25
2.2.4. Efectos del arsénico en el medio ambiente	26
2.2.5. Efectos del arsénico en la salud del hombre	26
2.3. Cebada	27
2.3.1. Características de la cebada	27
2.3.2. Granos de cebada	28
2.3.3. Composición química de los granos de cebada.....	28
2.4. Avena.....	29

2.4.1. Características de la avena	30
2.4.2. Granos de avena	30
2.4.3. Composición química de la avena.....	31
2.5. Tratamientos convencionales para la eliminación de metales pesados de efluentes acuosos	32
2.6. Factores que afectan el proyecto de bioadsorción.....	35
2.6.1. Influencia de pH.....	35
2.6.2. Temperatura	35
2.6.3. Tamaño de bioadsorbente	36
2.6.4. Concentración inicial del contaminante	36
2.7. Marco conceptual.....	36
2.7.1. Metales pesados	36
2.7.2. Activación	36
2.7.3. Medio acuoso	36
2.7.4. Bioadsorción	37
2.8. Marco legal.....	37
2.8.1. Estándares de calidad Ambiental	37
CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	38
3.1. Lugar de ejecución	38
3.2. Tipo de investigación	38
3.3. Diseño de la investigación.....	38
3.4. Variables de estudio	38
3.5. Materiales, reactivos y equipos	38
3.5.1.Especies naturales utilizadas para la preparación de bioadsorbentes (Biomasa)...	40
3.6. Métodos y procedimientos aplicados	41
3.6.1.Preparación de los bioadsorbentes- Diagrama de flujo	41
3.6.2.Preparación de la solución acuosa de arsénico	42

3.6.3. Ensayo de bioadsorción (test de jarra).....	42
3.6.4. Análisis final de arsénico.....	42
3.7. Diseño experimental.....	43
3.7.1. Diseño factorial con dos factores AxB	43
3.7.2. Unidad experimental.....	44
3.7.3. Factores y niveles.....	44
3.7.4. Variable respuesta.....	45
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
4.1. Análisis de datos.....	46
4.2. Verificación de supuestos del modelo lineal aditivo del experimento.....	46
4.2.1. Normalidad de la biomasa, pH y tratamiento	46
4.3. Prueba de homogeneidad de varianzas.....	47
4.4. Análisis de varianza univariante.....	47
4.4.1. Significancia para remoción de As	47
4.5. Porcentaje de remoción de arsénico As.....	48
4.6. Concentración óptima de biomasa	50
4.7. Condiciones óptimas de pH.....	52
4.7.1. Prueba de muestras independientes para comparar los niveles de pH.....	52
4.8. Discusión.....	53
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
5.1. Conclusiones.....	56
5.2. Recomendaciones	57
Referencias	58
ANEXOS.....	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estándares de calidad de agua, categoría 1	37
Tabla 2. Reactivos, equipos y materiales utilizado en la investigación.....	39
Tabla 3. Biomosas utilizadas para la bioadsorción de arsénico	40
Tabla 4. Combinaciones para la prueba de remoción	45
Tabla 5. Porcentaje de remoción de As de los 8 tratamientos, T° de 15°C a 200 ppm. .	46
Tabla 6. Significancia de tratamiento, biomasa(A), pH (B) y la interacción A*B.....	47
Tabla 7. Promedios de porcentaje (%) de remoción x 100, de los 8 tratamientos.....	48
Tabla 8. Porcentaje de remoción por tratamiento	48
Tabla 9. Remoción con respecto a la biomasa por grupos.....	50
Tabla 10. Porcentaje de remoción respecto a la biomasa.	50
Tabla 11. Diferencias entre los niveles de pH.	52
Tabla 12. Resumen de porcentaje respecto al pH.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Partes del grano de la cebada.	29
Figura 2. Componentes de una espiguilla de avena.....	30
Figura 3. Partes del grano de la avena	31
Figura 4. Bioadsorción.....	34
Figura 5. Diseño factorial de dos factores.	43
Figura 6. Gráfica de cajas de porcentaje de remoción de los 8 tratamientos.....	49
Figura 7. Gráfica de cajas de porcentaje de remoción altos y bajos.	51
Figura 8. Gráfica de cajas de porcentaje de remoción según pH.....	53

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Panel fotográfico	64
Anexo B. Ficha de preparación de la solución acuosa	73
Anexo C. Cadena de Custodia	74
Anexo D. Ficha de calibración de equipo	80
Anexo E. Informe de resultados	81
Anexo F. Pruebas de Normalidad	88
Anexo G. Prueba de homogeneidad de varianza	89

SÍMBOLOS USADOS

As	: Arsénico
ANA	: Autoridad Nacional de Agua
ECA	: Estándar de Calidad Ambiental
MINAM	: Ministerio del Ambiente
ml	: Mililitro
mg	: Miligramo
OMS	: Organización Mundial de la salud
ppm	: Partes por millón
S.R.L.	: Sociedad Responsabilidad Limitada
um	: Micrómetro

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la remoción de arsénico a través de la bioadsorción con biomásas de granos de cebada (*Hordeum vulgare L.*) y avena (*Avena sativa L.*) en medio acuoso. Para lograr tal propósito se preparó la solución acuosa a una concentración de 1mg/L de arsénico: así mismo se obtuvieron las respectivas biomásas siguiendo todos los procesos, las biomásas fueron activadas con HCl a 0.1 N a una temperatura de 70°C por 24 horas, seguidamente se realizó el respectivo tratamiento por el proceso de bioadsorción en pruebas de jarra, se utilizó 300ml de la solución de As que fueron vertidos en vasos precipitados de 500ml; se trabajó a condiciones de 15°C, velocidad de agitación 200rpm, con una concentración de biomasa mínima 5g, máxima 10g y a pH mínimo de 5, máximo de 8 durante 330 minutos para todo los tratamientos. Los resultados obtenidos mostraron que ambas biomásas presentan la capacidad de remoción, mayores al 50%, pero la biomasa de avena (*Avena sativa L.*) se correlacionó de manera satisfactoria con un alto porcentaje de remoción=90.6% con una biomasa óptima de 5g y pH de 8. Finalmente se concluyó, que en este estudio se comprueba que la biomasa de avena es muy eficaz para la remoción del metal de arsénico que la biomasa de cebada.

Palabras clave: Remoción, arsénico, bioadsorción, biomasa de granos.

ABSTRACT

The objective of the present investigation was to evaluate the removal of arsenic through bioadsorption with biomass of barley grains (*Hordeum vulgare L.*) and oats (*Avena sativa L.*) in aqueous medium. To achieve this purpose, the aqueous solution was prepared at a concentration of 1mg / l of arsenic, and the respective biomasses were obtained following all the processes, the biomasses were activated with HCl at 0.1 N at a temperature of 70 ° C for 24 hours , then the respective treatment was carried out by the bioadsorption process in jug tests, 300ml of the As solution was used, which were poured into 500ml beakers, worked at 15 ° C conditions, agitation speed 200rpm, with a minimum biomass concentration 5g, maximum 10g and minimum pH of 5, maximum of 8 during 330 minutes for all treatments. The results obtained showed that both biomasses have the removal capacity, greater than 50%, but the biomass of oats (*Avena sativa L.*) was correlated satisfactorily with a high percentage of removal = 90.6% with an optimal biomass of 5g and pH of 8. Finally, it was concluded that in this study it is verified that the oat biomass is very effective for the removal of the arsenic metal that the barley biomass.

Keywords: Removal, arsenic, bioadsorption, grain biomass.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Identificación del problema

En la actualidad, la contaminación es uno de los problemas más preocupantes que constituyen un riesgo para el bienestar de los ecosistemas acuáticos y terrestres; así mismo, vienen afectando directamente a la salud de las personas, ya sea por medio de agua, aire y suelo.

El problema ambiental de la contaminación de los recursos hídricos por metales pesados, se considera un tema muy importante en la actualidad, ya que al ser contaminado ocasiona efectos extremadamente negativos al ser humano y al ecosistema, uno de esos metales pesados es el arsénico que ha sido considerado como uno de los metales más tóxicos y cancerígenos, que por acción antropogénica, ya sea crecimiento económico, las industrias y la minería informal o de manera natural, puede estar presente en forma disuelta en las aguas superficiales y subterráneas, lo que genera gran preocupación si este metal pasa los parámetros establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) $As=0,01$ mg/L. La exposición al metal de arsénico en altas concentraciones ocasiona efectos agudos que pueden llegar a ser letales; de igual manera, la exposición durante un largo período a bajas concentraciones relativas de este metal; por ejemplo; por ingestión de agua, se producen efectos negativos crónicos para la salud como la arsenicosis, cáncer al pulmón, abortos espontáneos, efectos cardiovasculares, hipertensión, neuropatía periférica, lesiones en la piel, diabetes mellitus etc. Además de afectar a la salud de los seres vivos (personas), afecta

negativamente a la cadena trófica acuática y terrestre; las plantas adsorben arsénico de forma fácil, por lo que puede concentrarse en la comida, el arsénico altera la genética de los peces y las aves que consumen peces contaminados, mueren por envenenamiento.

“El arsénico en el agua a nivel mundial es un problema muy preocupante, millones de personas en 36 países consumen agua con arsénico a concentraciones elevadas ya que hicieron todo lo posible para descontaminar, pero el problema sigue creciendo a diario” (Agencias, 2007). A mediados de los noventa se reportaron concentraciones superiores a los parámetros establecidos en agua en todos los continentes como Asia, América, Europa, África, El Pacífico”(Ravenscroft, Brammer, & Richards, 2009).

Castro de Esparza (2006), afirma que la contaminación con arsénico en agua en América Latina afecta a 4 millones de personas, debido a los factores naturales, actividades de la humanidad como las minerías, refinación de metales por fundición en países: Perú, Bolivia y Chile, y en el Brasil, por la producción de metales como cadmio y zinc, también el uso de los plaguicidas en México (pp.1-14).

Así mismo F, & Gonzales (2014), mencionan que en el Perú hay un 55 % de actividades antropogénicas que no cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental. Existen ríos extremadamente contaminados; por ejemplo, el río Locumba que usan para los riegos de los cultivos al mismo tiempo la bebida de los animales y para más de 18 mil habitantes de la ciudad de Tacna. (pp. 1-8).

“Hoy en día pobladores de distintos lugares de la región Puno realizan su reclamo de la problemática mencionada anteriormente todo esto por la actividad minera que no realizan un buen tratamiento de sus relaves, sin embargo, el problema del arsénico en el agua va más allá de esa percepción”(ANA, 2017). Las poblaciones que se ubican en el contorno de la

cuenca del lago Titicaca, vierten sus aguas residuales ya sea directa o indirectamente en los cuerpos de agua. La cuenca del río Coata se encuentra con mayor índice de contaminación de las cuatro cuencas que aportan al lago Titicaca, ya sea por el vertimiento de aguas servidas y residuos sólidos que han ocasionado daños negativos a la cadena acuática, actividad minera; muchas personas lo utilizan para el riego de sus cultivos, consumo de los ganados como también por la población de Juliaca (DHUMA, 2017).

El presente trabajo de investigación, propone una solución para remover el arsénico en muestras de agua, empleando biomásas de cebada y avena como bioadsorbentes naturales, ya que es una alternativa para solucionar este problema, evitando efectos negativos en la salud del ser humano y el ecosistema.

1.2. Justificación

La presencia de arsénico en recursos hídricos representa un peligro grave, debido al efecto tóxico que inducen para la cadena acuática y para los seres vivos que lo consumen. En la actualidad, las actividades antrópicas: las industrias, la minería formal y/o informal dejan consecuencias al verter sus efluentes al cuerpo de agua, no realizan un apropiado tratamiento y son desechados al recurso hídrico contaminando negativamente. Por lo tanto, se busca de una forma natural descontaminar, recuperar estas aguas.

Con la presente investigación se puede lograr mejorar en el ámbito experimental, ya que pretende resolver uno de los problemas más preocupantes, de igual manera para reducir los daños ambientales y daños en la salud humana, garantizando la destinación adecuada de ellos. Al buscar una solución ecológica, algo natural con el que se puede solucionar el problema se encontró el método de la bioadsorción que consiste en la reducción de arsénico, haciendo el uso de productos naturales, biomásas de granos de cebada (*Hordeum vulgare L.*) y avena (*Avena sativa L.*), los cuales fueron seleccionadas por ser productos altoandinos, ya

que dichas gramíneas se producen en la región Puno; por lo tanto, se constituye en una técnica de fácil ejecución, de bajo costo y considerablemente disponibles por el acceso al insumo remediador, a comparación de otras tecnologías, para tratar el agua, usualmente tienen un costo elevado; su operación es compleja y son difíciles de aplicar. Si se logra llevar no solo a nivel de laboratorio, si no de manera industrial y funcional; será un logro importante para reducir la contaminación del agua con arsénico, pues existen gran cantidad de cuencas y pozos contaminadas por dicho metal.

1.3. Presuposición filosófica

Como ciudadanos responsables es nuestro deber desarrollar la recuperación de las aguas con métodos naturales, sin utilizar componentes inorgánicos ajenos al ecosistema acuático, esto es posible mediante biomasa naturales que actúa como adsorbente de contaminantes del medio acuático, para así mejorar la calidad de recurso hídrico y para que las personas puedan vivir en un ambiente saludable.

Génesis 2:15, nos dice “Tomó, pues, Jehová Dios al hombre, y lo puso en el huerto de Edén, para que lo labrara y lo guardase” (Reyna Valera 1960). Dios después de que creó a Adán, lo hizo para que se haga cargo del huerto de Edén. Lo que Dios quiere es que toda su creación (las personas) habiten en un ambiente libre de contaminación, lo que nosotros debemos hacer es contribuir con el medio ambiente en donde habitamos ya que los contaminamos a diario; conservar, proteger y tomar conciencia del daño que estamos haciendo a la creación de Dios, principalmente a los cuerpos de agua que es lo primordial para la vida humana. Es preocupante la contaminación de un recurso principal para sobrevivir, y como Ingeniero Ambiental tomar la iniciativa de proteger el ambiente, recuperar el agua contaminado por un metal tóxico que es el arsénico de igual manera valorar lo que Dios nos entregó por el bien de nosotros, se desarrolla la presente investigación.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar la remoción de arsénico a través de la bioadsorción con biomásas de granos de cebada (*Hordeum vulgare L.*) y avena (*Avena sativa L.*) en medio acuoso.

