



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA  
ESCUELA PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA AMBIENTAL Y FORESTAL**



**"REMOCIÓN DE ARSÉNICO (As) APLICANDO CÁSCARA DE  
ARROZ MODIFICADO QUÍMICAMENTE, DE LAS AGUAS  
SUPERFICIALES DE LA COMUNIDAD DE UPINA,  
CARABAYA-PUNO"**

**Bach. EUSEBIO GERMAN PERALTA JULLIRI**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO AMBIENTAL Y FORESTAL**

**ASESOR:**

**DR. JOSÉ LUIS PINEDA TAPIA**



**JULIACA - PERÚ**

**2021**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE**  
**INGENIERÍA AMBIENTAL Y FORESTAL**



**“REMOCIÓN DE ARSÉNICO (As) APLICANDO CÁSCARA DE  
ARROZ MODIFICADO QUÍMICAMENTE, DE LAS AGUAS  
SUPERFICIALES DE LA COMUNIDAD DE UPINA,  
CARABAYA-PUNO”**

**Bach. EUSEBIO GERMAN PERALTA JULLIRI**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO AMBIENTAL Y FORESTAL**

**ASESOR:**

**DR. JOSÉ LUIS PINEDA TAPIA**



**JULIACA - PERÚ**

**2021**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
Y FORESTAL**



**“REMOCIÓN DE ARSÉNICO (As) APLICANDO CÁSCARA DE  
ARROZ MODIFICADO QUÍMICAMENTE, DE LAS AGUAS  
SUPERFICIALES DE LA COMUNIDAD DE ÚPINA,  
CARABAYA-PUNO”**

**Eusebio German Peralta Julliri**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO AMBIENTAL Y FORESTAL**

**Asesor: Dr. José Luis Pineda Tapia**

**Juliaca – 2021**

Peralta, E. (2021). *Remoción de Arsénico (As) aplicando cáscara de arroz modificado químicamente, de las aguas superficiales de la Comunidad de Upina, Carabaya-Puno, 2021.* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Juliaca.

**AUTOR:** Eusebio German Peralta Julliri

**TÍTULO:** Remoción de Arsénico (As) aplicando cáscara de arroz modificado químicamente, de las aguas superficiales de la Comunidad de Upina, Carabaya-Puno

**PUBLICACIÓN:** Juliaca, 2021

**DESCRIPCIÓN:** Cantidad de páginas (91 pp)

**NOTA:** Tesis Escuela profesional de Ingeniería Ambiental y Forestal - —  
Universidad Nacional de Juliaca.

**CÓDIGO:** 01-000015-01/P43

**NOTA:** Incluye bibliografía.

**ASESOR:** Dr. José Luis Pineda Tapia

**PALABRAS CLAVE:**

Adsorción, agua superficial, arsénico, calidad de agua y cáscara de arroz.

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

## ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y FORESTAL

“REMOCIÓN DE ARSÉNICO (As) APLICANDO CÁSCARA DE ARROZ  
MODIFICADO QUÍMICAMENTE, DE LAS AGUAS SUPERFICIALES  
DE LA COMUNIDAD DE UPINA, CARABAYA-PUNO”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL Y  
FORESTAL

Presentado por:

Eusebio German Peralta Julliri

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dr. Wile Mamami Navarro

PRESIDENTE DE JURADO



M.Sc. Eliana Mullisaca Contreras

JURADO (secretaria)



2° MIEMBRO

M.Sc. Siles Nilo Arce Sancho

JURADO (Vocal)



3° MIEMBRO



ASESOR DE TESIS  
Dr. José Luis Pineda Tapia

## **DEDICATORIA**

A Dios por cuidarme siempre, a mis padres Eusebio Peralta y Silveria Julliri y a todos mis hermanos por su apoyo incondicional, gracias a esas personas tan importantes en mi vida que siempre estuvieron listos para brindarme todo su apoyo, a mismo mis maestros por sus grandes enseñanzas, lecciones y experiencias en formarme como una persona de bien, preparado para todos los retos.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional de Juliaca por ser mi alma mater, quien me brindo todas las herramientas necesarias en mi formación profesional.

A todos los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Forestal por sus enseñanzas.

A la Universidad Nacional del Altiplano por facilitarme el mega laboratorio.

Al Ing. Martin Choque por su apoyo en el mega laboratorio

A la Comunidad de Upina conjuntamente con el proyecto Mucumayo por permitirme realizar el estudio en dicha zona.

Al Ing. Roger Pino Silva por su apoyo profesional.

Al Dr. José Luis Pineda Tapia por el asesoramiento de mi proyecto de investigación

A todos los miembros del jurado por las correcciones, motivación el apoyo moral.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	II
ÍNDICE DE CONTENIDO	III
ÍNDICE TABLAS	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
ÍNDICE DE ANEXOS	VII
RESUMEN	8
INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO I	10
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
1.1. Problema de investigación	10
1.2. Preguntas de investigación	12
1.3. Objetivos de investigación	12
1.4. Justificación	12
CAPITULO II	14
REVISIÓN DE LITERATURA	14
2.1. Antecedentes	14
2.2. Marco teórico	17
2.2.1.	17
2.2.2.	17
2.2.3.	18
2.2.4.	18
2.2.5.	19
2.2.6.	24

2.2.7.	26
2.2.8.	27
CAPÍTULO III	29
MATERIALES Y MÉTODOS	29
3.1. Diseño de investigación	29
3.2. Ámbito de estudio	29
3.3. Materiales y equipos	31
3.4. Reactivos químicos	31
3.5. Muestreo de agua superficial	31
3.6. Caracterización de parámetros fisicoquímicos	32
3.7. Determinación del porcentaje de remoción del arsénico (As)	32
3.8. Análisis de datos	39
CAPÍTULO IV	40
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
4.1. Caracterización de parámetros fisicoquímicos de las aguas superficiales	40
4.2. Determinación del porcentaje de remoción del arsénico (As)	44
CAPÍTULO V	61
CONCLUSIONES	61
RECOMENDACIONES	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
ANEXOS	74

## ÍNDICE TABLAS

Tabla 1. Compuestos naturales que forma el arsénico con otros elementos	19
Tabla 2. Clasificación de los minerales del arsénico	22
Tabla 3. Componentes principales de la cáscara de arroz	25
Tabla 4. Parámetros fisicoquímicos analizados en la cabecera de cuenca, media y baja	41
Tabla 5. Análisis de As final después de la remoción con CCA1 (HCl)	44
Tabla 6. Análisis de As final después de la remoción con CAA2 (KOH)	48
Tabla 7. Análisis de As final después de la remoción con arsénico	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Impactos de la minería en el medio natural	21
Figura 2. Características físicas de la cáscara de arroz .	24
Figura 3. Eliminación de arsénico	26
Figura 4. Área de estudio Comunidad campesina de Upina	30
Figura 5. Diagrama de flujo de la modificación y activación química.	35
Figura 6. Diagrama de flujo de los ensayos para la remoción de arsénico	38
Figura 7. Porcentaje de remoción por 30 min de contacto con HCl	45
Figura 8. Porcentaje de remoción por 60 min de contacto con HCl	46
Figura 9. Porcentaje de remoción por 120 min de contacto con HCl	46
Figura 10. Porcentaje de remoción por 180 min de contacto con HCl	47
Figura 11. Porcentaje de remoción por 30 min de contacto con KOH	49
Figura 12. Porcentaje de remoción por 60 min de contacto con KOH	50
Figura 13. Porcentaje de remoción por 120 min de contacto con KOH	50
Figura 14. Porcentaje de remoción por 180 min de contacto con KOH	51
Figura 15. Porcentaje de remoción de acuerdo al pH y tiempo de contacto con HCl	53
Figura 16. Porcentaje de remoción de acuerdo al pH y tiempo de contacto con KOH	54
Figura 17. Cantidad removida de As por 30 min de contacto con HCl	56
Figura 18. Porcentaje de remoción por 60 min de contacto con HCl	56
Figura 19. Cantidad removida de As por 120 min de contacto con HCl	57
Figura 20. Cantidad removida de As por 180 min de contacto con HCl	57
Figura 21. Muestras de agua superficial de la Comunidad de Upina.	74
Figura 22. Preparación de las muestras de agua para un tiempo de contacto .	74
Figura 23. Lavado y secado de la cáscara de arroz	75
Figura 24. Pesaje de la cáscara de arroz para el acondicionamiento.	75
Figura 25. Estimación de la capacidad de remoción en un tiempo determinado	76

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Panel fotográfico	74
Anexo 2. Informe de ensayos antes de la aplicación de la cáscara de arroz	77
Anexo 3. Informe de ensayos después de la aplicación de la cáscara de arroz	80
Anexo 4. Normatividad referente estándares de calidad del agua	85
Anexo 5. Solicitud de facilidades para el recojo de muestras de agua	87
Anexo 6. Consentimiento informado del recojo de muestras de agua	88
Anexo 7. Solicitud del uso de equipos e instalaciones del laboratorio de la UNAJ	89