1.4.2. Objetivos específicos

- ❖ Obtener las biomásas de granos de cebada y avena.
- ❖ Determinar las condiciones de pH y concentración de biomasa óptima
- ❖ Determinar el porcentaje de remoción de arsénico que tiene la biomasa de granos de cebada (*Hordeum vulgare L.*) y avena (*Avena sativa L.*) en medio acuoso.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

En el año 2017, se realizó una investigación cuyo objetivo fue “Evaluar la eficacia de biomasa de avena para la eliminación de cromo (VI) en solución acuosa”, para realizar el experimento influyeron los factores de temperatura, concentraciones de cromo y pH. Como resultado se obtuvo que la bioadsorción con 100 mg/L de cromo, 5g de biomasa de avena a un tiempo de 3 horas con un pH de 1.0 fue más eficaz, para la remoción con un porcentaje mayor a 50%. Finalmente, los investigadores concluyeron que la avena es eficiente en la remoción de cromo (Pacheco, et al).

Así mismo Vera (2014) en su trabajo de investigación tuvo el objetivo de “Comparar la concentración inicial en ppm de arsénico con la concentración final, así como el porcentaje de remoción de dicho metal”, con biomasa de cáscara de naranjas. En la parte experimental variaron 7 factores como el pH, temperatura, tamaño de partícula del bioadsorbente, tiempo de contacto, tipo de tratamiento, concentración del contaminante, cantidad de la biomasa. Como resultado de dos variaciones de los parámetros y del uso de dos variaciones en las características de la biomasa se generaron 8 muestras de esas ocho tratamientos que se realizaron, el tratamiento 2 fue el que presentó mayor remoción de arsénico con un pH de 5.5, tamaño de partícula del bioadsorbente 0.4 mm, concentración final del metal 90 ppm, cantidad de biomasa utilizada 1g, tiempo de contacto del tratamiento 2 h a una temperatura

de 22 °C y con un porcentaje de 12.65 % a comparación de otros. Por consiguiente, Vera concluyó que la cáscara de naranja es eficaz para la remoción de arsénico.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Del mismo modo, Ramón (2017) en su investigación tuvo como objetivo: “Conocer la eficiencia del residuo de la cebada como biosorbente en aguas contaminadas por cromo hexavalente” de las aguas contaminadas por industrias textiles y la minería; empezó por la obtención de la cebada molida, utilizaron a diferentes concentraciones 1g, 3g, 5g luego fueron introducidas a la muestra contaminada en un total de 9 litros, cantidad de Cr inicial experimental era de 77.65 mg/L, cantidad de Cr inicial teórico fue de 0.13g, y se realizó el respectivo tratamiento durante 2 horas a 200rpm, pH constante. Se utilizó el programa estadístico MINITAB para obtener los resultados finales, donde se confirmó que la especie de cebada es un buen absorbente para el metal de cromo. Por último, el investigador concluyó que, si se puede aplicar en zonas que se necesitan las aguas, para los regadillos de igual manera para mejorar la calidad de vida de los seres vivos.

Trelles (2013) realizó un trabajo de investigación muy interesante, con el objetivo “Identificar la viabilidad de biomásas inertes de especies vegetales para la biosorción de arsénico en medio acuoso mediante la identificación y determinación de los parámetros que describen dichos procesos de biosorción”; para cada especie se identificaron los valores de masa y concentración de igual manera se preparó las soluciones acuosas con arsénico a concentraciones de 25 - 1000 ug/l total a 1mg/L; se utilizaron 250ug/l para los respectivos ensayos con un pH al ambiente, temperatura de ambiente y a 200rpm. Finalmente, como resultados obtenidos confirmaron que las especies de frijol y cebada obtuvieron mayor capacidad de remoción de arsénico a comparación de otras especies, frijol = 78.9% y cebada

= 74.9%. En virtud de los resultados el investigador concluyó que si es recomendable utilizar biomasas naturales para la remoción de metales.

Zea (2017) en su trabajo de investigación tuvo como objetivo “Remover arsénico (III) y (V) de soluciones acuosas mediante proceso de biosorción utilizando cascarilla de *Oryza Sativa* (arroz) modificada con dióxido de manganeso”, realizaron la preparación de la solución acuosa de arsénico, a diferentes concentraciones de arsénico 0.1mg/L - 5.5 mg/L - 10mg/L y luego agregó diferentes concentraciones de adsorbente activada 5g/L-7.5g/L-10g/L durante 120 minutos y 80 minutos. Los resultados obtenidos indicaron que alcanzó al 100% de remoción a un pH de 5 concentración de arsénico 5.5 mg/L biomasa de 9.6 g. Finalmente, Zea concluyó que la cascarilla de arroz recubierta con dióxido de manganeso es efectiva para la remover el metal de arsénico.

Por otro lado Suyon (2018) nos indica que los adsorbentes naturales si son eficaces, para descontaminar el agua, el objetivo de la tesis fue “Determinar la remoción de arsénico y turbidez usando cenizas de cáscara de arroz mediante el método de la adsorción”; realizó los procesos para obtener las cenizas de cáscara de arroz para luego activarlas, utilizó la prueba de jarras con 4 dosis de (1.5g, 1.00g, 0.5g y 0.25g) a una velocidad rápida de 100rpm a un tiempo de 2 minutos y lenta de 50 rpm a 15 minutos. Como resultado obtenido fue que la remoción de arsénico disminuyó en un 78.51% y turbidez se redujo en 48%. En relación con los resultados, el investigador concluyó que las cenizas de cáscara de arroz eficaces para descontaminar el agua.

Otra investigación realizada por Flores (2016), cuyo objetivo principal fue “Determinar el porcentaje de remoción de arsénico en el agua del manantial de Puncomachay, utilizando cáscara de semilla de girasol, mediante el proceso de adsorción”, la metodología aplicada como paso uno la toma de muestra de dicho manantial, luego preparas las biomasas de

cáscara de semilla de girasol, se consideró partículas de 3 tamaños 0.849 mm, 0.425 mm y 0.177 mm y la cantidad de biomasa 2 gr/l, 4 gr/l, 6 gr/l y 8 gr/l, a una velocidad de 200 rpm pH constante y temperatura de 25 °C +/- 1°C. Los resultados obtenidos fueron que la concentración de biomasa adecuada es de 6gr/l, tamaño de partícula de 0.425 mm durante 5 horas, se removió un 50% de arsénico del agua contaminada.

2.1.3. Antecedentes locales

Mamani (2016) su tesis se orienta en proporcionar una solución para un problema de contaminación con metal de plomo en el río Ayaviri, mediante la bioadsorción con el uso de una especie el salvado de cebada, tuvo como objetivo “Determinar la capacidad de biosorción del salvado de cebada utilizando como material adsorbente del catión plomo”, la parte experimental se realizó la toma de la muestra de varios puntos del agua contaminada, la obtención de la biomasa de cebada activada con HCl 0.1N, secado a 70 °C, para luego pasar a las pruebas de adsorción durante una hora, a una temperatura de 15°C, pH de 5, se varió la concentración del Pb (NO₃), el salvado de cebada fue utilizado en la etapa final. Los resultados de los puntos muestreados fueron de 1.34, 1.38, 1.26, 1.29, 1.23 mg/L, logrando disminuir casi la mitad de la concentración de plomo 0.63, 0.71, 0.52, 0.58, 0.50 después del uso del adsorbente natural. Finalmente, el investigador concluyó que es factible utilizar residuos vegetales, como una tecnología limpia.

Por otra parte, Albarracín (2014) demostró que las biomásas naturales si funcionan para la remoción de metales, el objetivo del trabajo de investigación fue “ Determinar la capacidad de adsorción del tanino de la cáscara de tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*) para la remoción del ion metálico Pb de las aguas del río ramis”; se utilizó el método de biosorción, primero la preparación de la biomasa de tarwi, esta biomasa a sido tratada con ácido clorhídrico para que tenga una mayor eficiencia y para que pase a la etapa como bioadsorbente.

La concentración inicial de Pb fue de 0,162 mg/L, este tratamiento se realizó con una concentración de 0.1g de biomasa, pH de 5.5 durante 60 minutos. Como resultado obtuvieron con el método de complexométrico se obtuvo una remoción de 96,021 % y por el método ICP-Plasma se obtuvo el 100% de remoción. El investigador concluyó que la biomasa de tarwi es recomendable para remover metales.

León (2017) en su tesis titulada el objetivo fue “Determinar la bioadsorción de mercurio utilizando la biomasa de Waraqqo”, lo primero que hicieron es tomar muestras de aguas residuales de un centro minero; luego se preparó un bioadsorbente, para ello se activó la biomasa de dicha especie en dos etapas de hidrólisis, primero con solución de HNO₃ (0,3 N) y posteriormente con la solución alcalina de NaOH (0,9 M); la concentración inicial de la muestra era de 17.125 mg/L de Hg, este estudio se desarrolló con un peso del material bioadsorbente de 0.4g, con un pH 12 y un tiempo de 120min. El resultado obtenido confirmó que la biomasa de Waraqqo redujo a 6,314 mg/L de Hg. Finalmente, León concluye que la biomasa de Waraqqo es eficaz para remover el metal de mercurio.

2.2. Arsénico

“El arsénico es considerado como una de las 10 sustancias químicas más preocupantes para la salud pública que la OMS considera”(OMS, 2018). Como también se considera dentro de los veinte elementos más abundantes sobre la tierra y se encuentra presente en cantidades trazas en rocas, suelo, agua y aire; este elemento puede existir en cuatro estados de valencia como As³⁻, As⁰, As³⁺ y As⁵⁺, pero el arsénico en el agua se encuentra como arsénico III y V. Las disociaciones del arsénico ocurren a mayores pH, (7,8,9,10); así mismo tiene inones positivos considerados como cationes (Carabantes & Fernicola, 2003, p.2.)

“El arsénico puede ser encontrado en agua, aire y comida, pero el principal problema de contaminación con arsénico proviene de la presencia de este metal en acuíferos”(Zea, 2017).

2.2.1. Características del arsénico

“Es importante saber las características de dicho metal, su número atómico es 33 es ubicuo y ocupa el lugar 20 en abundancia natural, que alcanza aproximadamente el 0.00005 % de la tierra de corteza, décimo cuarto en el agua de mar, y es el elemento décimo segundo en el cuerpo” (Mohan & Pittman, 2007).

Podemos ver al arsénico de forma amorfa en polvo que puede ser de distintos colores como gris metálico, amarillo y negro; el arsénico en sí mismo no es soluble en agua y en combinación con otros elementos, sales arsenicales, tiene rangos de solubilidad dependiendo del pH, del ambiente iónico y de la presencia de otros metales (Vera, 2014).

2.2.2. Arsénico presente en el agua

El arsénico presente en el agua potable se valora en términos de concentración y de volumen de agua consumida, y depende de factores; la edad, en el estilo de vida, cada ser humano tiene un comportamiento distinto de exposición. El arsénico en el agua potable recomendado por la Organización Mundial de la Salud es de 0.01 mg/L, ya que si es en altas concentraciones afectan gravemente al ser humano (Ravenscroft et al., 2009).

2.2.3. Arsénico presente en los alimentos

“El arsénico en los alimentos se encuentra en forma orgánica e inorgánica. Los compuestos arsenicales orgánicos identificados son: arsenobetaína, arsenocolina, sales del ácido trimetilarsónico, arsenoazúcares y lípidos que contienen arsénico. Estos compuestos son principalmente encontrados en organismos marinos, aunque algunos de ellos han sido identificados en especies terrestres y organismos de agua dulce” (Carabantes & Fernicola, 2003 p. 2.).

El arsénico que se encuentra en el pescado y en el marisco, es fundamentalmente orgánico y se encuentra en forma de arsenobetaina y arsenocolina, lo cual no se consideran especialmente tóxicas, si está en bajas concentraciones; sin embargo, esto es diferente para el arroz o algunas legumbres, ya que en este caso contienen una gran proporción de arsénico inorgánico debido a las grandes cantidades de agua empleadas para su cultivo (Tabasco, 2016).

2.2.4. Efectos del arsénico en el medio ambiente

Tabasco (2016), la fuente de exposición principal de las personas al metal de arsénico es recurso hídrico, por el consumo, como dijimos anteriormente que el arsénico se encuentra tanto en las aguas subterráneas como superficiales; por lo tanto, también hay que prestar especial atención a la presencia de arsénico en los suelos, pues las filtraciones y la erosión pueden ocasionar que éste pase al agua, derivándose en un problema más grave. Su concentración natural en los suelos es muy variable y puede ir desde cantidades prácticamente indetectables hasta los 40 mg/kg de suelo. Sin embargo, las erupciones volcánicas y las actividades mineras hacen que esta concentración aumente y que, además, también se vea incrementada la cantidad de arsénico en la superficie (p. 55).

2.2.5. Efectos del arsénico en la salud del hombre

El arsénico es tóxico en concentraciones altas ha sido conocida e investigado por varios siglos; sus efectos en la salud dependen de las cantidades que la persona se expone, también incluye el tiempo y la vía de exposición. La exposición al metal de arsénico puede producir diferentes enfermedades como: intoxicaciones agudas o crónica ocupacional como también arsenicosis, cáncer entre otros (Carabantes & Fernicola, 2003), “una persona de estar expuesta al arsénico por tres factores por, ingestión, inhalación o a través de la piel, la ruta

de exposición más importante es a través del consumo de alimentos contaminados y agua de bebida con arsénico” (OMS, 2018).

Los efectos agudos más notorios de la intoxicación aguda por el metal de arsénico inorgánico son: daño severo gastrointestinal con dolores fuertes, vómitos, diarrea, vasodilatación, caída de la presión sanguínea, shock, daño renal glomerular y tubular con reducción de volumen urinario, hipotermia, anormalidades cardíacas y entre otros (Bournod, Cabezas, & Pérez, 2010).

2.3. Cebada

“La cebada es el cuarto cereal más importante a nivel mundial y a su vez uno de los cereales cultivados más antiguos. La cebada cobra gran importancia por su amplia adaptación ecológica, siendo un cereal que se cultiva en varias partes del mundo”(Latham, 2002).

“Por otro lado, la cebada es uno de los cultivos más importantes para la agricultura de conservación y adaptación al cambio climático, ya que se ajusta bien a condiciones marginales de humedad, suelo y es tolerante a la sequía” (Sun & Gong, 2009).

2.3.1. Características de la cebada

La cebada (*Hordeum Vulgare L.*) fue una de las primeras especies en ser cultivadas por el ser humano en el inicio de la agricultura. Es una gramínea de sabor dulce, sus espigas son largas y flexibles, se puede plantar en terrenos poco fértiles y a diferentes alturas, por ello es conocido en varios países (INIA, 2007).