## RESUMEN

Actualmente el Arsénico (As) se encuentra presente de manera constante en los trayectos de agua natural, esto debido a la contaminación del agua generados por factores antropogénicos que conlleva a su deterioro. En consecuencia, el objetivo es determinar la caracterización y capacidad de adsorción de arsénico (As) presentes en las aguas superficiales de la Comunidad de Upina, aplicando cáscara de arroz modificada químicamente. La metodología; es de tipo aplicativo, preexperimental, preprueba–posprueba el cual se consideró a un solo grupo. El muestreo se realizó en la rivera del sector Vicuñamayo, Comunidad de Upina, Distrito de Ituata – Provincia de Carabaya, donde se recolectaron 3 muestras para posteriormente desarrollar la preparación del absorbente (cáscara de arroz) y el lavado con agua destilada, para obtener una mayor capacidad de remoción se sometió a una activación y modificación química con ácido clorhídrico (HCL) e hidróxido de potasio (KOH). Los resultados encontrados; la modificación química con HCl a tiempo de contacto de 30 min con pH de 2, 5, 6.5 y 8.5 tienen efectos significativos, logrando remover 6.473 mg/L de As el cual resulto 99.98% de eficiencia de remoción, con respecto a la modificación química con KOH a un tiempo de contacto de 180 min con pH de 2, 5, 6.5 y 8.5 tienen efectos significativos sobre la concentración de As en las aguas superficiales, removiendo 6.558 mg/L de As el cual resulto 97.36% de eficiencia. En conclusión: el HCl ha logrado 99.98% de remoción con un tiempo de contacto adecuado de 30 min con pH de 8.5.

**Palabras clave:** Adsorción, agua superficial, arsénico, calidad de agua y cáscara de arroz.

## INTRODUCCIÓN

El agua es fuente natural indispensable para la vida, por ello su preservación radica en el buen uso que se le da. En los países en desarrollo el tener acceso al agua de red pública no es garantía de calidad y su consumo ocasiona 80 % enfermedades y más de una tercera parte es la causante de mortandad (INEI, 2020). Por ello se debe garantizar su calidad con la aplicación de diferentes y suficientes aditivos químicos que conlleven a su mejora (OMS & UNICEF, 2020). En este sentido la presencia de arsénico constituye uno de los mayores problemas que se origina a partir de la lixiviación natural de suelos y fuentes mineras, estos se filtran y se extienden hacia los acuíferos, ríos, lagos y pozos (Tapia, 2017). El agua procedente de estos ríos es prácticamente inutilizable (Echave-C. et al., 2009). Por ello la intoxicación por arsénico transportado por el agua se ha documentado en muchos países (Amadori & Macera, 2014). El arsénico no se elimina fácilmente de los ecosistemas acuáticos por procesos naturales porque no son biodegradables (MINAM, 2012).

Dentro de los métodos utilizados, la adsorción ha sido aplicada con mucho éxito para la eliminación de metales pesados por la unión pasiva a biomasa no viva como: las cáscaras de arroz, naranja, limón y pomelo, marlo de maíz, salvado de soja y arroz, etc (Sala et al., 2010). En consecuencia la adsorción es eficiente en la remoción de contaminantes y bajos costos (Medina, Robles, Mendoza, & Torres, 2018). Resulta ser una técnica limpia de bajos costos donde se le agrega un valor a los residuos agrícolas (Corredor-Vargas & Pérez-Pérez, 2018). Y ambientalmente incrementa la posibilidad de un reúso del agua (Y. Reyes, Vergara, Torres, Díaz, & González, 2016). La cáscara de arroz en las industrias arroceras tienden a desecharlos e incinerarlos (Matamoros, 2016). Estas se encuentran en múltiples aplicaciones adsorbentes en el tratamiento de efluentes industriales (Medina et al., 2018).

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1. Problema de investigación**

Actualmente a nivel mundial la contaminación por arsénico (As) en los recursos hídricos lenticos, presenta una de las más graves problemáticas que aqueja a la sociedad, generando un riesgo para el bienestar de ecosistemas acuáticos y terrestres, que viene afectando directamente a la salud de las personas por el consumo de agua contaminada (Vigo, 2020). En los últimos años se ha aumentado las concentraciones de Arsénico en los recursos hídricos lenticos por la explotación acelerada de materias primas, las cantidades extraídas se han multiplicado en forma exponencial afectando a 140 millones de personas considerado uno de los metales más tóxicos y cancerígenos (Susanne-Friess, 2011). Su descarga inadecuada en organismos de agua ha propiciado la contaminación de los ecosistemas acuáticos (Agencia Nacional Minera, 2017). El impacto generado hacia el agua ha llevado a desarrollar tecnologías para su remoción, pero tienden a ser demasiado costosas (Medina et al., 2018). Es por ello que la cáscara de arroz resulta ser una buena opción, debido a que se ha encontrado múltiples aplicaciones en diferentes campos y de diferentes métodos (Medina et al., 2018). La cáscara de arroz cuenta en su composición química con grupos funcionales capaces de adsorber metales pesados (Y. Reyes et al., 2016). Esta hace que la cáscara pueda funcionar como una resina de intercambio iónico (Rama, 2009).

En el Perú, según los últimos informes médicos se registró la presencia de metales pesados entre ellos el arsénico en el organismo de niños y jóvenes de los sierra, comprobándose la existencia de cuatro de los metales más tóxicos para la salud como el cadmio, arsénico, plomo y mercurio (López-Tarabochia, 2017). Por lo cual el riesgo

de contaminación de alimentos en especial de peces (Ministerio del Ambiente, 2016). Con la presencia de arsénico en altas proporciones hace más susceptible a los niños que a los adultos (INEI, 2015). En los últimos años se han hecho más notables los reclamos de la población que hasta el momento no son atendidas (González, 2016). El material precursor, actualmente en las industrias arroceras tienden a desecharlos e incinerarlos es por ello que es una gran alternativa que se le da un valor agregado a la cáscara de arroz que se generan en las industrias arroceras ya que a través de esta materia prima se puede obtener un adsorbente muy eficaz (Matamoros, 2016).

En la Región Puno, la contaminación de Arsénico en los ecosistemas lenticos se ha incrementado fuertemente por las actividades de las mineras que vienen operando cuencas arriba u nacientes de los ríos (Aguirre, 2017). La descarga inadecuada de dicho contaminante hacia los cuerpos de agua natural es un problema ambiental relevante debido a las características acumulativas, tóxicas y de persistencia del arsénico en aguas a causa de las actividades mineras, ocasionando efectos adversos hacia la calidad de los recursos hídricos, y salud de pobladores quienes la consumen, sobre el umbral de 0.01 mg/L, siendo a largo plazo la causante de problemas neuronales, problemas estomacales, parálisis parcial, ceguera y ciertos cánceres en piel, pulmón, hígado, riñón y próstata (Mendoza-Cano et al., 2017). Según los datos del 2019, sobre la muerte de la población en el 3.5% de las muertes a nivel nacional fueron atribuidas a insuficiencia renal (IR) y la exposición constante a niveles altos de arsénico. Sin embargo, llama la atención que pueda ser tan alta (9.8%) en el departamento de Puno, a comparación de las demás debido a que encuentra muy por encima del promedio nacional, es registrada como causante de hasta el 28% de fallecimientos de la población (Herrera-Añazco, Willer, & Taype-Rondan, 2016).

Así mismo la Provincia de Carabaya – Puno, no es ajena a esta problemática, cuyas aguas superficiales presentan un peligro y un elevado riesgo generado por la contaminación de aguas superficiales a consecuencia de concentraciones de metales pesados y microorganismos los cuales superan los límites máximos permisibles que a futuro seguirán aumentando los daños a la salud que afectan la calidad de vida de los pobladores (Instituto Nacional de Defensa Civil, 2019). Los métodos convencionales empleados para mitigar los metales pesados, demandan de altos costos para su utilización y tienden a ser muy ineficientes. En consecuencia, se realiza las siguientes preguntas:

## **1.2. Preguntas de investigación**

### **Pregunta general**

¿Cuánto será la capacidad de remoción de arsénico (As) aplicando cáscara de arroz modificada químicamente, de las aguas superficiales de la Comunidad de Upina, Carabaya-Puno?

### **Preguntas específicas**

¿Cómo caracterizar los parámetros fisicoquímicos de las aguas superficiales de la Comunidad de Upina?

¿Cuánto será el porcentaje de remoción del arsénico (As) aplicando cáscara de arroz modificado químicamente con hidróxido de potasio y ácido clorhídrico?