Por una parte, Perez (2010), la clasificación botánica de la cebada pertenece al:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Poales

Familia: Poales

Género: Hordeum

Especie: *Vulgare L.*

2.3.2. Granos de cebada

Indicó, asimismo, Márquez (2007) que los granos de cebada poseen, por la parte exterior, capas duras y secas; la función de estas capas es proteger al grano, tienen una estructura en forma de hoja que cubre a las cariósides de los cereales son designadas glumillas y glumas, además la cebada tiene una cubierta más externa que forma parte del pericarpio, que se subdivide en tres partes epicarpio (protegido por cutículas y vellosidades), mesocarpio (formado por células transversales) y endocarpio (formado por células tubulares); la función de pericarpio es proteger a la semilla de agentes bióticos, pérdida de humedad, la cual contiene altas cantidades de capa más externa, es el endospermo, la cual contiene altas cantidades proteína y almidón, también denominada capa aleurona.

2.3.3. Composición química de los granos de cebada

Los nutrientes se encuentran distribuidos en diversas partes del grano de cebada, contiene una alta proporción de carbohidratos 65.0- 72.0 %, proteínas 10.0-11.0 %, humedad 12.0-

13.0 %, grasa 1.5-2.5%, fibra 2.5- 4.5%, y ceniza 2.0-3.0%; la principal característica de la cebada tiene un alto contenido de grasa poliinsaturada (4% de ácido linoleico); así mismo contiene polisacáridos (amilopectina)75% y amilosa un 25% (Callejo, 2001).

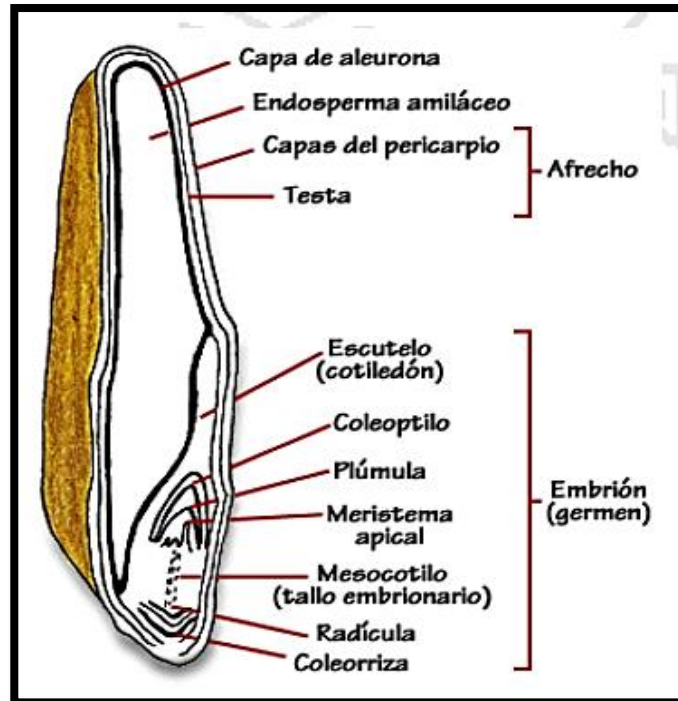


Figura 1. Partes del grano de la cebada.
Fuente: Callejo (2001).

2.4. Avena

La avena es una planta anual, pertenece a la familia de las gramíneas, puede adaptarse a diferentes climas desde semicálidos a fríos y a alturas desde 0 a 3.000 msnm. Aunque en general se siembra en regiones de clima frío seco o húmedo, ocupa el quinto lugar en la producción mundial de cereales, siendo el cereal de invierno de mayor importancia en los climas fríos del hemisferio norte (Delgado, 2016).

2.4.1. Características de la avena

“Las partes principales de la avena son: semilla, pericarpio, germen y endospermo, la avena crece de 0.5 a 1.5 metros tiene hojas color oscuro, su lígula es en forma ovalada, ramificaciones largas sosteniendo cada una espiga, y su fecundación es autógama, el grano comprende el cariósipide o albumen y la cáscara formado por el lema y palea así mismo el contenido de albumen de avena inglesa es de 68 – 81 % con un promedio de 75 %, a mayor contenido de albumen menor contenido de cáscara”(Soto, 2007).

2.4.2. Granos de avena

Los granos de avena se forman a partir de las flores o flósculos, están formados por un ovario, tres estambres y dos glumélulas los granos de avena se encuentran envuelto en un par de brácteas que cubre la cara dorsal del flósculo y palea cubre la ranura del grano (Soto, 2007).

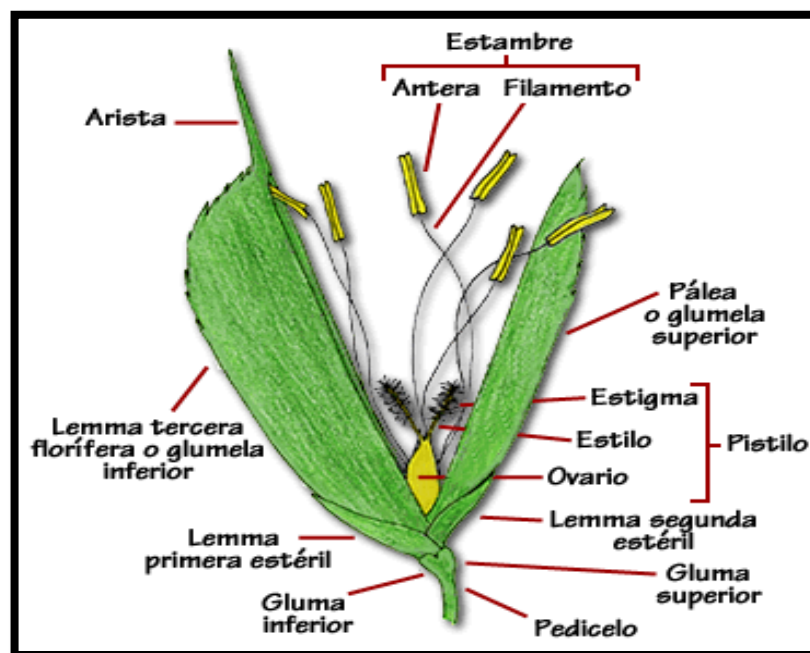


Figura 2. Componentes de una espiguilla de avena.

Fuente: Soto (2007).

La semilla de avena está contiene en un fruto llamado cariósipide, presenta una estructura denominada pericarpio; la semilla se encuentra conformada en parte interna por el endospermo y el embrión; la cubierta de la semilla se denomina testa y zona pigmentada (Bonett, 1961, p. 126).

2.4.3. Composición química de la avena

La avena es la que tiene más proteínas (con un buen balance de aminoácidos), de carbohidratos y de fibras que la gramínea de cebada; además de proteínas contiene el doble de grasas que otras especies, la cual está constituida principalmente por ácidos grasos insaturados, el endospermo contiene básicamente almidón y proteínas; mientras que el embrión está conformado por grasas, proteínas y vitaminas, humedad con un 13.5 %, proteína 10.3 %, lípidos 4.8%, fibra 10.3 %, cenizas 3.1% así mismo contiene polisacáridos como la amilopectina 75% y amilosa un 25% (UNAM, 2013).

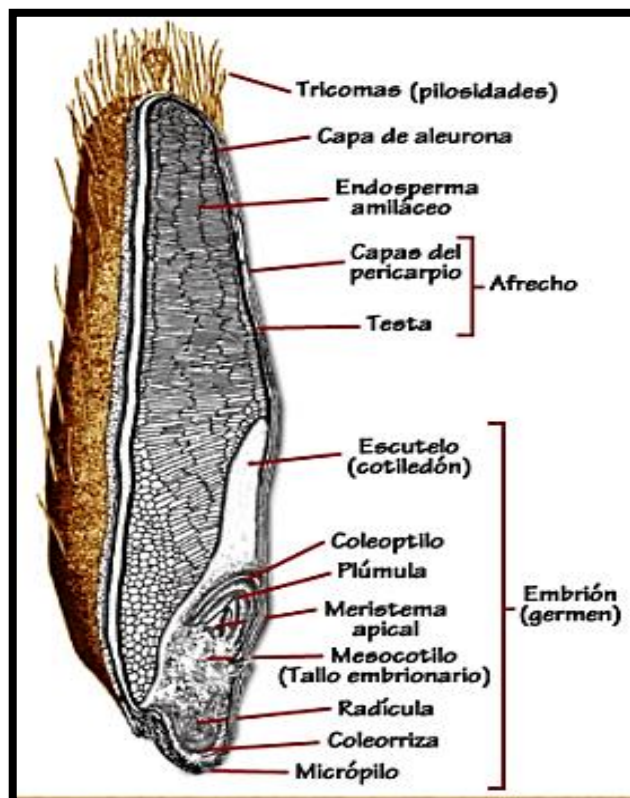


Figura 3. Partes del grano de la avena
Fuente: Soto (2007).

2.5. Tratamientos convencionales para la eliminación de metales pesados de efluentes acuosos

A continuación, se realizará una descripción de las tecnologías que han alcanzado mayor desarrollo.

a) Precipitación química

Se refiere a la eliminación del ion metálico indeseable disuelto, por añadidura de un reactivo que forme un compuesto insoluble con el mismo. Las especies metálicas en disoluciones precipitan al aumentar el pH. El proceso tiene lugar al de solubilizarse el metal y formarse el precipitado (Babel & Agustiono, 2003, pp. 219-243).

b) Intercambio iónico

El intercambio iónico trata de un mecanismo de interacción electrostática, debido a las fuerzas de atracción que tienen lugar cuando un ion de una disolución se intercambia por otro ion de igual signo que se encuentra unido a una partícula sólida

“Para la eliminación de metales pesados se han usado diferentes tipos de cambiadores de ion, para así comprobar la eficacia de clinoptilolita para la recuperación de cadmio y plomo” (Dundar, Nuhoglu & Nuhoglu, 2008, pp. 86-95)

c) Tecnología de membranas

Las membranas son barreras físicas semipermeables se le conoce como elemento separador, impidiendo su íntimo contacto y restringir el movimiento de las moléculas a través de ella de forma selectiva, lo que permite la separación de las sustancias contaminantes del agua, así generando un efluente acuoso depurado, las membranas funcionan sin adición de productos químicos.

d) Procesos electroquímicos

El proceso electroquímico está basado en utilizar técnicas electroquímicas; como su nombre mismo lo menciona, se explica entonces esta técnica funciona haciendo pasar una corriente eléctrica a través del agua que esencialmente ha de contener un electrolito y así provocando reacciones de oxidación y reducción tanto en el cátodo como en el ánodo finalmente esta técnica es costoso, difícil de ejecutar.

e) Adsorción

La metodología de la adsorción consiste en extraer materia de una fase y se concentra sobre la superficie de otra fase sólida. Por ello se considera como un fenómeno subsuperficial. La sustancia A (Adsorbato) presente en una fase fluida (líquido o gas) se concentra en la superficie y la sustancia B que es la fase sólida adsorbente se llama “adsorbente”, las moléculas se concentran en una capa interfacial, a eso se le conoce como adsorción (Dąbrowski, 2001).

f) Bioadsorción

La bioadsorción es un método económico y efectivo para la descontaminación de metales pesados en el agua, que está basada en la adsorción de los iones del metal por biomasa muerta, la biomasa puede ser activada o sin activación (Sala et al., 2010).

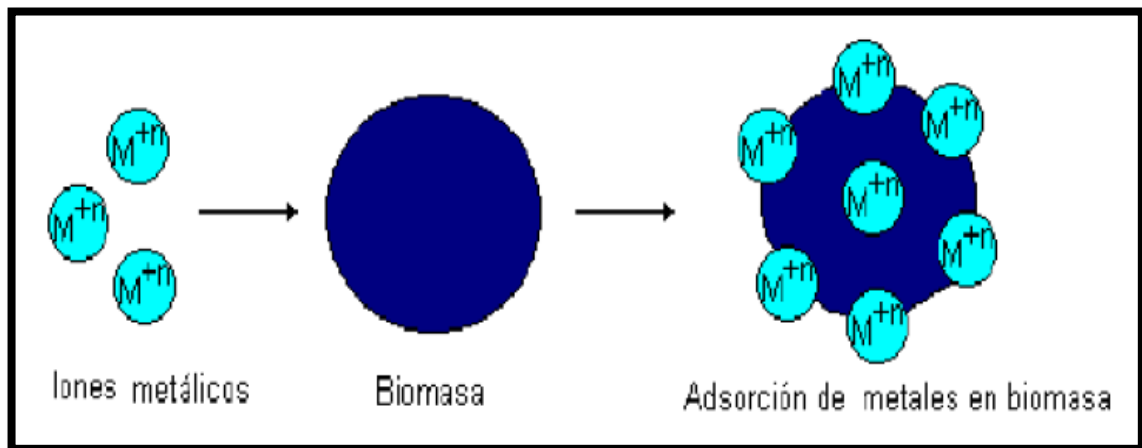


Figura 4. Bioadsorción

Fuente: Sala (2010).

El proceso de bioadsorción involucra una fase sólida (biomasa) y una fase líquida (agua) que contiene disueltos la sustancia de interés que será adsorbida (en este caso, los iones de los metales pesados). El fenómeno puede ocurrir por intercambio iónico, precipitación, complejación.

- **Intercambio iónico**

Propio de los iones metálicos divalentes que se intercambian con iones propios de los polisacáridos presentes en la biomasa. Las paredes celulares de la biomasa en general, se componen de polisacáridos como estructura básica de construcción. Las propiedades para el intercambio iónico de los polisacáridos naturales han sido estudiadas con detalles, y se han establecido fielmente la propiedad de que los iones metálicos divalentes se intercambian con ciertos iones (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+}) de los polisacáridos (Al-Asheh & Duvnjak, 1998).

- **Precipitación**

El mecanismo está asociado a la formación de un complejo en la pared celular que posteriormente es hidrolizado.

- **Complejación**

Se le llama complejación a la retirada de metales de una disolución, puede tener lugar a través de un mecanismo de formación de complejos en la pared celular, después de haberse llevado a cabo la interacción entre el metal y los centros activos. El metal se puede unir a través de ligaduras simples o a través de quelación (Mamani, 2016).

2.6. Factores que afectan el proceso de bioadsorción

Los factores que afectan en el proceso son el pH, la temperatura, Tamaño del bioadsorbente, el tipo y concentración inicial del contaminante (Hidalgo, 2004).