## **1.3. Objetivos de investigación**

### **Objetivo general**

Determinar la capacidad de remoción del arsénico (As) aplicando cáscara de arroz modificada químicamente, de las aguas superficiales de la Comunidad de Upina, Carabaya-Puno

### **Objetivos específicos**

Caracterizar los parámetros fisicoquímicos de las aguas superficiales de la Comunidad de Upina.

Determinar el porcentaje de remoción del arsénico (As) aplicando cáscara de arroz modificado químicamente con hidróxido de potasio y ácido clorhídrico.

## **1.4. Justificación**

En el aspecto ambiental, las actividades mineras que operan, vierten diariamente una cantidad considerable de residuos que contienen concentraciones elevadas de contaminantes como es el caso del Arsénico y otros metales pesados hacia cuerpos de agua, afectando severamente su calidad natural y perjudicando el bienestar ambiental trófico del ecosistema acuático, por ello la presente investigación en el aspecto ambiental, propondrá un método de remoción de concentraciones Arsénico y de metales pesados en aguas, para la sustentabilidad de este recurso que es esencial para el vivir de las personas y el normal funcionamiento ecosistémico; que, a la vez,

incrementa la posibilidad de un posterior reusó del agua en la actividad originaria de los residuos (Reyes, Vergara, Torres, Díaz, & González, 2016).

En el aspecto social, debido al elevado crecimiento poblacional se han incrementado de manera significativa los impactos sobre los recursos hídricos de forma negativa, y esto se ve agravado por la presencia de relaves mineros en los sectores de Media Naranja, Corimayo, Buenavista, aguas de la Provincia de Carabaya, cuyas características presentan elevadas concentraciones de Arsénico y otros metales pesados (Andreu, Hernández, Barrios, & Pérez, Martín, 2010). Por ello los resultados esperados en la presente investigación favorecerán a la población que se abastece de este recurso para la realización de sus actividades y así evitar problemas por el consumo de agua con elevadas concentraciones de Arsénico y otros metales pesados.

En lo económico, los resultados esperados de remoción del Arsénico, es beneficiosa realizarla ya que es una técnica innovadora, sencilla eficaz y limpia sobre todo de un costo relativamente bajo por la utilización de material orgánico como es el caso de la cáscara de arroz, como adsorbente para la remoción del arsénico, que demanda un costo bajo en comparación a otros tratamientos. Asimismo, siendo una gran alternativa donde se le da un valor agregado a los residuos que se originan en las industrias arroceras, de esta manera se pretende la reducción de la contaminación por arsénico u otros metales pesados que se encuentra en las aguas superficiales (Corredor, Vargas & Pérez, Pérez, 2018).

## **CAPITULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **2.1. Antecedentes**

##### **A nivel internacional**

Condori (2018), realizó su estudio sobre: Activación química con ácido fosfórico en la que utilizo como materia prima cáscara de arroz, para la remoción de Arsénico presentes en aguas residuales. Cuyos resultados de la experimentación para la remoción del Arsénico se realizó por Espectrofotometría de Absorción Atómica (SHIMADZU AA-6300), con una cantidad de 0.5 g de cáscara de arroz removió un 80% la concentración de arsénico, con 1.0 g de cáscara de arroz removió el 90% de Arsénico, y finalmente con una cantidad de 1.5g de cáscara de arroz se obtuvo una eficiencia de remoción del 95 %, concluyendo que a mayor concentración de la materia prima (cáscara de arroz) existe una mayor remoción de la cáscara de arroz.

Santos et al. (2017), investigaron sobre: La remoción de arsénico (V) en solución acuosa mediante biomasa modificada del hongo *Aspergillus Niger*. En su estudio la mayor bioadsorción (69% con 1 mg/L del metaloide) fue a las 24 h, a pH de 6. 28 °C y 1 g de biomasa modificada. Con respecto a la temperatura, la más alta remoción fue a los 28°C, con un 69% de remoción a las 24 h. A mayor concentración del metal pesado llamado arsénico (V) fue poca la remoción, y al aumentar la concentración del bioadsorbente, la remoción es más eficiente (96% con 5 g de biomasa). Además, se remueve de manera eficaz el metaloide in situ (56% de remoción en agua natural contaminada con 1 mg 100 mg/L de As (V) en 24 h con 1 g de biomasa).

Matamoros (2016), realizo un estudio que titula: La cinética de adsorción de plomo (Pb) y Arsénico (As), en carbón activado a base de cáscara de arroz modificada

químicamente con ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ). Donde obtuvo como resultado la velocidad de adsorción que alcanza los metales en el carbón activado el cual especifica que existe una mayor velocidad inicial de remoción para plomo (Pb) está de 8.694 mg/gr x min en comparación con la velocidad inicial de remoción del arsénico (As) que fue más baja esta de 1.771 (mg/gr x min), donde se especifica que la capacidad de adsorción está vinculado al tiempo, también depende mucho de la concentración inicial y de la cantidad que se agregue de adsorbente.

### **A nivel nacional**

Condo & Santi (2019), realizaron la investigación sobre: Reducción de las concentraciones de Arsénico presentes en el agua a nivel de laboratorio, se aplicó como medio adsorbente cáscara de arroz activada y modificada químicamente con Hidróxido de Potasio. Mostrando como resultado que la remoción del Arsénico alcanzo un promedio de 97.62% de adsorción para agua superficial, y un 63.01 % para agua subterránea. Y agua que fue tratada con cáscara de arroz sin modificar se obtuvo un promedio de remoción del 94.18 % para agua superficial, y un 56.16% de remoción para agua subterránea.

Suyon & Xiomara (2018), investigaron sobre: La remoción del arsénico y turbidez incorporando cenizas de cáscara de arroz mediante la adsorción. Los resultados encontrados fueron que de la remoción de arsénico del experimental 2 de la muestra 1 disminuyó en un 78.51% en relación al patrón y de remoción de turbidez el experimental 1 de la muestra 2 que se ha reducido en un 48% con respecto al patrón.

Zea (2017), realizó su investigación que lleva por título: Evaluación de la capacidad de remoción de arsénico (III) y (V) a partir de soluciones acuosas utilizando cáscara de arroz cubierta con dióxido de manganeso, a tiempos de contacto de 120 y 80 min para arsénico (III) y (V) respectivamente. Alcanzando la máxima remoción de arsénico (III) a un pH de 2.9, con 7.5g/L de adsorbente y a una concentración inicial de 5.5mg/L alcanzando el 100% de remoción. Para arsénico (V) los parámetros adecuados fueron: pH 4.7 y 12g/L de adsorbente y concentración original de 5.5mg/L donde se llegó al 100% de remoción igualmente. Los resultados conseguidos indican que la cáscara de arroz cubierta con dióxido de manganeso tiene una efectividad alta de remoción de arsénico (III) y (V).

## **A nivel Regional**

Aguirre (2017), investigo sobre: La adsorción de metales pesados (Pb y As) con carbón activado a partir de semillas de eucalipto como adsorbente, modificado químicamente con ácido fosfórico y cloruro férrico. Donde obtuvo como resultado una remoción del 98.7 % para Pb y 70.3% para As en soluciones acuosas en un tiempo de agitación de 75 a 120 min y a un pH tendiente a ácido de 4.97 y 5.6. El carbón activado presenta una efectividad alta en la adsorción de metales pesados en las soluciones acuosas.

Condori (2019), realizó su estudio denominado: La evaluación del nivel de capacidad de adsorción de arsénico (As), usando carbón activado (CA) obtenido a partir de Lemna Gibba (lenteja de agua) como un medio adsorbente, en condiciones controladas. Consiguiendo como resultado que los ensayos de adsorción de arsénico se ejecutaron en cuatro columnas de lecho fijo; de altura Z igual a (5,10,15 y 20 UND) frente a diluciones de 15mgAs/L en 1L de agua destilada por columna, realizando el análisis cada 100 ml a la salida del filtro, obteniéndose mayor adsorción (14.64 mgAs/L) en la segunda columna, lo que representa el 97.60% de eficiencia de remoción. En conclusión, el CA ha obtenido Lemna Gibba (lenteja de agua) indica que tiene una capacidad de adsorción del 97.60% de arsénico en soluciones acuosas.