2.6.1. Influencia de pH

El pH es un factor muy importante porque mejora la remoción por bioadsorción de metales catiónicos, pero reduce la de los metales aniónicos; de aquí la dependencia que existirá entre el pH y la extracción del metal; así mismo, los metales son sustancias electropositivas, porque conceden cargas positivas a la superficie del bioadsorbente, dado que va aumentando el número de cargas negativas para así lograr la adsorción; de igual manera el rango de pH es función del tipo de biomasa a ser utilizado y del agua a tratar. Así mismo la adsorción de cationes suele estar favorecida para valores de pH superiores a 4,5, la adsorción de aniones prefiere un valor bajo de pH, entre 1,5 y 4.

2.6.2. Temperatura

La temperatura también es un factor muy importante, porque ayuda a la remoción del metal, un aumento elevado de la temperatura puede causar un cambio radical en la textura del adsorbente y un deterioro del material que desembocan en una pérdida de capacidad de bioadsorción.

2.6.3. Tamaño de bioadsorbente

Para la adsorción, el tamaño de partícula es un factor muy importante, las partículas de tamaño reducido adsorben más el contaminante, se debe a que aumenta el área superficial del bioadsorbente.

2.6.4. Concentración inicial del contaminante

Para que la biomasa sea efectiva debemos conocer la concentración inicial del contaminante que puede adsorber, para que así el tratamiento sea eficaz.

2.7. Marco conceptual

2.7.1. Metales pesados

Los metales pesados tienen una conductividad eléctrica alta. De acuerdo con la norma de calidad ambiental y descarga de efluentes, los metales pesados tienden a persistir en el medio ambiente, el grado de toxicidad de los metales depende de una serie de factores uno de ellos es de la propia naturaleza y de su disponibilidad en el ambiente; de igual manera otro de los factores es el pH, la temperatura, los iones inorgánicos (Pinedo, 2017).

2.7.2. Activación

Se le llama activación al tratamiento químico que se le aplica a un material adsorbente con un ácido o con una base (HCl, NaOH) para crear sitios activos y dar origen a una superficie insaturada, para que así la biomasa activada tenga un buen rendimiento en la remoción.

2.7.3. Medio acuoso

Se le llama medio acuoso a una preparación líquida que contiene una o más sustancias químicas (metales) solubles disueltas en agua.

2.7.4. Bioadsorción

La bioadsorción es un método de poder descontaminar uno de los recursos más importantes en otras palabras es la remoción de metales pesados contenidos en soluciones acuosas utilizando biomasas, existe una variedad de biomateriales que pueden utilizarse para los contaminantes: bacterias, hongos, algas, residuos industriales, agrícolas-naturales.

2.8. Marco legal

2.8.1. Estándares de calidad Ambiental

Mediante el Decreto Supremo D.S. N°004-2017-MINAM, establecen los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para un recurso vital para el ser vivo que es el agua, con el objetivo de tener los niveles y/o concentraciones óptimas para dicho recurso, en sus cuatro categorías, sin representar ningún riesgo para la salud de las personas; por lo tanto, el D.S. nos da a conocer los parámetros establecidos: físicos, químicos, microbiológicos (Decreto Supremo, 2017).

En la siguiente tabla se presenta los valores del ECA según el Decreto Supremo.

Tabla 1.
Estándares de calidad de agua, categoría 1

Parámetros	Unidad de medida	A1 Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	A2 Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional
Físico-Químicos			
Arsénico	mg/L	0,01	0,01

Fuente: Decreto supremo N°004.2017-MINAM.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La investigación se ejecutó inicialmente en el laboratorio de Saneamiento Ambiental de la Universidad Peruana Unión-Filial Juliaca. Los análisis de las muestras se realizaron en el laboratorio Bhios S.R.L., Arequipa.

3.2. Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo experimental puro, ya que se manipuló la variable independiente para observar los cambios en la variable dependiente.

3.3. Diseño de la investigación

Diseño factorial con dos factores AxB con 8 tratamientos y 3 repeticiones.

3.4. Variables de estudio

V1. Dependiente: Remoción de arsénico en medio acuoso.

V2. Independiente: Bioadsorbentes: Granos de cebada (*Hordeum vulgare L.*) y avena (*Avena sativa L.*).

3.5. Materiales, reactivos y equipos

Los materiales, equipos y los reactivos necesarios que se utilizaron para los ensayos y determinaciones fueron provistos por el laboratorio de saneamiento de la E.P de Ingeniería ambiental y el investigador.

Tabla 2.

Reactivos, equipos y materiales utilizado en la investigación.



Reactivos	Equipos	Materiales
Solución estándar de arsénico y agua tipo 1 ultra puro (utilizado por Bhios-Laboratorio)	Medidor de PH/°C, - Ma. HANNA Mo. HI 98129.	Vasos de precipitación de diferentes volúmenes: 100 ml, 500ml,1,000ml
Ácido muriático	Equipo de pruebas de jarras- (Floculador de jarras) Ma. VELP modelo JLT6 Se. 353871.	Matraces de Erlenmeyer de diferentes volúmenes: 250 y 500 ml.
Hidróxido de sodio a 0.1N	Refrigerador	Pipetas de diferentes volúmenes: 5ml, 10ml,
Ácido clorhídrico a 0.1N	Balanza electrónica	Pisetas
	Estufa esterilizadora Ma. BINDER Mo.	Envases de polietileno de 500ml para la conservación de muestras (Bhios Laboratorio)
	Termostato	Cooler de Tecnopor (Bhios laboratorio)
		Goteros
		Lunas de reloj
		Bagueta
		Espátula
		Embudos
		Papel filtro (filtración lenta)
		Mallas (tamiz) de malla 250.um
		Probeta de 300ml.
		Lavador
		Frascos de vidrio
		Batán (molino manual)
		EPPS- guantes de latex, barbijo 3M, guardapolvo, cofia.

Fuente: Elaboración propia.

3.5.1. Especies naturales utilizadas para la preparación de bioadsorbentes (Biomasa)

Se utilizaron dos especies como bioadsorbentes cebada y avena lo cual fueron adquiridas en los mercados locales de distrito de Juli, los bioadsorbentes fueron preparados en las instalaciones del laboratorio de saneamiento, FIA-UPeU según se detalla más adelante.

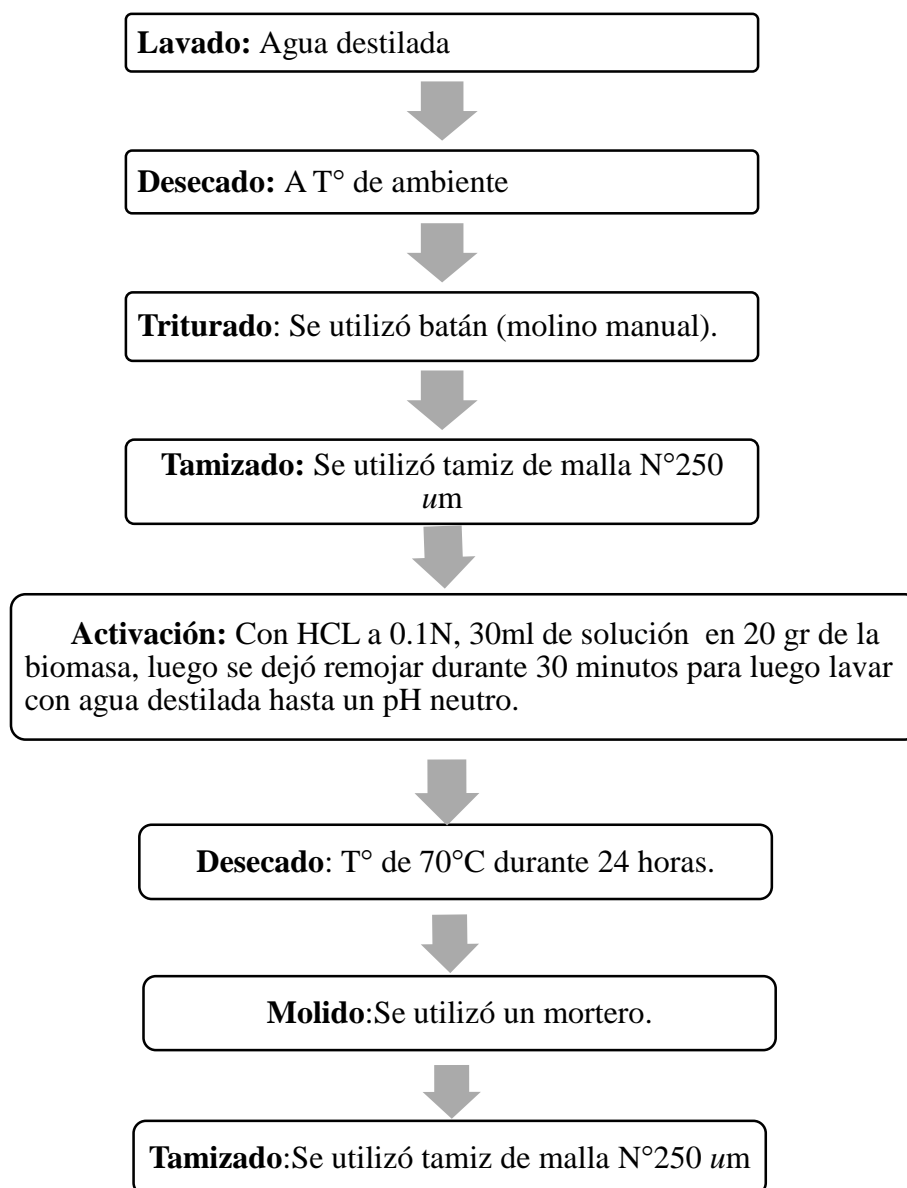
Tabla 3.
Biomasa utilizadas para la bioadsorción de arsénico

Nombre común	Nombre científico	Descripción
Cebada		
	<i>Hordeum vulgare L.</i>	Para obtener la biomasa se utilizó los granos completos, incluyendo la cascarilla, luego desecados y molerlos.
Avena		
	<i>Avena sativa L.</i>	Para obtener la biomasa se utilizó los granos completos, incluyendo la cascarilla, luego desecados y molerlos.

Fuente: Elaboración propia.

3.6. Métodos y procedimientos aplicados

3.6.1. Preparación de los bioadsorbentes- Diagrama de flujo



Fuente: Investigación de Albarracín (2014) y Trelles (2013).

3.6.2. Preparación de la solución acuosa de arsénico

Se preparó las soluciones acuosas a una concentración de 1mg/L de arsénico (As) por 1 litro, en total 8 litros, se utilizó solución estándar de arsénico y agua tipo1 ultra puro.

3.6.3. Ensayo de bioadsorción (test de jarra)

Se realizó el respectivo tratamiento, se utilizó 300ml de la solución de As en un vaso precipitado de 500ml; se ajustó el valor del pH de acuerdo a los niveles utilizados mínimo 5 y máximo 8, de igual manera con las concentraciones de las biomasas mínimo 5g y máximo de 10g. En seguida, estas fueron llevadas a la prueba de test de jarra (agitación) para el proceso de bioadsorción, a condiciones experimentales de 15°C, utilizando el equipo del termostato, con velocidad de agitación 200 rpm para todos los tratamientos, asimismo permitiendo el contacto entre la solución y la biomasa durante 330 minutos (5 horas y media).

Finalizando el tiempo de contacto, las muestras fueron reposadas durante 60 minutos, para permitir la sedimentación de la fase sólida; el volumen sobrenadante fue filtrado utilizando papel filtro (filtración lento). Dicha metodología fue adaptada de la investigación que realizó el autor Trelles (2013).

3.6.4. Análisis final de arsénico

Luego 200-250 ml del filtrado final fueron conservados en frascos de polietileno para la determinación posterior de la concentración de arsénico, las muestras finales fueron enviados a Bhios Laboratorios S.R.L., Arequipa los métodos utilizados para el análisis de arsénico por dicho laboratorio son: Standard Methods for the Examination of Water, Wastewater APHA-AWWA-WEF and Method C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/ Atomic Absorption Spectrometric Method.

3.7. Diseño experimental

3.7.1. Diseño factorial con dos factores (AXB)

En el diseño factorial con dos factores se considera A y B, y los niveles de prueba, respectivamente; con ellos se puede construir el arreglo factorial $a \times b$, por ende, consiste en $a \times b$ tratamientos. Se llama réplica a cada corrida completa del arreglo factorial.

En la siguiente figura vemos un arreglo general de un diseño factorial de dos factores

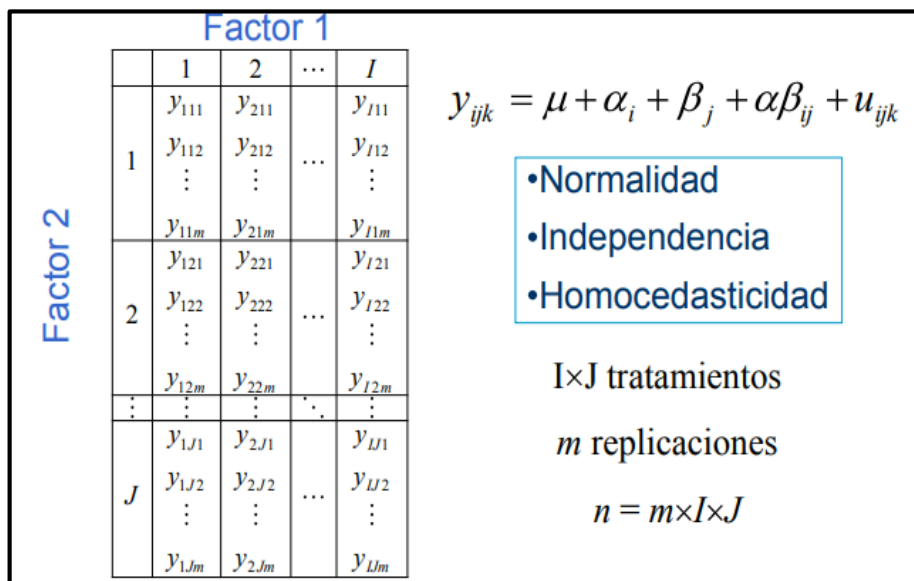


Figura 5. Diseño factorial de dos factores.

Fuente: Fuente: Montgomery Douglas (2004), diseño de experimentos

De forma general, cuando el diseño consta de dos factores, el modelo matemático puede representarse mediante la ecuación:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_j + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

y_{ijk} : Representa la variable respuesta por el sujeto i bajo el j-ésimo nivel del factor A y el k-ésimo nivel del factor B.