Mamani-Navarro (2018), realizó su tesis que titula: Determinación de la concentración de arsénico (As) total en las aguas subterráneas de pozos tubulares en el distrito de Juliaca y medidas de mitigación. En agosto de 2018, se seleccionaron aleatoriamente 12 muestras representativas con un rango de profundidad de 3 a 18 m, y luego se analizaron para determinar la concentración de arsénico total mediante espectroscopia de emisión de plasma de acoplamiento inductivo (ICP-OES). reportaron la concentración de As ( $0.165 \text{ mg L}^{-1}$ ) y el valor promedio ( $0.089 \text{ mg L}^{-1}$ ). Por otro lado, estos valores son más altos que las pautas de  $0.01 \text{ mg L}^{-1}$  recomendadas por la Organización Mundial de la Salud y el límite de  $0.05 \text{ mg L}^{-1}$  adoptado por Bangladesh. Parámetros físicos (pH, CE, turbidez), utilizando carbón activado para eliminar metales totales, As 24%, Ca 27% y Mn 68% de lenteja de agua (Lemna gibba), pH 7.9 en tiempo de eliminación 120 minutos. Finalmente, se concluye que el agua subterránea en el área de estudio es químicamente inadecuada para el consumo humano.

## **2.2.Marco teórico**

### **2.2.1. Contaminación del agua por minería**

La minería es una actividad importante en nuestro país, se observa en la explotación o extracción de minerales acumulados en el suelo y en el suelo subterráneo en forma de sedimentos (Agencia Nacional Minera, 2017). La contaminación del agua se define como comportamientos y efectos que perjudican la calidad de los recursos relacionados con usos o funciones ecológicas específicas al introducir sustancias o formas de energía o cambiar sus condiciones (ANA, 2011).

Expansión de las actividades mineras en los tramos superiores de la cuenca y áreas de gran altitud. Las zonas montañosas y lo que es más importante el uso de aguas subterráneas han llevado al uso permanente del agua a estar en el centro de los conflictos sociales ambientales relacionados con la minería son: Escasez natural (real o potencial), leyes y regulaciones, gestión ineficiente de los ecosistemas en el agua y el medio ambiente, enlaces débiles en el sistema de organizaciones nacionales y locales, el agua tiene diferentes valores y significados para múltiples usuarios de agua (Camaren, 2014).

### **2.2.2. Calidad del agua**

La calidad de agua debe cumplir con un conjunto de criterios, físicos, químicos y microbiológicos, propias del agua encontrándose dentro de los límites máximos permisibles presentados por la normativa nacional de calidad de agua; Por ello el agua debe reunir diversos criterios de aceptabilidad para su uso (MINSAs, 2010). El agua es un recurso vital e indispensable para la vida humana, siendo de mayor utilidad para diferentes actividades como el riego de cultivos, recreación, generación de energía eléctrica y agua potable (Sánchez-Martínez, 2017).

Los componentes principales de la calidad del agua superficial son: Coliformes, sulfato, fecales, oxígeno disuelto, fósforo, manganeso, bicarbonato, carbonato, cloro y nitrógeno, explican más del 90% del cambio total (Álvarez, Panta, Ayala, & Acosta, 2008). Para el uso de estas fuentes de suministro humano, un porcentaje significativo de los valores de Índices de calidad de agua entre 90 y 100 nos indican que solo se pueden realizar tratamientos menores, como la desinfección, mientras tanto los ICA que se encuentran entre 50 y 90 necesitan de un tratamiento

cotidiano. Las circunstancias ameritan de un tipo de tratamiento especial, lo que acarrea un mayor costos y complejidad (Bolaños, Montero, Rodríguez, & Sánchez, 2015). El agua es el recurso que siempre estará allí cuando nosotros lo necesitemos ; sin la existencia del agua, todos los seres vivos dejaran de existir, es muy importante la conservación de este recurso para la vida del hombre, las plantas y los animales (Escuela de Ingeniería y Medio Ambiente, 2016).

### **2.2.3. Aguas superficiales**

Las corrientes que se encuentran en la superficie del suelo se denominan aguas superficiales ; se trata de aguas que pasan por la superficie de las tierras emergidas (plataforma continental) o que se encuentran en reposo (Jiménez & Vélez, 2006). Y de esta forma, empiezan las precipitaciones de cada una de las cuencas que no se infiltra ni regresa a la atmósfera por evaporación o la que se origina en manantiales o yacimientos que se inician en las aguas subterráneas (IDEAM, 2020). Las aguas superficiales en su mayoría son cuerpos de transporte de contaminantes como los metales pesados. A estos contaminantes, una vez disueltos al curso de agua, pueden verse sometidos a los siguientes fenómenos físicos (Amaya, 2017). Como también hay la posibilidad de que mediante la adsorción a óxidos minerales de Fe, Mn y arcillas que son arrastrados por el agua (Solís-Garza, Villalba-Atondo, Nubes-Ortíz, Del Castillo-Alarcón, & Meraz-Acosta, 2011).

Así mismo el arsénico es removido mediante reacciones de intercambio iónico que se producen mientras los lixiviados que viajan a través del agua, los oligoorgánicos se separan principalmente mediante adsorción. La capacidad de un cuerpo de agua para retener los metales pesados encontrados está en función de la capacidad de intercambio de cationes que tiene el suelo (Tchobanoglous, Burton, & Stensel, 2016). Por este motivo es necesario conocer el contenido de este metal en cuerpos de agua, ya que según su concentración son considerados peligrosos para el medio ambiente y la salud humana (Pérez, Pastor & Gómez, López, 2013).

### **2.2.4. Análisis del arsénico**

De acuerdo con el procedimiento seleccionado, se extrae la solución obtenida en la preparación de la muestra en blanco en la llama del espectrofotómetro, y se usa el método de corrección de absorción seleccionado para medir la absorción de la

longitud de onda seleccionada (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), 2016). La existencia en el terreno de una variedad de materiales y estructuras geológicas son fuente de distintos iones disueltos en aguas superficiales (H. Rodríguez, 2017). Para los sedimentos, las estaciones varían significativamente de una estación a otra. El nivel más alto se registra en verano e invierno (H. Rodríguez, 2017). Las muestras obtenidas se determinan en las mismas condiciones de cada una de las curvas estándar para determinar cada uno de los metales (Moreno, Zugazagoitia, Sánchez, Córdoba, & Melo, 2012).

### 2.2.5. Arsénico

El arsénico es uno de los veinte elementos más abundantes en la tierra. Existe en pequeñas cantidades en agua, suelo, rocas y aire. El elemento puede existir en cuatro estados de valencia, como Arsénico ( $3^-$ ,  $0$ ,  $3^+$  y  $5^+$ ) (Ortiz-Romero, 2015). Se encuentra principalmente en forma de arseniato y arsenito en el medio ambiente. La concentración natural de arsénico en las aguas superficiales la concentración de arsénico varía de 1 a 10  $\mu\text{g} / \text{L}$ , el arsénico es insoluble en agua (Galetovic-Carabantes & De-Fernicola, 2003). El arsénico viene siendo un metal integrante de minerales metálicos y sulfuros de otros metales, como el Cu, Co, Pb y Zn, entre otros. Infinidad de compuestos de arsénico son solubles en agua, especialmente en forma de  $\text{As}^{3+}$  y  $\text{As}^{5+}$  y complejos orgánicos (Rosas, Rodríguez, 2001).

Tabla 1

Compuestos naturales que forma el arsénico con otros elementos de la naturaleza

Nombre de compuestos naturales	
Oropimente	Nicolita
Realgarita	Cobalto brillante
Arsenopirita	Esmaltita
Löllingita	Sulfuro de arsénico

Fuente: Rosas (2002, p. 8).

Existe fuente de contaminación en el ambiente ocupacional sobre todo en la minería del arsénico se puede observar concentraciones muy peligrosas; estas actividades están ubicadas en lugares ricos en arsénico y posiblemente se desarrolle un hidroarsenicismo crónico (Lima-Cardona, 1967). La severidad y el daño de estos metales son dependientes del tiempo, nivel de exposición,

susceptibilidad de las personas y además del camino por la cual el metal sea absorbido con frecuencia están influenciados con la generación de radicales libres y escasez en el funcionamiento de enzimas antioxidantes generando un incremento en el estrés oxidativo de células (Correia, Veríssimo, & Neves, 2002).

### **2.3.2.1 Fuentes de arsénico**

El arsénico es un elemento natural en la corteza terrestre, esta se expone a altos porcentajes de arsénico inorgánico se debe a diversos aspectos, como el consumo de agua contaminada o su uso para la elaboración de alimentos, el riego de cultivos y procesos industriales (WHO, 2018). La presencia del arsénico en su estado natural en el medio ambiente en la hidrosfera, biosfera y litosfera, está fundamentalmente relacionada con la fuente mineral de arsénico, el proceso de meteorización o la actividad volcánica o geotérmica. En el agua natural, el arsénico puede provenir de la disolución de la fase mineral (Fallis, 2013).

La distribución de sedimentos de los lagos y ríos y el enlace entre la parte superiores de la cuenca y el área de la fuente prueban el papel del agua en el transporte de arsénico desde las áreas montañosas, es decir, está relacionado con algunos de los distintos procesos geológicos que han afectado la región (Fernández-Turiel et al., 2005).

### **2.3.2.2. Peligros geoquímicos del arsénico**

La polución en las aguas superficiales causada por el arsénico en su estado natural en el mundo están relacionados con ambientes geológicos presentes en las nacientes de los ríos (manantiales) distinguidas como: meta sedimentos con filones mineralizados, formaciones volcánicas, volcano - sedimentarias y los distintos sitios mineros con sistemas hidrotermales actuales, cuencas aluviales terciarias y cuaternarias, etc; Por eso, el arsénico en las aguas superficiales son susceptibles de ser aplicadas para el consumo, constituyéndose una gran amenaza para la salud (Lillo, 2008).

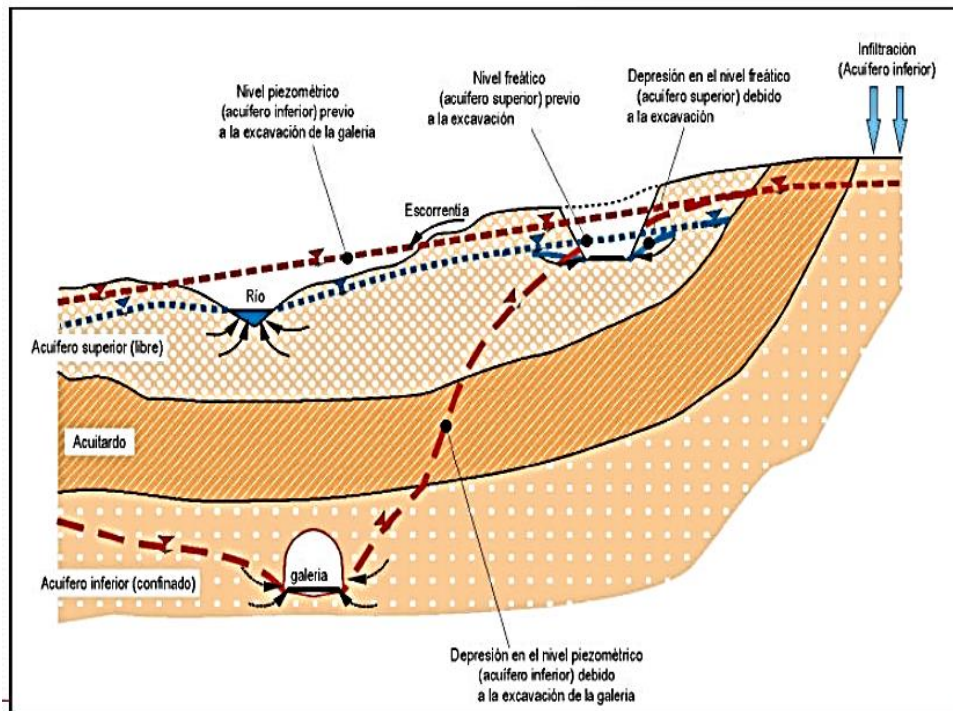


Figura 1. Impactos de la minería en el medio natural: adaptado de Lillo, 2008, Arsénico de origen natural en las aguas, p. 14.

Tabla 2

Clasificación de los minerales del arsénico

<b>Grupos</b>	<b>Mineral</b>	<b>Fórmula</b>
Arsénico	Arsénico nativo	As
	Arsenolamprite	As
	Paraarsenolamprite	As
Sulfuros de arsénico	Arsenopirita	FeAsS
	Cobalite	CoAsS
	Orpiment	As <sub>2</sub> S <sub>3</sub>
	Realgar	AsS/As <sub>4</sub> S <sub>4</sub>
	Gersdorffite	NiAsS
	Enargite	Cu <sub>3</sub> AsS <sub>4</sub>
Arseniuros metálicos	Domeykite	Cu <sub>3</sub> As
	Lollingite	FeAs <sub>2</sub>
	Nickeline or nicolite	NiAs
	Rammelsbergite	NiAs <sub>2</sub>
	Sperrylite	PiAs <sub>2</sub>
	Sufflorite	CoAs <sub>2</sub>
Arsenito	Arsenolite	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
	Claudetite	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
	Sodium arsenite	NaAsO <sub>2</sub>
	Leiteite	ZnAs <sub>2</sub> O <sub>4</sub>
	Reinerite	Zn <sub>3</sub> (AsO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
	Geblandite	Pb <sub>8</sub> (AsO <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> OCl <sub>6</sub>
Arseniato	Johnbaumite	Ca <sub>5</sub> (AsO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (OH)
	Mimetite	Pb <sub>5</sub> (AsO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (Cl)
	Austimite	CaZn(AsO <sub>4</sub> )(OH)
	Scorodite	FeAsO <sub>4</sub> *2H <sub>2</sub> O
	Erythrite	Co <sub>3</sub> (AsO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> *8H <sub>2</sub> O

Fuente: Mamani-Navarro (2018, p. 21).

### **2.3.2.3. Arsénico en aguas superficiales**

Actualmente la concentración más elevada de metales pesados en los cuerpos de agua superficiales viene directamente de la concentración de Arsénico, superando los límites establecidos por la OMS en donde se establece un máximo de concentración de 0.01 mg / L, en cuerpos de agua natural; es por ello que cuyas concentraciones en el agua viene superando estos límites, conllevando a la generación de impactos económicos, ambientales como a la salud humana (Mendoza-Cano et al., 2017). Es por ello que el más mínimo consumo de agua con concentración de arsénico viene relacionado directamente con diferentes tipos de cáncer (Sepúlveda-Saa, 2009).

La mayor parte de la contaminación de agua por arsénico está relacionada con una serie de actividades, principalmente relacionadas con actividades ganaderas y vertederos municipales o determinadas actividades industriales (Bosch, 1999).

En el caso del pH, juega un papel muy relevante en el agua, donde se estima que a un pH más ácido, habrá mayor cantidad de Arsénico que a un pH con menor cantidad de ácidos, puesto que la acidez es un indicador de contaminación, las cuales pueden ser nocivas, si se pretende su consumo sin tratamiento efectivo de humanos y / o riego de cultivos en el desarrollo agrícola (Morales-Cabrera et al., 2017). Los sucesos han evidenciado que el sistema de filtración puede eliminar eficazmente el arsénico en condiciones naturales (Villa, Huamani, Chavez, & Huamani, 2018).

### **2.3.2.4. Tratamiento de aguas superficiales con arsénico**

A fin de medir la eficacia de tratamiento en la remoción de arsénico, se ha realizado una extensa investigación sobre diversos componentes y métodos de tratamiento de modificación, lo que también muestra la intranquilidad de las autoridades y la Comunidad científica en solucionar este problema. Se han desarrollado una gran cantidad de tecnologías y nuevos materiales con amplias perspectivas en el proceso de absorción y adsorción (Caviedes-Rubio, Muñoz-Calderón, Perdomo-Gualtero, Rodríguez-Acosta, & Sandoval-Rojas, 2015). Se están evaluando tratamientos de diferentes métodos de tratamiento, dependiendo del costo, tipo de metal pesado, cobertura, área urbana o rural, tipo de manantial, escala de contaminación, etc. (Larios-Meño, González-Taranco, & Morales-Olivares, 2015).

Se emplean diversos tipos de materiales que proveniente de la naturaleza (algas, hongos, bacterias, frutos y productos agrícolas) detienen y concentran en su superficie sustancias y compuestos de diversa naturaleza química que se encuentran en las soluciones acuosas (Pillinos, 2014). En algunos casos reversibles ya que el bioadsorbente utilizado puede ser regenerado a través de procesos de desorción (Salazar, & Cesar, 2015).

## 2.2.6. Cáscara de arroz

### 2.2.6.1. Origen

Según INIA, tuvo su origen en el sudeste asiático (ríos Yangtze y Huoi); colocándose en India, Japón, resto de Asia, de allí a Grecia y Mesopotamia (Alejandro Magno, a.c.), Italia y resto de Europa/Norte de África (Siglos VIII a X); desde Europa llega a América con colonización, Siglo XVI Centro y Sur de América; esclavos lo ingresan a América del Norte – Carolina del Sur - en Siglo XVIII, a California iniciaron por los inmigrantes chinos en Siglo XIX. A Australia por colonización británica en Siglo XIX (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, 2018).