μ : Media general de la variable respuesta

α_j : Efecto principal asociado al tratamiento del j-ésimo nivel de la variable A.

β_j : Efecto principal asociado al tratamiento del j-ésimo nivel de la variable B.

$\alpha\beta_{ij}$: Efecto producido por la interacción entre el i-ésimo nivel de la variable A y el j-ésimo nivel de la variable B.

ϵ_{ijk} : Término de error aleatorio del modelo.

3.7.2. Unidad experimental

Medio acuoso (agua ultra pura con arsénico): 1mg/L de arsénico +1l de agua.

3.7.3. Factores y niveles

Se realizó un diseño factorial de AxB; es decir, con dos factores biomasa y pH, biomasa (A) tiene 4 niveles y pH (B) 2 niveles en total tengo $a \times b = 8$ grupos experimentales en diseño completamente al azar con 3 réplicas para un total de 24 pruebas.

- **Factores:** Bioadsorción (tratamientos).

Factor A -Biomasa: A₁: Avena 5g

A₂: Avena 10g

A₃: Cebada 5g

A₄: Cebada 10g

Factor B -pH: B₁: 5

B₂: 8

Tabla 4.
Combinaciones para la prueba de remoción

				FACTOR B		
				pH		
				Mín. 5	Max 8	
FACTOR A	Biomasa	Avena	Mín.	5g	pH 5	pH 8
			Mín.	10g	5g	5g
		Máx.	0g	pH 5	pH 8	
	Cebada	Avena	Mín.	5g	10g	10g
			Mín.	10g	pH 5	pH 8
		Máx.	5g	5g	10g	
			10g	pH5	pH 8	
				10g	10g	

Fuente: Elaboración propia.

3.7.4. Variable respuesta

Concentración final de arsénico en porcentaje (%)

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de datos

En la tabla 5 se observa los porcentajes de remoción de los 8 tratamientos, de las dos biomásas utilizadas avena y cebada, con dos valores de pH mínimo y máximo, para regular el pH se utilizó HCL a 0.1 e NaOH a 0.1N, se trabajó a un tiempo de 5 horas y 30 minutos.

A continuación, se presenta la tabla de porcentajes de cada uno de las réplicas de ambas biomásas.

Tabla 5.
Porcentaje de remoción de As de los 8 tratamientos, T° de 15°C a 200 ppm.

Tratamiento	Tipo de muestra			Réplica 1	Réplica 2	Réplica 3
	Especie	Dosis de biomasa	pH			
T1	Avena	5g	5	89.50%	89.50%	89.50%
T2	Avena	5g	8	90.50%	90.40%	90.90%
T3	Avena	10g	5	89.30%	89.50%	89%
T4	Avena	10g	8	89.80%	90.60%	90.50%
T5	Cebada	5g	5	90%	89.70%	89.20%
T6	Cebada	5g	8	89.10%	88.50%	89.60%
T7	Cebada	10g	5	89.20%	89.80%	89.30%
T8	Cebada	10g	8	89.20%	89.50%	89.40%

Fuente: Elaboración propia

4.2. Verificación de supuestos del modelo lineal aditivo del experimento

4.2.1. Normalidad de la biomasa, pH y tratamiento

El indicador de Shapiro-Wilk nos indica los valores de significancia son mayores que ($p > 0.05$); eso permite decir que cumple la normalidad de los datos a lo largo de los 4 niveles

de biomasa, los dos niveles de pH y los 8 tratamientos utilizados ($p > 0.05$); en conclusión, se acepta la hipótesis nula H_0 , (Ver anexo F).

4.3. Prueba de homogeneidad de varianzas

Las varianzas de todos los grupos son significativamente iguales, no hay evidencias de evasión del supuesto de homogeneidad de varianzas a lo largo de todos los tratamientos ($p = 0.178 > 0.05$, prueba de Levene), (Ver anexo G).

4.4. Análisis de varianza univariante

4.4.1. Significancia para remoción de As

Tabla 6.

*Significancia de tratamiento, biomasa(A), pH (B) y la interacción A*B.*

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	Gl	Media cuadrática	F	Significación
Tratamiento	.001	7	8.30E-005	7.043	.001
A	.000	3	6.70E-005	5.682	.008
B	8.07E-005	1	8.07E-005	6.841	.019
A * B	.000	3	9.99E-005	8.471	.001
Error	.000	16	1.18E-005		
Total corregida	.001	23			

Fuente: Datos obtenidos por la prueba ANOVA.

Se muestra en la tabla la significancia de remoción de As, al menos uno de los tratamientos reporta un porcentaje promedio de remoción significativamente diferente que los demás ($p = 0.001 < 0.05$, prueba ANOVA); así mismo, existe un efecto significativo del factor (A) biomasa porciones utilizadas para el tratamiento ($p = 0.008 < 0.05$, prueba ANOVA) y del factor (B) pH los dos valores para el tratamiento ($p = 0.019 < 0.05$, prueba ANOVA), y de la interacción AB ($p = 0.001 < 0.05$).

4.5. Porcentaje de remoción de arsénico As

Tabla 7.

Promedios de porcentaje (%) de remoción x 100, de los 8 tratamientos.

Tratamiento	Subconjunto				
	N	1	%	2	%
6	3	.89067	89.0		
3	3	.89300	89.3		
8	3	.89367	89.3		
7	3	.89433	89.4		
Duncan(a,b) 1	3	.89500	89.5		
5	3	.89633	89.6		
4	3			.90300	90.3
2	3			.90600	90.6
Significación		.089		.301	

Fuente: Datos obtenidos por la prueba ANOVA.

La prueba de comparaciones múltiples de promedios reporta dos grupos homogéneos de tratamientos, donde el primer grupo está formado por los tratamientos 1, 3, 5, 6, 7, 8 cuyas diferencias en promedio, entre ellos, no son significativos, mientras que el segundo grupo está formado por los tratamientos 2 y 4 que a su vez tienen el más alto promedio de % de remoción.

Tabla 8.

Porcentaje de remoción por tratamiento

Tratamiento	Media*	%	N	Desv. típ.
1	.89500b	89.5	3	.000000
2	.90600 ^a	90.6	3	.002646
3	.89300b	89.3	3	.003000
4	.90300 ^a	90.3	3	.004359
5	.89633b	89.6	3	.004041
6	.89067b	89.0	3	.005508
7	.89433b	89.4	3	.003215
8	.89367b	89.3	3	.001528
Total	.89650		24	.005786

Fuente: Datos obtenidos por la prueba Duncan.

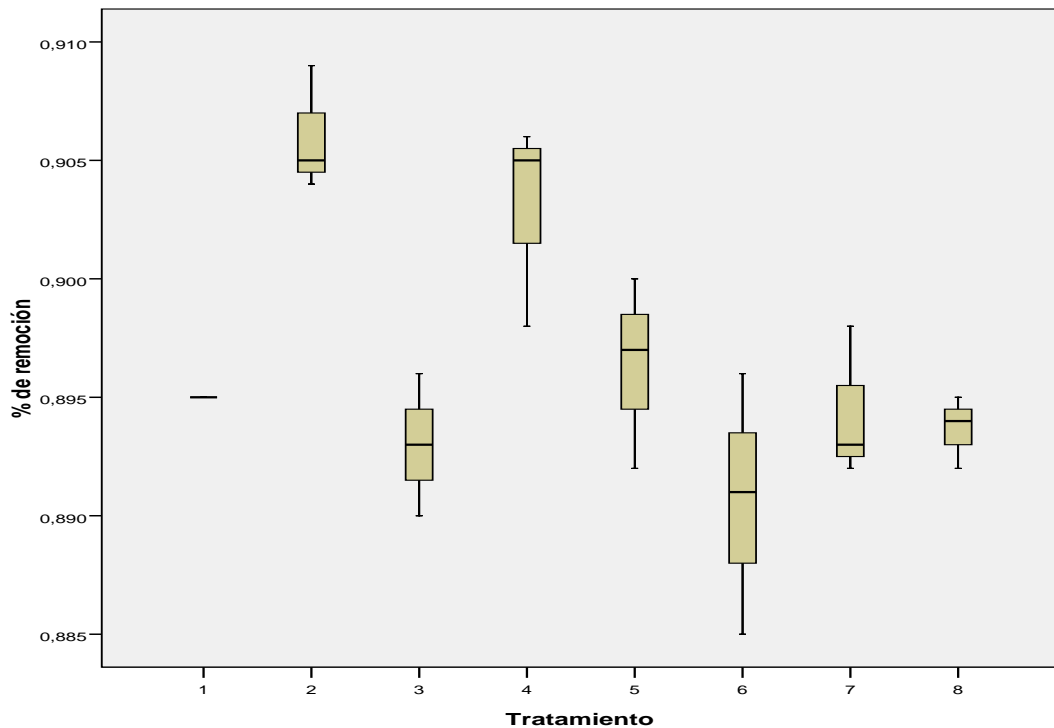


Figura 6. Gráfica de cajas y bigotes de porcentaje de remoción de los 8 tratamientos.

Se muestra los ocho tratamientos en donde los valores de la media se encuentran codificadas con letras a y b, quiere decir que los promedios más altos son las de la letra (a) y los que tienen promedios bajos se encuentran con la letra (b). Como se observa en la gráfica los 8 tratamientos de remoción de arsénico, los que tienen mayor porcentaje de remoción son los tratamientos 2 con un 90.6% y el tratamiento 4 con un 90.3%, mientras que los tratamientos 3, 5, 6, 7 y 8 tienen menor porcentaje de remoción. En conclusión, el tratamiento 2= avena tuvo el mayor porcentaje de remoción que todos los tratamientos.

4.6. Concentración óptima de biomasa

Tabla 9.
Remoción con respecto a la biomasa por grupos.

	Biomasa	N	Subconjunto					
			1	%	2	%	3	%
Duncan(a,b)	3 (Cebada 5g)	6	.89350	89.3				
	4 (Cebada 10g)	6	.89400	89.4	89400	89.4		
	2 (Avena 10g)	6			89800	89.8	.89800	89.8
	1 (Avena 5g)	6					.90050	90.0
	Significación		.804		.061		.225	

Fuente: Datos obtenidos por la prueba Duncan.

En la tabla 9 se muestra las comparaciones múltiples de promedios de 3 grupos homogéneos donde los dos niveles de cebada forman el primer grupo con los más bajos porcentajes de remoción, mientras que avena en sus dos niveles forman el tercer grupo con los más altos porcentajes de remoción; el porcentaje de remoción intermedio está dado por el segundo grupo homogéneo y está formado por avena 10g con cebada 10g ($p < 0.05$, prueba Duncan).

Tabla 10.
Porcentaje de remoción respecto a la biomasa.

Biomasa	Media*	%	N	Desv. típ.
1 (Avena 5g)	.90050 ^a	90.0	6	.006253
2 (Avena 10g)	.89800 ^{ab}	89.8	6	.006419
3 (Cebada 5g)	.89350 ^c	89.3	6	.005320
4 (Cebada 10g)	.89400 ^{bc}	89.4	6	.002280
Total	.89650		24	.005786

Fuente: Datos obtenidos por la prueba Duncan.

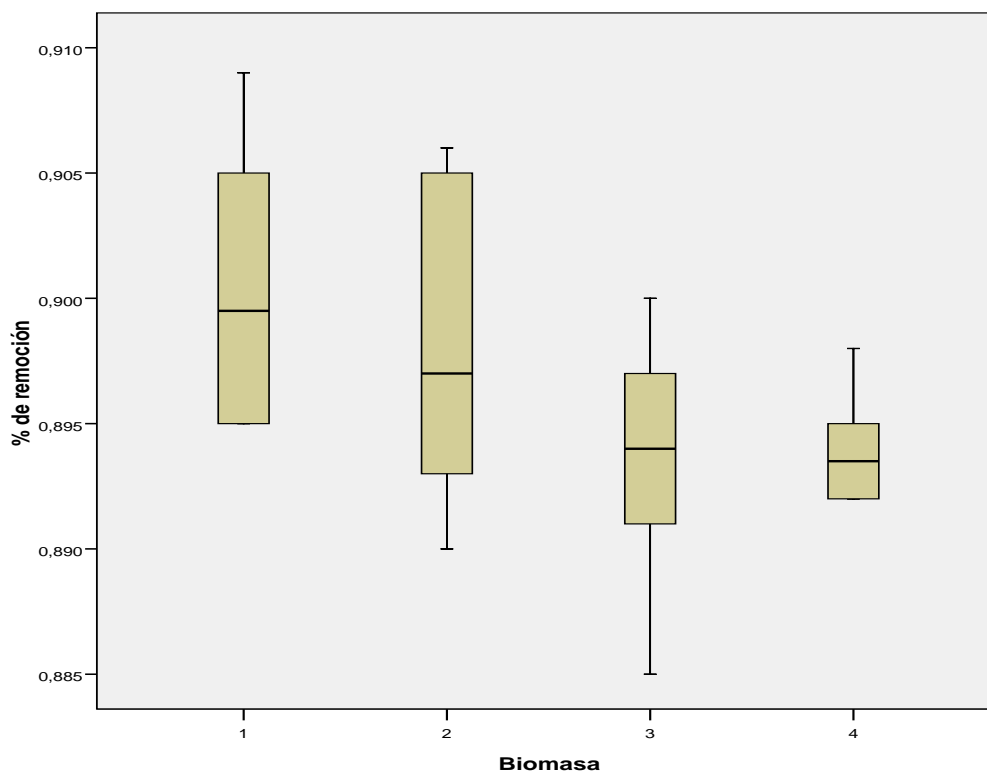


Figura 7. Gráfica de cajas y bigotes de porcentaje de remoción altos y bajos.

En la tabla 10 muestra el cuadro de resumen del porcentaje de remoción por biomasa, las cuales se encuentran codificadas con letras a, ab, c, bc. La biomasa de avena 5g codificada con la letra (a) representa un mayor porcentaje (%) de remoción que los todo los demás llega a un 90.0%, la biomasa de avena 10g codificada con (ab) muestra un porcentaje de remoción 89.8% así mismo cebada 10g codificada con (bc) presenta un porcentaje de 89.4%, ambas biomasa representan a un porcentaje de remoción intermedio, la biomasa que reportó tener baja remoción es la cebada 5g codificada con la letra (b) con un 89.3%.

Como se muestra en la gráfica la biomasa de avena tiene mayor porcentaje de remoción que la de cebada por ende la concentración de biomasa óptima es de 5g.