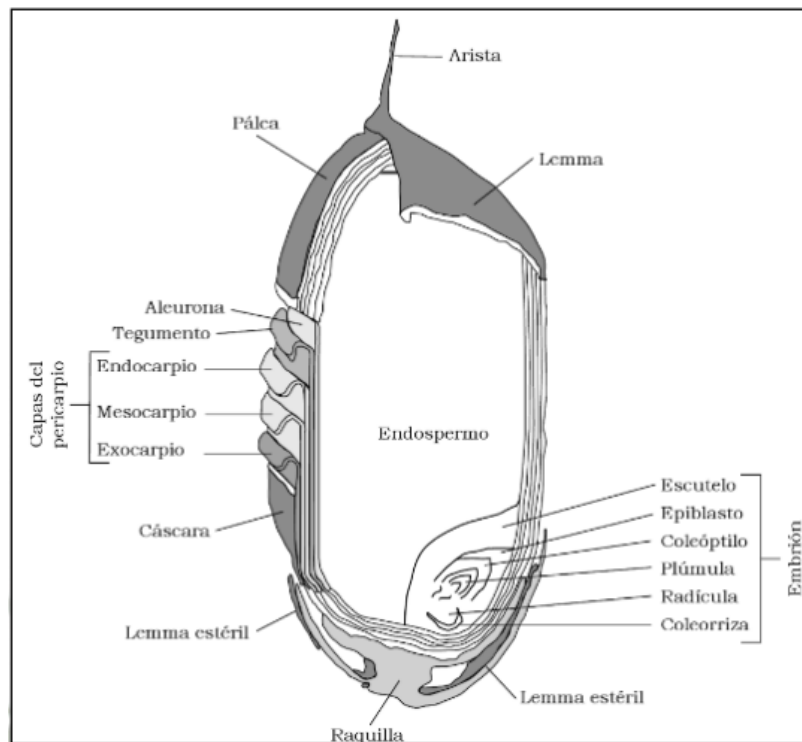


Figura 2. Características físicas de la cáscara de arroz: adaptado de Zea,2017. Remocion del Arsenico (III) y (V) de Soluciones Acuosas mediante el proceso de Biosorcion p. 45.

La cáscara de arroz posee diferentes sustancias orgánicas y 20% de material inorgánico estos componentes principales se observan en:

Tabla 3

Componentes principales de la cáscara de arroz

<b>Elemento</b>	<b>Porcentaje</b>
Carbono	37.05
Hidrogeno	8.80
Nitrógeno	11.06
Sílice	9.01
Oxígeno	35.03

Fuente: Valverde et al. (2007, p. 32).

La cáscara de arroz se compone por las altas concentraciones de celulosa (34.4%), lignina (19.2%), hemicelulosa (24.3%), ceniza (18.85%) y otras sustancias (3.25%) y es gracias a su superficie poco frecuente y la presencia de grupos funcionales como el carboxilo y silanol entre otros lo que posibilitan el proceso de adsorción (Zea, 2017).

Los importantes grupos funcionales que se consiguen en la cáscara de arroz son los grupos hidroxilo, acetilo, éster y carboxílicos (Chakraborty, Chakraborty, & Ghosh, 2011).

#### **2.2.6.2. Características**

- La cáscara de arroz mantiene una naturaleza fuerte, leñosa y abrasiva
- Es resistente a distintos factores ambientales, que protegen al grano de arroz de ocasionar deterioro durante el tiempo de desarrollo de la planta de arroz, a causa del ataque de insectos o de hongos.
- No es adecuado para el consumo humano por a su alto contenido de sílice, aunque en algunos casos, se usa para la alimentación de animales de granja (Vargas, Alvarado, Vega Baudrit, & Porras, 2013).

#### **2.2.6.3. Usos**

La cáscara de arroz tiene varias aplicaciones incluyendo:

- Conversión de la biomasa: se obtienen azúcares que pueden ser cambiados a otros químicos orgánicos, como por ejemplo etanol y furfural.
- En el proceso de elaboración de abonos y material para el cultivo de hongos
- Obtención de papel y de pulpa.

- En materiales de construcción de ciudades.
- Como combustible
- Obtención de productos de silicio, a partir de la cáscara o de sus cenizas (Vargas et al., 2013).

### 2.2.7. Mecanismos de remoción del arsénico en aguas superficiales

Eliminación de contaminantes con tratamiento biológico usando especies vegetales el cual consiste en procesos, métodos, materiales y composiciones para fitorremediación de aguas contaminadas; tratamiento usando Campos magnéticos o eléctricos, este modelo proporciona un efecto esencial técnico que radica en el arsénico y puede estar bajo el efecto del campo magnético (Cayetano-Terrel, 2019).

El proceso de filtración es uno de los procesos más comúnmente utilizados para purificar el agua superficial. Se puede usar con o sin pretratamiento de coagulación y precipitación (filtración directa) para eliminar los sólidos o sedimentos originalmente presentes en el agua. Los casos incluyen pretratamiento. La purificación de los objetos de la superficie implica combinar la coagulación y la floculación con la precipitación antes de filtrar (Comisión Nacional del Agua, 2007). El método Remoción de Arsénico por Oxidación Solar (RAOS), se puede utilizar para purificar el agua de los hogares en las zonas rurales, acompañado de un programa de concientización y capacitación (Chávez-Quijada & Miglio-Toledo, 2011).

Eliminación de arsénico por fotocátalisis se puede utilizar para oxidar As (III) a As (V) y una vez que se produce este paso, el arsénico se puede eliminar de manera más efectiva a través de la condensación y floculación (Hernandez-Antolin, Sanz-Rodriguez, & Mancebo-Piqueras, 2014). La adsorción natural mediante un producto natural de la zona como son las cenizas de madera de Eucalipto.



Figura 3. Eliminación de arsénico: adaptado de Hernández, Sanz, & Mancebo, 2014. Tratamiento de bajo coste para aguas contaminadas por actividades de minería, p. 41.

Si las personas cambian su fuente de consumo de agua a agua superficial, probablemente necesitarán tratar el agua para eliminar la turbidez y los patógenos. Las cuales tienen fuentes alternativas libres de arsénico: Pozos entubados seguros, pozos profundos, recolección de agua de lluvia y agua superficial; pero si en caso estas estén contaminadas se utilizará las siguientes tecnologías para su mitigación: Oxidación, coagulación, adsorción y acomplejamiento (CAWST, 2011).

### **2.2.8. Remoción de arsénico con cáscara de arroz**

Los sistemas de filtración de agua superficial que son puestos en punto de uso son eficaces para la remoción de arsénico del agua, y que pueden tener gran aceptación por los pobladores de zonas rurales, que no tienen un abastecimiento del recurso hídrico potabilizado (Villa-Gonzales, Huamaní-Pacsi, Chávez-Ruiz, & Huamaní-Azorza, 2018).

El proceso de elaboración de las cenizas activadas de cáscara de arroz como materiales adsorbentes es factible para reducir el arsénico depende de la cantidad de ácido utilizado en la activación. El tamaño de poro como muestra del trabajo varía de 4 a 12 nm, es recomendable usar el cálculo de la isoterma adsorción de nitrógeno (A. C. Rodríguez, Campos-Rosario, & Pérez-Flores, 2019).

#### **2.2.8.1. Factores que afectan el proceso de remoción del arsénico**

Existen factores que influyen en este proceso, la capacidad de adsorción no depende solo del tipo de material adsorbente ni del soluto sino además de otros componentes que intervienen, como son:

- a) **Área de la superficie y estructura de los poros:** Dado que la adsorción es un fenómeno superficial, la capacidad de adsorción del adsorbente sólido es en general proporcional a la superficie específica. Sin embargo, si se trata de un adsorbente menos poroso, el cual posea conjuntos funcionales superficiales, las interacciones pueden terminar de ser de tipo físico, ingresando a dominar otros mecanismos como el intercambio iónico o la complejicen. La principal atribución a la superficie se consigue en las dimensiones moleculares de los poros (Gabriela, 2021).
- b) **Naturaleza y concentración inicial del adsorbato:** La retención se ve ocasionada por la solubilidad, el peso molecular y tamaño de las partículas del soluto. En el proceso de adsorción debe generar mayor afinidad por el

adsorbente que necesita de cierta atracción entre él y el soluto, además de repulsión frente al solvente (Gabriela, 2021).

- c) **pH de la solución:** Es uno de los principales factores que afectan la capacidad de adsorción en solución acuosa, influyendo en la carga superficial del adsorbente y en la forma en la que se encuentran las especies a adsorber. La solubilidad del soluto influye mucho en el equilibrio de adsorción. En general, se puede esperar una relación inversa entre grado de adsorción de un soluto y su solubilidad en el solvente donde tiene lugar la adsorción. El pH de la solución vulnera el grado de adsorción porque la distribución de la carga superficial del adsorbente puede cambiar (debido a la composición de materia prima materiales y la técnica de activación) variando así el grado de adsorción (Gabriela, 2021).
- d) **Tamaño de partículas:** Para un sólido muy poroso se espera que la dimensión de la partícula sea independiente de la capacidad de retención, dado que la mayoría de casos de su superficie se observa en la estructura porosa interna. Sin embargo, en algunos casos la capacidad de adsorción crece al reducir el tamaño de partículas, aumentando así mismo el área de contacto y el acceso de las moléculas pequeñas (Salazar et al., 2015).
- e) **Temperatura:** El efecto de la temperatura en la adsorción depende de la termodinámica del proceso, mayormente cuando el calor de adsorción es negativo la reacción es exotérmica y ayudan el proceso a temperaturas bajas. Las reacciones de adsorción son generalmente exotérmicas; así, el grado de adsorción generalmente aumenta con temperatura bajas (Salazar et al., 2015).
- f) **Tiempo de contacto:** Radica en detectar intervalo de tiempo en el que se llega al equilibrio entre el soluto y el material, para conocer el progreso de la adsorción y de esta manera identificar la cinética del proceso de eliminación. La adsorción comúnmente se alcanza en un intervalo corto de tiempo, obteniendo la estabilidad en escasas horas o minutos (Pillinos, 2014).

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Diseño de investigación**

El estudio corresponde al enfoque cuantitativo experimental, de tipo aplicativo correlacional. En el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes, para conocer el comportamiento que tiene sobre las variables dependientes (Hernández-Sampieri, Fernández-Collado, & Baptista-Lucio, 2003).

Por la naturaleza del estudio se utilizará el diseño de preexperimentos preprueba – posprueba con un solo grupo, donde se le aplicara una prueba previa al estímulo o tratamiento experimental, y finalmente se le aplica una prueba posterior al estímulo (Hernández-Sampieri et al., 2003).

#### **3.2. Ámbito de estudio**

Esta investigación se realizó en la Comunidad campesina de Upina localizado en el Distrito de Ituata, Provincia de Carabaya de la región Puno con las siguientes coordenadas geográficas: Latitud del sur  $13^{\circ} 52' 46.2''$ , Longitud del oeste  $70^{\circ} 5' 17.6''$ , altitud 3960 msnm (fig. 4). Debido a la lejanía y la ubicación en zona de ceja de selva con difícil acceso a los trabajos de la actividad minera, se han conformado en la misma zona pequeñas grupos de poblaciones conformados por comuneros de la Comunidad Campesina Upina estableciéndose como el anexo Unión Mucumayo Upina II conformado con sus propias autoridades al cual pertenece todo el área de la actividad minera de los diferentes sectores en el que se trabajan actualmente, la población más grande se ubica en el centro poblado de Upina que se ubica a 22.5 Km. aproximadamente en línea recta que también es habitado por los mismos comuneros, en el Distrito de Ituata.



Figura 4. Área de estudio Comunidad campesina de Upina

### **3.3. Materiales y equipos**

En el desarrollo se utilizaron los siguientes materiales: 4 bandejas de polietileno de (100 y 600 ml), 50 vasos precipitados de (100 y 600 ml), 6 matraces erlenmeyer de (25, 50, 100 y 600 ml), 2 embudos de vidrios de (50 y 100 ml), 4 probetas de (50 y 100 ml), 4 pipetas de (5 y 10 ml), 4 goteros de (5 ml), 1 tamiz de (5 mm), 12 fioles de (50, 200 y 500 ml), 1 piseta de (400 ml), 4 bolsas herméticas de (20 x 25cm), 43 frascos de polietileno de (100 ml, 500 ml y 2 l), 1 cooler de (45 l), 4 propipetas, 2 morteros de porcelana, 2 varillas de vidrio, 2 espátulas, 4 m de papel filtro y 2 lunas reloj.

En seguida se detalla los equipos utilizados: Multiparámetro portátil (Marca: Hanna INSTRUMENTS Modelo: HI 98190), GPS de mano (Marca: Garmin; Modelo: Montana 650), balanza eléctrica (Marca: Valtox; Modelo: Lc30), balanza analítica (Marca: Oaus; Modelo: PX5), estufa (Marca: Boeco; Modelo: Sc8), agitador magnético (Marca: Vortex; Modelo: RSLab), potenciómetro (Marca: Hanna; Modelo: HI 98183), espectrofotómetro (Marca: iCAP™; Modelo: 7000), multiparámetro (Marca: Hanna INSTRUMENTS; Modelo: HI 98190), vernier eléctrico (Marca: Calipers; Modelo: 5375) y desecador (Marca: JeioTech; Modelo: MTSU0004).

### **3.4. Reactivos químicos**

En este proceso se utilizaron los siguientes reactivos: KOH 0.1 M, (100 ml de KOH) HCL 0.1 M (100 ml de HCL), agua destilada (2 l) y la muestra de agua contaminada (500ml).

### **3.5. Muestreo de agua superficial**

El muestreo se realizó por juicio no probabilístico, donde las muestras fueron tomadas de forma o tipo continuo. Las coordenadas geográficas del punto de muestreo se registraron con un GPS portátil (Garmin-Montana 650). En el punto de muestreo se recogieron tres muestras para:

- Determinar las concentraciones de arsénico total
- Analizar los parámetros fisicoquímicos, cationes y aniones

Las tres muestras se recogieron en frascos de polietileno (PVC) de alta densidad, las muestras se preservaron con ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ), hasta un pH menor a 2 y se mantuvieron refrigerados en una cooler a una temperatura de 4 °C hasta su traslado al laboratorio para el análisis de calidad (Chakraborty et al., 2011).

### **3.6. Caracterización de parámetros fisicoquímicos de las aguas superficiales de la Comunidad de Upina**

En enero de 2021 se determinaron parámetros in situ en el punto de muestro como el pH, conductividad eléctrica (CE), temperatura (T) se utilizaron instrumentos estándar (potenciómetros Hanna INSTRUMENTS HI 98190) y los TDS fueron determinados según los métodos normalizados de APHA (2540 C), mientras que otros parámetros fisicoquímicos como: NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub> y As fueron medidos con métodos estandarizados en el Laboratorios Analíticos del Sur acreditado por la dirección de acreditación del INACAL. Por otro lado, en el laboratorio de Análisis de la Calidad de Aguas de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Forestal (EPIAF) de la Universidad Nacional de Juliaca donde se determinaron la concentración de Arsénico (As).

### **3.7. Determinación del porcentaje de remoción del arsénico (As) aplicando cáscara de arroz modificado químicamente con hidróxido de potasio y ácido clorhídrico**

#### **3.7.1. Obtención de material precursor**

La cáscara de arroz adquirida para el desarrollo de esta investigación proviene del molino de arroz San lorenzo S.R.L. en la ciudad de Camaná – Arequipa, se trajo en el mes de marzo del año 2021 la cantidad de 5 kg, para la realización de los experimentos.

#### **3.7.2. Tratamiento previo del material precursor**

Una vez obtenido el material precursor “La cáscara de arroz (CA)”, fue lavada y examinada a fin de excluir residuos sólidos gruesos presentes para luego secarlo a temperatura ambiente, a fin de asegurar una limpieza optima, se realizó un lavado de cada 100 g de cáscara de arroz en 2 L con agua destilada, enseguida se eliminó el agua en exceso y se secó en la estufa a una temperatura de 120°C durante 2 H (Doria Herrera, Valencia Uribe, Hormaza Anaguano, & Gallego Suárez, 2016).

Debido a que se requiere un tamaño de partícula menor para una absorción optima, se procedió a triturar con la ayuda de un mortero para posteriormente tamizarlo con un tamiz de malla 0.5 mm, en este último proceso se observó que aumento la

superficie de la cáscara de arroz, finalmente se almacenó la cáscara de arroz pre tratada (CAP) en bolsas de polietileno hermético debidamente rotulados (Shamsollahi & Partovinia, 2019).

### **3.7.3. Modificación química y activación del material precursor**

A fin de ampliar la cantidad de grupos aniónicos con la optimización del área superficial (Çelekli, Bozkuş, & Bozkurt, 2019). Y la porosidad total como también obtener un mayor porcentaje de remoción (Guanuche., Sares, Nieves, & Morales, 2017). Se sometió a la CAP a un proceso de activación y modificación química con ácido clorhídrico (HCl) e hidróxido de potasio (KOH) (Çelekli et al., 2019).