4.7. Condiciones óptimas de pH

4.7.1. Prueba de muestras independientes para comparar los niveles de pH

Tabla 11.
Diferencias entre los niveles de pH.

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias				
		F	Sig.	t	Gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia
% de remoción	Se han asumido varianzas iguales	12.763	.002	-1.605	22	.123	-.003667	.002285
	No se han asumido varianzas iguales			-1.605	14.178	.131	-.003667	.002285

Fuente: Datos obtenidos por la prueba ANOVA.

No hay evidencia suficiente para afirmar que los dos niveles de pH reporten un % de remoción promedio significativamente diferente entre ellos.

Tabla 12.
Resumen de porcentaje respecto al pH.

pH	Media	%	N	Desv. típ.
1 (pH=5)	.89467 ^a	89.4	12	.002839
2 (pH=8)	.89833 ^a	89.8	12	.007390
Total	.89650		24	.005786

Fuente: Datos obtenidos por la prueba T-Student.

Letras iguales indican diferencias no significativas, ($T=0.131 > 0.05$, prueba T-Student para dos muestras independientes con varianzas desconocidas pero diferentes ($p=0.002 < 0.05$ prueba de T-Student)), por lo tanto, los dos niveles de pH son iguales, la biomasa de cebada

tuvo un alto porcentaje con un pH de 5 y la biomasa de avena con un pH de 8. ($p < 0.05$ Prueba T.-Student).

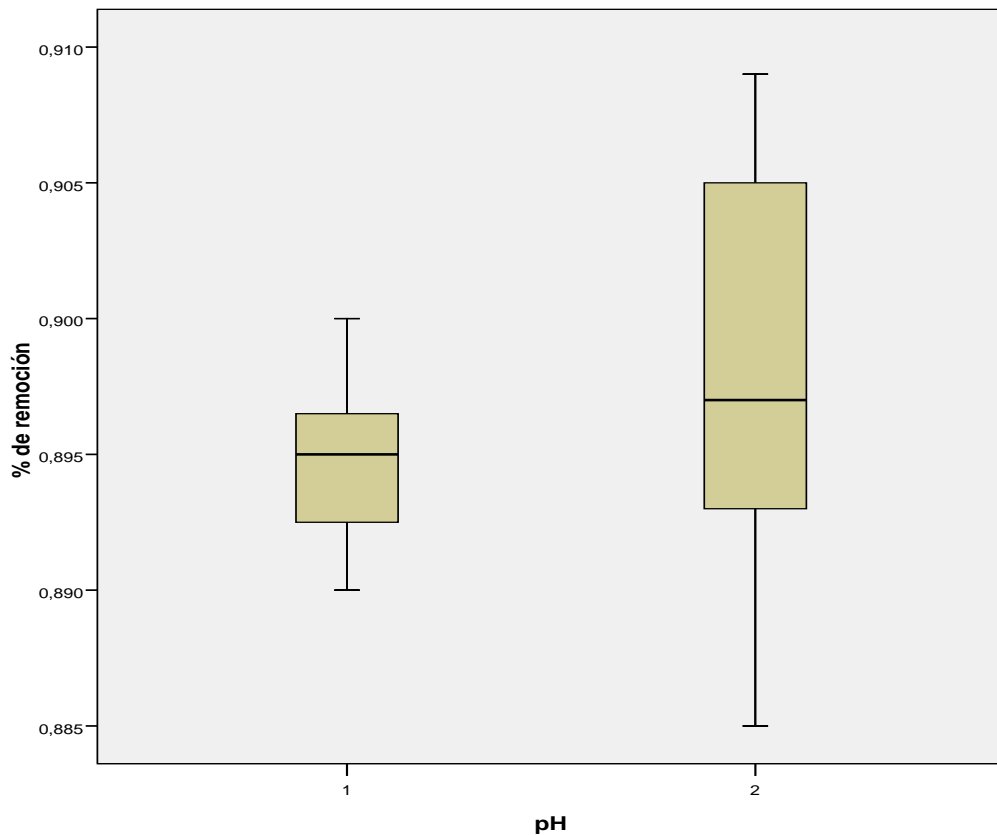


Figura 8. Gráfica de cajas y bigotes de porcentaje de remoción según pH.

En la gráfica de cajas se observa dos niveles de pH mínimo= 5 y pH máximo= 8 para ambas biombras, muestra claramente que el pH 8 es el óptimo ya que con ese valor de pH se obtuvo un alto porcentaje de remoción a 89.8%.

4.8. Discusión

Remoción en función al pH

De los resultados obtenidos del análisis estadístico, la avena es un biadsorbente eficiente a un pH de 8 y la cebada a un pH de 5 a condiciones de tratamiento de 15°C. Zea (2017) en su investigación indica que mediante la bioadsorción utilizando cascarilla de *Oryza sativa* (arroz) que también es una gramínea parecido a la avena y cebada pone como pH óptimo de

5 para extraer arsénico, en donde tuvo mayor absorción, de igual manera, Mamani (2016) en su investigación indica que la bioadsorción de Pb(II) con salvado de cebada demostró que el pH óptimo fue de 5, entonces concuerda con los resultados de la especie de cebada. En caso de avena que tuvo el mayor porcentaje de remoción con un pH de 8, según Ramón (2017) en su investigación nos recomienda trabajar a pH altos ya que su pH óptimo de las gramíneas es de 6 a 8, de igual manera Nordstrom et al (2014) nos dice que el metal de arsénico se disocia a un pH alto (8.9.10) así mismo el metal de arsénico tiene cationes lo cual se trabaja a pH altos, por ende concuerda con los resultados de la biomasa de avena.

Remoción en función de la Biomasa

Los resultados obtenidos muestran que el valor de biomasa en el que se obtuvo mayor remoción de arsénico en medio acuoso es de 5g, se utilizaron dos concentraciones de biomasa 5g y 10g para todos los tratamientos.

La variación del porcentaje de remoción con respecto a la masa presentó tres tendencias; la primera fue decreciente; la segunda fue homogénea y por último el tercer grupo fue creciente hasta un máximo porcentaje de remoción. Las muestras de granos de avena reportaron tener mayor capacidad de remoción para una cantidad de 5g de biomasa lo cual alcanzó a 90 % de remoción para avena y para cebada 89.4% con una cantidad de biomasa de 10g. Trelles (2017) en su investigación utilizaron diferentes concentraciones de biomasa (ocho tipos de biomasa) 1 a 3g, las remociones máximas no pasaron del 70 %. Las biomásas utilizadas para esta investigación han sido activadas y se utilizaron mayor proporción a un tiempo menor, en caso de Trelles utilizaron las biomásas sin activarlas en menor proporción y mayor tiempo y menor concentración de As. De igual manera Pacheco (2017) en su investigación utilizó 5g de biomasa de avena para remover cromo lo cual dio buenos resultados, esto quiere decir que concuerda en el punto de uso de biomasa.

Porcentajes de remoción reportadas

Cabe mencionar que en el marco de la presente tesis se utilizaron los bioadsorbentes con modificaciones físicas básicas, pero luego fueron activadas, se trabajó con una concentración inicial de 1mg/L de arsénico a un tiempo de 330 minutos.

Los resultados obtenidos confirman que existe una capacidad de remoción apreciable, el porcentaje más alto fue la biomasa de avena tratamiento 2 con un 90.6%, mientras que con la especie de cebada el porcentaje de remoción más alto fue en el tratamiento 5 con un 89.6%. Trelles (2013) utilizó ocho tipos de biomazas para remover el arsénico, una de las especies utilizadas fue la cebada, la concentración inicial de arsénico 0.25 mg/l, tiempo de tratamiento durante 16 horas, porción de la biomasa no activada 1g, el porcentaje de remoción fue de 74.9%, del mismo modo Mamani (2016), en su investigación utilizó biomasa de cebada para remover plomo, la biomasa fue activada, trabajó a una temperatura de 15°C a diferentes concentraciones de Pb a un pH de 5, obteniendo resultados significativos para la remoción de plomo, por otro lado Pacheco (2014) utilizó la biomasa de avena para remover Cr, con una concentración inicial de 100 mg/l de cromo, 5 g de biomasa por 3 horas, el resultado de porcentaje fue mayor al 50%, por lo tanto la biomasa de avena es eficaz para remover el metal de Cr.

Zea (2017) en su trabajo de investigación utilizó biomasa activada de cascarilla de *Oryza* (arroz) para remover arsénico a diferentes concentraciones a un pH de 5, durante 120 minutos, los resultados muestran que alcanzó al 100% de remoción, por lo tanto, es factible utilizar biomazas naturales para remover metales.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- En esta tesis se evaluó la remoción de arsénico a través de la bioadsorción con biomásas naturales de granos de cebada (*Hordeum vulgare L.*) y avena (*Avena sativa L.*) que, según los resultados obtenidos, las biomásas tienen la capacidad de remover el metal de arsénico en medio acuoso.
- Se obtuvo las biomásas de granos de cebada (*Hordeum vulgare L.*) y avena (*Avena sativa L.*) siguiendo los procesos de lavado, desecado, triturado, tamizado, activado, desecado, molido y por último tamizado, terminando todo ese procedimiento las biomásas fueron utilizadas para el tratamiento. El material bioadsorbente más eficaz fue la biomasa de avena.
- Se determinó las condiciones de pH y concentraciones de biomasa óptima, de acuerdo a los resultados estadísticos empleado en esta investigación; el cual nos indica que el valor óptimo del pH es 8 y la cantidad de bioadsorbente óptima es de 5g durante 330 minutos, concluyendo que estos factores definen la capacidad de remoción del arsénico.
- Se determinó el porcentaje de remoción de arsénico que tiene la biomasa de cebada (*Hordeum vulgare L.*) y avena (*Avena sativa L.*), de los ocho tratamientos según el modelo estadístico; los cuatro primeros son de granos de avena, el tratamiento 1 removió a un 89.5%, tratamiento 2 con un 90.6%, tratamiento 3 un 89.3% y el

tratamiento 4 un 90.3%. y los cuatro últimos tratamientos son de granos de cebada, el tratamiento 5 tuvo un porcentaje de remoción de 89.6%, tratamiento 6 un 89 %, tratamiento 7 con un porcentaje de 89.4% y por último el tratamiento 8 con un porcentaje de 89.3 %.

Los porcentajes de remoción máximos de arsénico en medio acuoso, presentaron los granos de avena, el tratamiento 2 con 90.6%, mientras que los granos de cebada obtuvieron valores menores al de avena, el tratamiento 5 con 89.6%.

- En conclusión, las biomásas de los granos (cebada y avena), demostraron ser útil y eficaz para la remoción de arsénico en medio acuoso, ambos pasaron a un porcentaje mayor a 50% de remoción.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda el uso de bioabsorbentes naturales para la descontaminación de metales del agua.
- Se recomienda hacer la aplicación de esta investigación en aguas, en ríos o pozos que están contaminadas con arsénico para saber la eficacia de la cebada y avena.
- Se recomienda trabajar con pH de 8 ya que es eficaz para la remoción de arsénico.
- Ensayar la remoción de otros metales utilizando las biomásas de cebada y avena.
- Por sus propiedades físicas y químicas se recomienda hacer otros estudios de manera que este material sea utilizado en diversas formas como bioadsorbente natural.

Referencias

- Agencias, J. (2007). Arsénico en agua potable en todo el mundo. Retrieved from <https://www.dw.com/es/arsénico-en-agua-potable-en-todo-el-mundo/a-2456343>
- Al-Asheh, S., & Duvnjak, Z. (1998). Binary Metal Sorption by Pine Bark: Study of Equilibria and Mechanisms. *Separation Science and Technology*, 33, pp.1303-1329. <https://doi.org/10.1080/01496399808544985>
- Albarracín, F. (2014). *Capacidad de adsorción para remover el ion metálico Pb (II) por el tanino de la cáscara de Tarwi (Lupinus mutabilis Sweet), de las aguas del río Ramis Puno, Perú*. (Tesis de doctorado en Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente). Universidad Nacional del Altiplano, Puno-Perú.
- ANA, A. N. del A. (2017). *Fuentes contaminantes en la cuenca del Lago Titicaca*. Puno. Retrieved from www.ana.gob.pe
- Babel, S., & Agustiono, T. (2003). *Low-cost adsorbents for heavy metals uptake from contaminated water: a review*. *Journal of Hazardous Materials* (Vol. 97).
- Bonett, O. (1961). *The OAT PLANT: Its Histology and Development* (Urbana, IL). California. p.111-112. Retrieved from <http://hdl.handle.net/2142/8676>
- Bournod, L., Cabezas, E., & Pérez, C. (2010). *Remoción del Arsénico mediante Coagulación, Filtración y Sedimentación Comparación con tecnologías disponibles y análisis de una planta tipo*. Retrieved from <http://www.edutecne.utn.edu.ar>
- Callejo, M. J. (2001). *Industrias de cereales y derivados*. (S. A. M.-P. LIBROS, Ed.) (Madrid). Retrieved from <https://latam.casadellibro.com/libros-ebooks/maria-jesus->

callejo-gonzalez/125955

Carabantes, A. G., & Fernicola, N. A. G. G. de. (2003a). Arsénico en el agua de bebida: un problema de salud pública. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, 39(4), p.2. <https://doi.org/10.1590/S1516-93322003000400003>

Carabantes, A. G., & Fernicola, N. A. G. G. de. (2003b). Arsénico en el agua de bebida: un problema de salud pública. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, 39(4), 365–372. <https://doi.org/10.1590/S1516-93322003000400003>

Castro de Esparza, M. . (2006). Presencia de arsénico en el agua de bebida en América Latina y su efecto en la salud pública. *Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Del Ambiente.*, pp.1-14.

Dąbrowski, A. (2001). Adsorption from theory to practice. *Advances in Colloid and Interface Science*, 93(1–3), pp.135-224. [https://doi.org/10.1016/S0001-8686\(00\)00082-8](https://doi.org/10.1016/S0001-8686(00)00082-8)

Decreto Supremo, N. 004 M. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias (2017). Retrieved from <http://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/59020>

Delgado, A. (2016). *Producción de avena (avena sativa) como forraje verde hidropónico con tres métodos de producción, en el distrito 8 de la ciudad del alto.* (Tesis de grado en Ingeniería Agronómica) Universidad Mayor de San Andres, La Paz -Bolivia.

DHUMA, D. H. y M. A. (2017). Crónica sobre la contaminación de la Cuenca Coata: “Un Problema Social.” Retrieved from <http://www.derechoshumanospuno.org/agenda/noticias/294-una-cronica-de-la->

contaminacion-de-la-cuenca-coata-un-problema-social

Dundar, M., Nuhoglu, C., & Nuhoglu, Y. (2008). Biosorption of Cu(II) ions onto the litter of natural trembling poplar forest. *Journal of Hazardous Materials*, 151(1), pp.86-95. <https://doi.org/10.1016/J.JHAZMAT.2007.05.055>

F, Gustavo; Gonzales, R. (2014). Aguas y arsénico natural en el Perú, pp.1-8.

Flores, M. (2016). *Remoción de arsénico con cáscara de semilla de girasol mediante el proceso de adsorción en aguas del manantial Puncomachay, Jauja 2016*. (Tesis de Ingeniero ambiental). Universidad César Vallejo, Lima.

Hidalgo, S. (2004). Reutilización de residuos de rapa para la eliminación de metales tóxicos en efluentes líquidos.

INIA, E. E. A. S. A. (2007). *Cebada INIA 416 La Milagrosa*. Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA, Huancayo. Retrieved from <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/634>

Latham, M. C. (2002). *Capítulo 26: Cereales, raíces feculentas y otros alimentos con alto contenido de carbohidratos*. Ithaca, Nueva York, Estados Unidos: FAO. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/006/w0073s/w0073s0u.htm>

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*. (Tesis de Ingeniero Químico). Universidad Nacional del Altiplano, Puno- Perú.

Mamani, R. (2016). *Bioadsorción de plomo (II) de las aguas del rio ayaviri, mediante el*

- uso de salvado de cebada.* (Tesis de Ingeniero Químico). Universidad Nacional del Altiplano, Puno-Perú.
- Márquez, K. (2007). *Elaboración y evaluación de un producto de planificación con harina de cebada.*
- Mohan, D., & Pittman, C. U. (2007). Arsenic removal from water, wastewater using adsorbents—A critical review. *Journal of Hazardous Materials, 142.*
<https://doi.org/10.1016/J.JHAZMAT.2007.01.006>
- OMS, O. M. de la S. (2018). Arsénico. Retrieved from <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>
- Pacheco, Nancy; Cárdenas, Juan; Moctezuma, María; Martínez, Manuel; Perez, Adriana; Acosta, I. (2017). Remoción de cromo (VI) en solución acuosa por biomasa de avena (Avena sativa), (June).
- Perez, M. (2010). *La Cebada: Morfología y Taxonomía de la Cebada.*
- Pinedo, K. J. L. (2017). *Evaluación de la calidad de agua para uso recreacional en la quebrada Simuy -Yurimaguas, 2017.* (Tesis de Ingeniero Ambiental).Universidad Peruana Unión, Tarapoto.
- Ramón, F. (2017). “*Capacidad del residuo de la cebada ‘hordeum vulgare’ para la absorción de cromo (Cr+6) en aguas contaminadas a nivel del laboratorio 2017.*” (Tesis de Ingeniero Ambiental). Universidad Cesar Vallejo, Lima-Perú.
- Ravenscroft, P., Brammer, H., & Richards, K. (2009). *Arsenic Pollution: A Global Synthesis.* Retrieved from www.ebookcenter.ir

- Sala, L. F., García, S. I., Carlos González, J., Frascaroli, M. I., Bellú, S., Mangiameli, F., ... Salas, J. M. (2010). Biosorción para la eliminación de metales pesados en aguas de desecho. *Www.Rseq.Org An. Quím*, 106.
- Soto, M. (2007). *Estudio del efecto del espesor de laminado en un cereal de avena con almidón retrogradado, sobre su Índice glicémico*.
- Sun, D. F., & Gong, X. (2009). Barley Germplasm and Utilization. p. 111-112. (pp. 18–62). Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-01279-2_2
- Suyon, X. (2018). *Remoción de arsénico y turbidez del agua dulce superficial del río Tablachaca utilizando cenizas de cascara de arroz- 2017*. (Tesis de Ingeniero Civil). Universidad San Pedro, Chimbote.
- Tabasco, A. (2016). *Absorbedor de arsénico para su eliminación del agua*. Retrieved from www.fundacionaquae.org/wp-content/uploads/2016/10/TFM_Alba-Martin.pdf
- Trelles, J. A. (2013). *Biosorción de arsénico en medio acuoso empleando biomásas vegetales inertes*. (Tesis de maestría en Ciencias con Mención en Tratamiento de Aguas y Reuso de Desechos). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima-Perú.
- UNAM, U. N. A. de M. (2013). Composición Química de los Cereales. Retrieved from http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/semillas/index.php?option=com_content&view=article&id=16&Itemid=20
- Vera, L. (2014). *Remoción de arsénico del agua residual industrial de proceso mediante el método de bioadsorción*. (Tesis de Ingeniero en Procesos Ambientales). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Torreon- Coahuila.

Zea, G. (2017). *Remoción de arsénico (III) Y (V) de soluciones acuosas mediante el proceso de biosorción utilizando cascarilla de Oryza sativa arroz modificada con dióxido de manganeso.* (Tesis de maestría en Química del Medio Ambiente).
Universidad Católica De Santa María, Arequipa, Perú.

ANEXOS

Anexo A. Panel fotográfico



Fotografía 1. Lavado y secado de las especies Avena y Cebada.



Fotografía 1. Trituración de los granos de Cebada y Avena usando batán.



Fotografía 3. Tamices utilizados malla 250um.



Fotografía 2. Las biomásas pasaron a ser tamizadas.



Fotografía 3. Activación de las biomásas.



Fotografía 4. Secado de las biomásas.



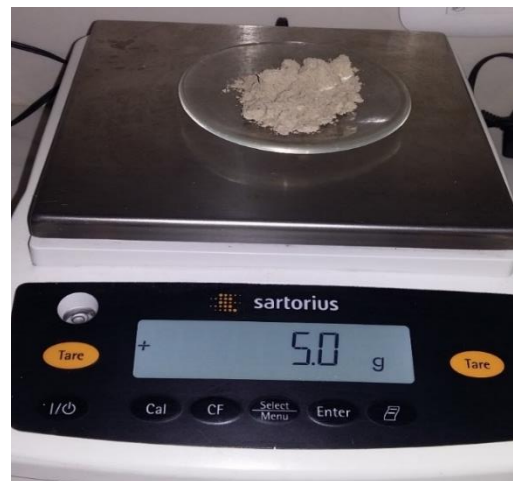
Fotografía 5. Biomasa activada con HCL.



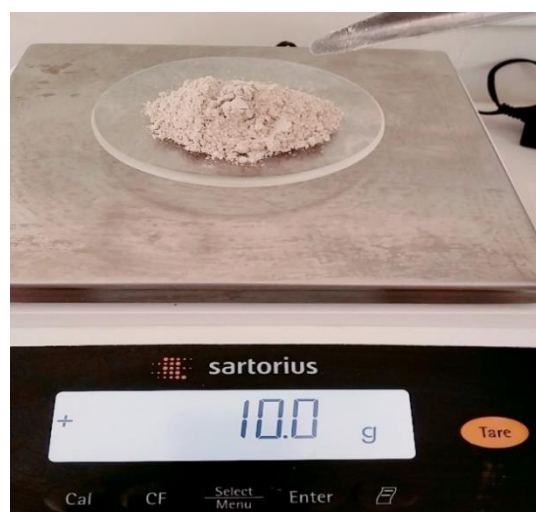
Fotografía 6. Biomasa activada molida y tamizada.



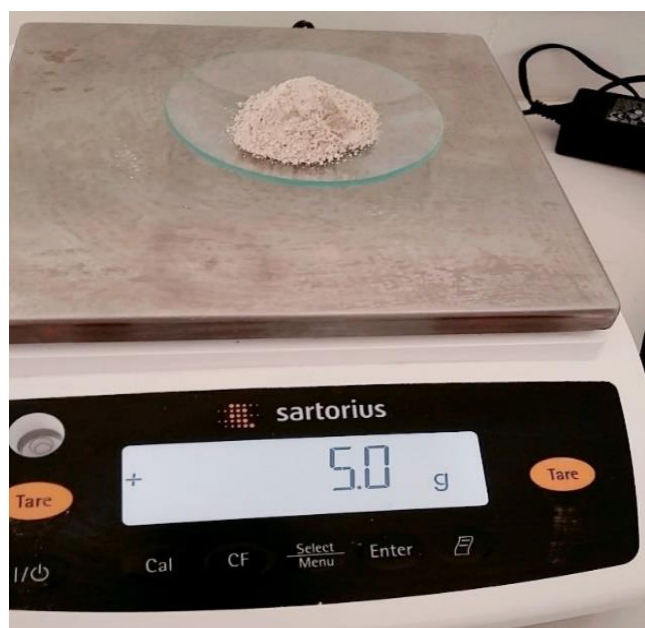
Fotografía 7. Pesado de la biomasa de Avena.



Fotografía 8. Pesado de la biomasa de Avena.



Fotografía 9. Pesado de la biomasa de Cebada.



Fotografía 10. Pesado de la biomasa de Cebada



Fotografía 11. Solución acuosa de As.



Fotografía 12. Preparación de 300ml de la solución en vasos de precipitación.



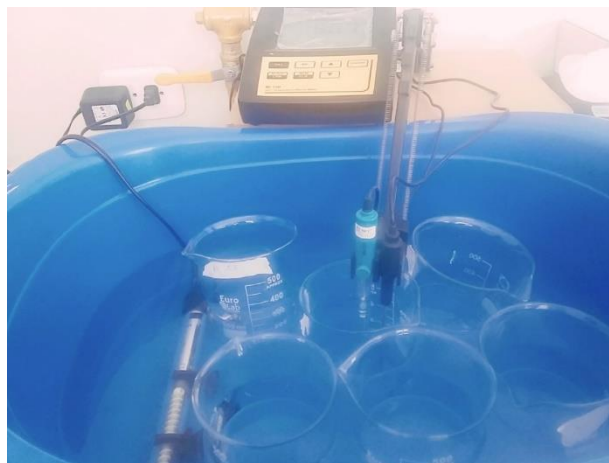
Fotografía 13. Ajuste de pH.



Fotografía 14. pH mínimo.



Fotografía 15. pH máximo con el que se trabajó.



Fotografía 16. Uso del termostato.



Fotografía 17. Medición de temperatura.



Fotografía 18. Uso de prueba de jarras para la agitación- Cebada.



Fotografía 19. Uso de prueba de jarras para agitación- Avena.



Fotografía 20. Sedimentación de la fase sólida.



Fotografía 21. Filtración de tratamiento con Avena



Fotografía 22. Filtración con tratamiento con Cebada.



Fotografía 23. Conservación de la muestra.

Anexo B. Ficha de preparación de la solución acuosa



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: YESICA CHOQUEJAHUA

1.- Solucion Estándar de Arsénico 1mg/L

Medir una alícuota de 8 ml de la solución patrón certificada de 1000 mg/L de Arsénico, 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



REGISTRO DE ENVIO DE MUESTRAS DEL CLIENTE

Estimado cliente: Agradecemos complete los datos solicitados.

Cliente/ Razón Social	Yesica Choquejahuá Guenta.		
Dirección	Jr. Manuel Pardo N° 731 N2: C-5 Lote: 2-A		RUC: 09570154309
Nombre del muestreador:			
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	PROCEDECENCIA (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° 1											
01	Soluciones acuosas de arsénico - tratadas con biomasa de AVEÑA.	muestra 1 PH = 5 C = 5g		03733544-8287506 - Puno - San Román - Juliaca	12/11/18												1	
02	Soluciones acuosas de arsénico - tratadas con biomasa de AVEÑA.	muestra 2 PH = 5 C = 10g		Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Juliaca	12/11/18												1	
03	Soluciones acuosas de arsénico - tratadas con biomasa de AVEÑA.	muestra 3 - AVEÑA PH = 8 C = 5g		Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Juliaca	12/11/18												1	
04	Soluciones acuosas de arsénico - tratadas con biomasa de AVEÑA.	M04 - AVEÑA PH = 8 C = 10g		Departamento: Puno Prov: San Román Dist: Juliaca	12/11/18												1	
05	Soluciones acuosas de arsénico - tratadas con biomasa de AVEÑA.	M05 - AVEÑA PH = 5 C = 5g		- Puno - San Román - Juliaca	12/11/18												1	200 - 250 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 geopacks 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 Termal ASR: Superficial de Río ASL: Superficial Lago/Laguna ASD: Deposición Atmosférica	Para Uso y Consumo Humano ACB: Bebida - Potable ACM: Bebida - Mesa ACV: Bebida - Envasada ACP: Piscina ACL: Laguna Artificial	Residual ARD: Doméstica ARI: Industrial ARM: Municipal	De Proceso ARF: Inyección y reinyección APC: Circulación o enfriamiento APA: Alimentación p/ calderas ARCL: Calderas	Salina AMAR: Mar ASSB: Salobre ASSL: Salmuera ASIR: Inyección y Reinyección
	APL: Lixiviación APP: Purificada - destilada APP: Purificada - osmótica				

Firma del Muestreador:	Observaciones:	Fecha y Hora de Envío de Muestras:	12/11/18 Terrestre
		Vía Utilizada:	
		Posibles Sustancias Interferentes:	

Para ser llenado al momento de llegada de muestra (e) 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	Jessica Choquejahuu Quenta.		
Dirección	Sr. Manuel Pardo N° 731 HZ-65 Lote 2-A	RUC:	D03-70154309
Nombre del muestreador			
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 ensayos por muestra (Und)	Cantidad Total (ml o g por Muestra)
							Cotización N° 1											
06	01 Soluciones avosadas de aseéptico tratadas con biomásas de AVEÑA.	M06 - AVEÑA PH = 5 C = 10g.		- Puno - San Román - Juliaca.	12/11/18												1	
07	02 Soluciones avosadas de aseéptico tratadas con biomásas de AVEÑA.	M07 - AVEÑA PH = 8 C = 5g.		- Puno - San Román - Juliaca.	12/12/18												1	
08	03 Soluciones avosadas de aseéptico tratadas con biomásas de AVEÑA.	M08 - AVEÑA PH = 8 C = 10g.		- Puno - San Román - Juliaca.	12/12/18												1	250 ml
09	04 Soluciones avosadas de aseéptico tratadas con biomásas de AVEÑA.	M09 - AVEÑA PH = 5 C = 5g.		- Puno - San Román - Juliaca.	12/11/18												1	
10	05 Soluciones avosadas de aseéptico tratadas con biomásas.	M10 - AVEÑA PH = 5 C = 10g.		- Puno - San Román - Juliaca.	12/11/18												1	

NOTAS IMPORTANTES:

- En cada fila ingresar una muestra (frasco y conjunto de frascos tomados en un mismo punto)
- Condiciones de envío (**Rara Aguas**): En contenedor isotérmico con lospacks 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 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: Piscina ACL: Laguna Artificial	Residual ARD: Doméstica ARI: Industrial ARM: Municipal	De Proceso ABIR: Inyección y reinyección APC: Circulación o 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
---	--	---	--	--	---	--

Firma del Muestreador	Observaciones:	Fecha y Hora de Envío de Muestras	12/11/18
		Vía Utilizada	terrestre
		Posibles Sustancias Interferentes	

Para ser llenado a la llegada de muestra (e) 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	Yesica Choquegahua Quenta		
Dirección	Sr. Manuel pardo N° 731. Mz-6-5 lote: 2-A	RUC:	DNS° 70154209
Nombre del muestreador			
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°											
11 01	Soluciones acuosas de arsénico tratadas con biomasa de AVENA.	M01 - AVENA PH = 8 C = 5g		- Puno - San Román - Juliaca.	12/11/18												1	
12 02	Soluciones acuosas de arsénico tratadas con biomasa de AVENA.	M12 - AVENA PH = 8 C = 10g		- Puno - San Román - Juliaca.	12/11/18												1	
03				- Puno - San Román - Juliaca.													1	200 - 250 ml.
04				- Puno - San Román - Juliaca.													1	
05				- Puno - San Román - Juliaca.													1	

NOTAS IMPORTANTES:

- En cada file ingresar una muestra (frasco y conjunto de frascos tomados en un mismo punto)
- Condiciones de envío (*Rara 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 iniciales 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: Deposición Atmosférica	Para Uso y Consumo Humano ACB: Bebida - Potable ACB: Bebida - Mesa ACB: Bebida - Envasada ACP: Piscina ACL: Laguna Artificial	Rapidual ARD: Doméstica ARI: Industrial ARM: Municipal	De Proceso ABIR: 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
---	--	---	--	--	---	--

Firma del Muestreador	Observaciones:	Fecha y Hora de Envío de Muestras	12/11/18
		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			



REGISTRO DE ENVIO DE MUESTRAS DEL CLIENTE

Estimado cliente: Agradecemos complete los datos solicitados.

Cliente/ Razón Social	Yesica Choquechuya Aventura		
Dirección	Jr. Manuel Pardo N° 731 M2 C-5 Lote - 2-A	RUC:	PUS: 70154304
Nombre del muestreador			
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°											
1	01 Soluciones acuosas de arsénico tratadas con biomasa de CEBADA.	M01 - CEBADA PH = 5 C = 5g		- Puno - San Román - Juliaca	11/11/18												1	
2	02 Soluciones acuosas de arsénico tratadas con biomasa de CEBADA.	M02 - CEBADA PH = 5 C = 10g		- Puno - San Román - Juliaca	11/11/18												1	
3	03 Soluciones acuosas de arsénico tratadas con biomasa de CEBADA.	M03 - CEBADA PH = 8 C = 5g		- Puno - San Román - Juliaca	11/11/18												1	
4	04 Soluciones acuosas de arsénico tratadas con biomasa de CEBADA.	M04 - CEBADA PH = 8 C = 10g		- Puno - San Román - Juliaca	11/11/18												1	
5	05 Soluciones acuosas de arsénico tratadas con biomasa de CEBADA.	M05 - CEBADA PH = 5 C = 5g		- Puno - San Román - Juliaca	11/11/18												1	200 - 250 ml

NOTAS IMPORTANTES:

- En cada fila ingresar una muestra (frasco y conjunto de frascos tomados en un mismo punto)
- Condiciones de envío (*Agua Fría*): En contenedor isotérmico, con los packs o gel packs 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 Termal 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 ABIR: 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
---	--	---	--	--	---	--

Firma del Muestreador	Observaciones:	Fecha y Hora de Envío de Muestras	12/11/18
		Vía Utilizada	Terrestre
		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	Yesica - Choquechhua Aventa		
Dirección	Dr. Manuel Pardo N° 731. Mz C-5 Lote - 2-A	RUC:	D05: 70154309
Nombre del muestreador			
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° 1											
6	soluciones aguas de arsénico tratadas con biomasa de CEBADA	M06 - CEBADA PH = 5 C = 10g		- Puno - San Román - Juliaca	11/11/18												1	
7	soluciones aguas de arsénico tratadas con biomasa de CEBADA	M07 - CEBADA PH = 8 C = 5g		- Puno - San Román - Juliaca	11/11/18												1	
8	soluciones aguas de arsénico tratadas con biomasa de CEBADA	M08 - CEBADA PH = 8 C = 10g		- Puno - San Román - Juliaca	11/11/18												1	
9	soluciones aguas de arsénico tratadas con biomasa de CEBADA	M09 - CEBADA PH = 5 C = 5g		- Puno - San Román - Juliaca	11/11/18												1	200 - 250 ml
10	soluciones aguas de arsénico tratadas con biomasa de CEBADA	M10 - CEBADA PH = 5 C = 10g		- Puno - San Román - Juliaca	11/11/18												1	

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 gel packs 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 Termal ASR: Superficial de Río ASL: Superficial Lago/Laguna ASD: Deposición Atmosférica	Para Uso y Consumo Humano ACB: Bebida - Polable ACM: Bebida - Mesa ACE: Bebida - Envasada ACP: Piscina ACL: Laguna Artificial	Residual ARD: Doméstica ARE: Industrial ARM: Municipal	De Proceso APIR: 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
--	--	---	--	--	---	--

Firma del Muestreador	Observaciones:	Fecha y Hora de Envío de Muestras	12/11/18
		Vía Utilizada	Torrestre
		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	Yesica Choquejahuá Quenta.		
Dirección	Sr. Manuel Pardo N° 731 H2 C-5 Cote: 2-A		RUC: 003 70154309
Nombre del muestreador			
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°											
11 01	Soluciones acuosas de arsénico tratadas con biomasa de CEBADA.	M11 - CEBADA PH = 8 C = 59		- Puno - San Román - Juliaca	11/11/18												1	
12 02	Soluciones acuosas de arsénico tratadas con biomasa de CEBADA.	M12 - CEBADA PH = 8 C = 109		- Puno - San Román - Juliaca	12/11/18												1	200 250 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 (*Rara 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 iniciales 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: Deposición Atmosférica	Para Uso y Consumo Humano ACB: Bebida - Polable ACB: Bebida - Mesa ACB: Bebida - Envasada ACP: Piscina ACL: Laguna Artificial	Residual ARD: Doméstica ARI: Industrial ARM: Municipal	De Proceso ABIR: Inyección y reinyección APC: Circulación o 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
---	--	---	--	--	--	--

Firma del Muestreador	Observaciones:
	Fecha y Hora de Envío de Muestras
	Via Utilizada
	Posibles Sustancias Interferentes

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

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

Anexo D. Ficha de calibración de equipo



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



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



INFORME DE ENSAYOS N° 5185-2018 PÁGINA 1 DE 7

SOLICITANTE	: YESICA CHOQUEJAHUA QUENTA
DIRECCIÓN	: Manuel Pardo 731 - Juliaca
PRODUCTO DECLARADO	: SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO - BIOMASA UTILIZADA PARA TRATA Avena/SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO - BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR CEBADA
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Líquido ligeramente turbio.
CODIFICACIÓN / MARCA	: Ver detalle de codificación en hoja de resultados.
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE	: Procedencia: Departamento: Puno - Provincia: San Roman - Distrito: Juliaca - Fecha de muestreo: 12/11/2018
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA	: 24 muestra de 200 mL aprox c/u.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En envases de polietileno cerrados. En contenedor isotérmico a una temperatura de 10.0°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°	: 1923-2018
FECHA DE RECEPCIÓN	: 13/11/2018

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.

PRT-10-F-05-IE Versión: 03 Fecha de Emisión: 02/01/18 Elaborado por: GT / Revisado por: CAC / Aprobado por : GG

Página 1 de 7

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

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

INFORME DE ENSAYOS N° 5185- 2018

PÁGINA 2 DE 7

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO - BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR AVENA/SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR CEBADA Muestra N°1- PH: 5 - Concentración de Avena: 5g	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.105	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method C, Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method, Pag.3-32, 22nd 2012.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO - BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR AVENA/SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR CEBADA Muestra N°2- PH: 5 - Concentración de Avena: 10g	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.107	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method C, Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method, Pag.3-32, 22nd 2012.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO - BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR AVENA/SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR CEBADA Muestra N°3- PH: 8 - Concentración de Avena: 5g	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.095	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method C, Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method, Pag.3-32, 22nd 2012.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO - BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR AVENA/SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR CEBADA Muestra N°4- PH: 8 - Concentración de Avena: 10g	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.102	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method C, Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method, Pag.3-32, 22nd 2012.

INFORME DE ENSAYOS N° 5185-2018
PÁGINA 3 DE 7

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO - BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR AVENA/SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR CEBADA Muestra N°5 - PH: 5 - Concentración de Avena: 5g	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.105	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L

: Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method, Pag.3-32, 22nd 2012.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO - BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR AVENA/SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR CEBADA Muestra N°6 - PH: 5 - Concentración de Avena: 10g	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.104	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L

: Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method, Pag.3-32, 22nd 2012.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO - BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR AVENA/SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR CEBADA Muestra N°7 - PH: 8 - Concentración de Avena: 5g	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.096	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L

: Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method, Pag.3-32, 22nd 2012.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO - BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR AVENA/SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR CEBADA Muestra N°8 - PH: 8 - Concentración de Avena: 10g	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.094	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L

: Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method, Pag.3-32, 22nd 2012.

INFORME DE ENSAYOS N° 5185-2018
PÁGINA 4 DE 7

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO - BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR AVENA/SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR CEBADA Muestra N°9- PH: 5 - Concentración de Avena: 5g	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.105	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L

: Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000. Method C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. Pag.3-32. 22nd 2012.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO - BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR AVENA/SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR CEBADA Muestra N°10- PH: 5 - Concentración de Avena: 10g	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.110	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L

: Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000. Method C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. Pag.3-32. 22nd 2012.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO - BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR AVENA/SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR CEBADA Muestra N°11- PH: 8 - Concentración de Avena: 5g	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.091	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L

: Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000. Method C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. Pag.3-32. 22nd 2012.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO - BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR AVENA/SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR CEBADA Muestra N°12- PH: 8 - Concentración de Avena: 10g	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.095	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L

: Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000. Method C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. Pag.3-32. 22nd 2012.

INFORME DE ENSAYOS N° 5185- 2018

PÁGINA 5 DE 7

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO - BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR AVENA/SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR CEBADA Muestra N°1- PH: 5 - Concentración de Cebada: 5g	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.100	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. Pag.3-32. 22nd 2012.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO - BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR AVENA/SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR CEBADA Muestra N°2- PH: 5 - Concentración de Cebada: 10g	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.108	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. Pag.3-32. 22nd 2012.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO - BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR AVENA/SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR CEBADA Muestra N°3- PH: 8 - Concentración de Cebada: 5g	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.109	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. Pag.3-32. 22nd 2012.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO - BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR AVENA/SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR CEBADA Muestra N°4- PH: 8 - Concentración de Cebada: 10g	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.108	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. Pag.3-32. 22nd 2012.

INFORME DE ENSAYOS N° 5185- 2018

PÁGINA 6 DE 7

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO - BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR AVENA/SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR CEBADA Muestra N°5- PH: 5 - Concentración de Cebada: 5g	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.103	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. Pag.3-32. 22nd 2012.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO - BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR AVENA/SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR CEBADA Muestra N°6- PH: 5 - Concentración de Cebada: 10g	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.102	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. Pag.3-32. 22nd 2012.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO - BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR AVENA/SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR CEBADA Muestra N°7- PH: 8 - Concentración de Cebada: 5g	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.115	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. Pag.3-32. 22nd 2012.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO - BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR AVENA/SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR CEBADA Muestra N°8- PH: 8 - Concentración de Cebada: 10g	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.105	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. Pag.3-32. 22nd 2012.

INFORME DE ENSAYOS N° 5185- 2018
PÁGINA 7 DE 7

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO - BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR AVENA/SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR CEBADA Muestra N°9- PH: 5 - Concentración de Cebada: 5g	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.108	mg/L

ABREVIATURAS :
mg/L

: Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :
Elemento As

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. Pag.3-32. 22nd 2012.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO - BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR AVENA/SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR CEBADA Muestra N°10- PH: 5 - Concentración de Cebada: 10g	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.107	mg/L

ABREVIATURAS :
mg/L

: Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :
Elemento As

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. Pag.3-32. 22nd 2012.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO - BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR AVENA/SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR CEBADA Muestra N°11- PH: 8 - Concentración de Cebada: 5g	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.104	mg/L

ABREVIATURAS :
mg/L

: Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :
Elemento As

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. Pag.3-32. 22nd 2012.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO - BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR AVENA/SOLUCIONES ACUOSAS DE ARSÉNICO BIOMASA UTILIZADA PARA TRATAR CEBADA Muestra N°12- PH: 8 - Concentración de Cebada: 10g	UNIDADES
FQ	Elemento As	0.106	mg/L

ABREVIATURAS :
mg/L

: Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :
Elemento As

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. Pag.3-32. 22nd 2012.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 13/11/2018 al 14/11/2018

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 15/11/2018



Miguel Valdivia Martínez
Bigo Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

Anexo F. Pruebas de Normalidad

Prueba de normalidad de las biomosas de avena y cebada.

Biomasa		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
% de remoción	1 (Avena 5g)	.812	6	.076
	2 (Avena 10g)	.929	6	.571
	3 (Cebada 5g)	.964	6	.853
	4 (Cebada 10g)	.882	6	.277

Fuente: Datos arrojados por el indicador Shapiro-Wilk.

Prueba de normalidad del pH.

pH		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
% de remoción	1 (pH=5)	.976	12	.964
	2 (pH=8)	.944	12	.556

Fuente: Datos obtenidos por la prueba de Shapiro-Wilk.

Prueba de normalidad de los tratamientos.

Tratamiento		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
% de remoción	2	.893	3	.363
	3	1.000	3	1.000
	4	.842	3	.220
	5	.980	3	.726
	6	.997	3	.900
	7	.871	3	.298
	8	.964	3	.637

Fuente: Datos obtenidos por la prueba de Shapiro-Wilk.

Anexo G. Prueba de homogeneidad de varianza

Porcentaje de remoción-nivel de significancia.

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1.706	7	16	.178

Fuente: Datos obtenidos por la prueba Levene.