- a) Modificación y activación con ácido clorhídrico:** Para la modificación y activación química con ácido clorhídrico en primer lugar, se prepararon soluciones de HCl a 1 M/L (Pehlivan, Cetin, & Yanik, 2006). Después se procedió a pesar una porción de 100 g de CAP en una balanza eléctrica, y ponerla en una bandeja de vaso precipitado, para luego colocar la CAP en matraces erlenmeyer que contenían 500 ml de solución de HCl (Zhang et al., 2013). Se prosigue con someterlo a una agitación constante de 150 rpm para que los reactivos se adsorbieran completamente (Ying et al., 2018), a temperatura ambiente y durante 24 H (Tovar et al., 2017). Transcurrido este tiempo se filtró la CAP y se lavó hasta que el pH del agua de lavado sea neutro (Calero, Hernáinz, Blázquez, Martín, & Tenorio, 2010) (Argun, Dursun, Ozdemir, & Karatas, 2007). Por último la CAP se secó por 12 H en una estufa, a 70°C (Tovar et al., 2017). Finalmente, este material obtenido es guardado en bolsas herméticas de polietileno y rotulados con la denominación de cáscara de arroz activada y modificada químicamente con HCl (CAA1).
- b) Modificación y activación con hidróxido de potasio:** La modificación y activación química de cáscara de arroz con hidróxido de potasio, se preparó una solución a 1 M/L (Tovar et al., 2017). Por ello en una balanza analítica se pesó 10 g de CAP, el cual fue depositado en un frasco de precipitados que contenía 100 ml de solución de KOH, esta mezcla permaneció a temperatura ambiente (Ghanim et al., 2020). A una agitación constante de 150 rpm en un agitador magnético durante 24 H (Ying et al., 2018). Concluido el tiempo, la mezcla se filtró y se ha lavado con agua desionizada hasta obtener un valor

constante o neutro de pH (Silva et al., 2018). A continuación, se secó la cáscara de arroz obtenida en una estufa a 70 °C durante 24 H y se almaceno (Coronel, 2016). En bolsas herméticas de polietileno a fin de evitar alguna contaminación del material, además se rotulo con la denominación de cáscara de arroz modificada y activada químicamente con KOH.

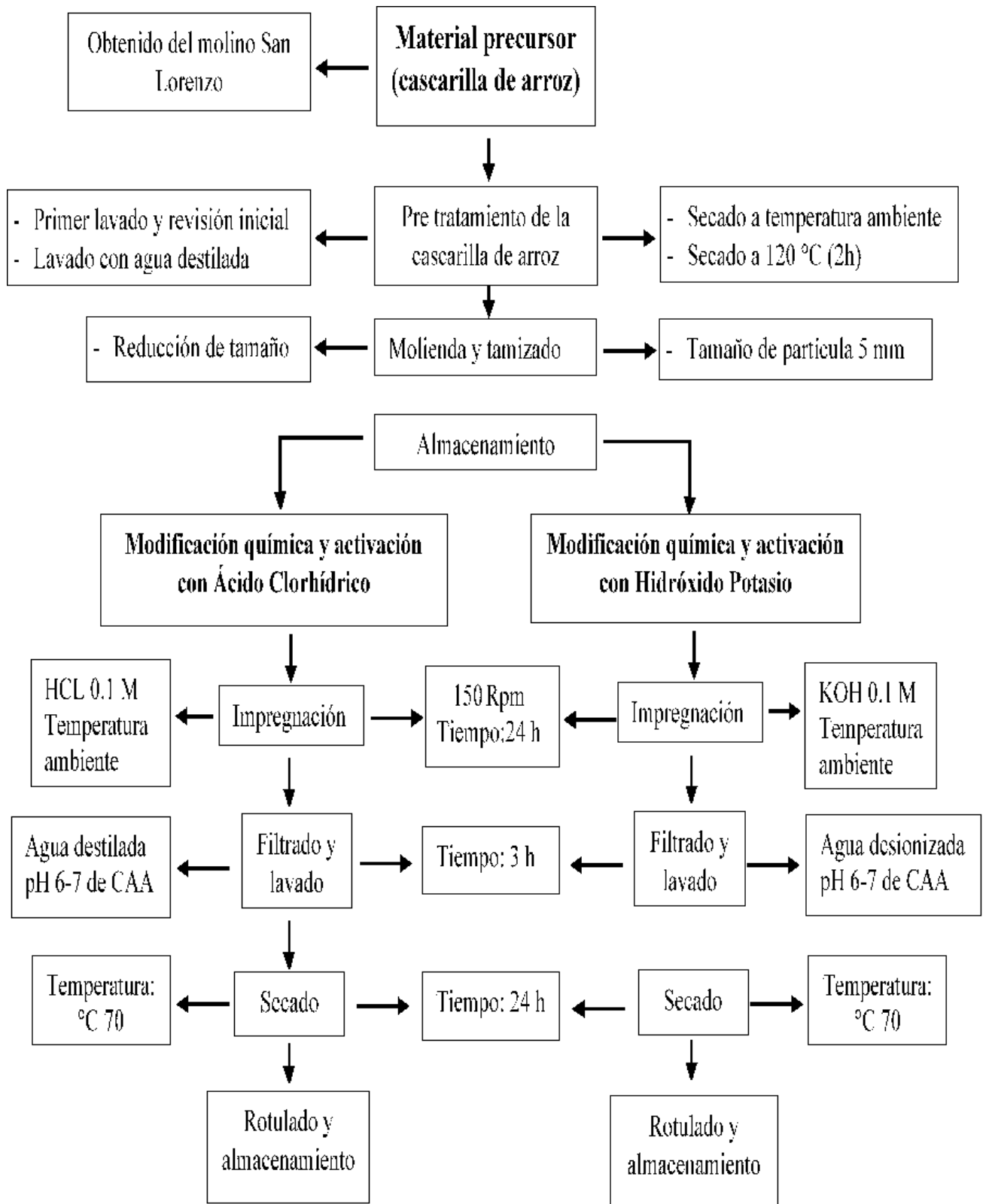


Figura 5. Diagrama de flujo de la modificación y activación química de la cáscara de arroz (CA).

### **3.7.3.1. Ensayos de remoción de arsénico con cáscara de arroz modificada y activada químicamente**

Los métodos de tratamiento del material precursor cáscara de arroz, tienen en consideración la influencia en los porcentajes de remoción, por ello se manipulan las características (Chuah, Jumariah, Azni, Katayon, & Thomas Choong, 2005). Los factores operativos que son variables de intercambio en los resultados esperados, tales como: pH, tamaño de partícula, temperatura, cantidad del absorbente, temperatura, concentración de contaminante y tiempo de contacto (Çelekli et al., 2019). Se considera que el pH como también el tiempo de contacto, cuentan con un papel importante en la eficiencia de remoción (Basci, Kocadagistan, & Kocadagistan, 2004). Por tanto se tuvo en cuenta tener un minucioso control, debido a que de ello depende el éxito o fracaso de la investigación (Llanos, Ríos, Jaramillo, & Rodríguez, 2016).

Todo el material precursor cáscara de arroz modificado y activado con hidróxido de potasio CCA2 y ácido clorhídrico CCA1, fueron utilizados para los ensayos de remoción de arsénico (As). Se realizó un sistema experimental bath o por lotes (Doria, Hormaza, & Gallego, 2013). Con una muestra de un efluente contaminado por arsénico tomada en el punto con coordenadas UTM 0381368 – 8486388 a 2249 msnm.

Se aplicó dos tipos de material absorbente: cáscara de arroz activada químicamente con HCl y cáscara de arroz activada químicamente con KOH, los cuales fueron evaluados bajo los mismos parámetros (Rios, Rodríguez, Salinas, & Vargas, 2012). Comenzando con el preparado de 16 porciones de 6 g de CCA1 y CCA2 respectivamente, pesados en la balanza analítica; los cuales fueron colocados en vasos precipitados de 500 ml. Enseguida se prosiguió con el vertimiento de 100 ml de la muestra contaminada (M2) dentro de los vasos precipitados contenidos de absorbentes; a fin de determinar el pH adecuado de remoción. Se continuo con la modificación con HCl y KOH. La variación de pH fue establecida en primera instancia, tomando en cuenta investigaciones con resultados positivos; estos valores de pH elegidos fueron de: 2, 5, 6.5 y 8.5.

Una vez terminado, cada lote fue puesto en un agitador magnético a 150 rpm y todo el proceso se realizó a temperatura ambiente (Khan, Wahab, & Chaudhuri,

2011) (Eggs, Salvarezza, Azario, Fernández, & García, 2012). Además se realizó cuatro repeticiones por cada valor de pH, en base a los siguientes tiempos de contacto: 30 min (Pacheco, 2019), 60 min (Mahmood ul, Suthar, Rafique, Ahmad, & Yasin, 2015), 120 min (Chaudhuri & Mohammed, 2012), 180 min (G. V. Zea, 2017). Al finalizar el tiempo, los vasos precipitados de los ensayos se retiraron y se vaciaron sobre los conos de papel filtro en vasos precipitados de 100 ml (Cronje, Chetty, Carsky, Sahu, & Meikap, 2011). La muestra líquida extraída del filtrado fueron depositados en frascos transparentes, por último se realizó la rotulación, enseguida se refrigeraron y almacenaron hasta su posterior análisis (Low, Lee, & Liew, 2000). Todo el procedimiento se aplicó para CCA1 y CCA2 respectivamente.

### **3.7.3.2. Análisis de As después de la remoción con CAA1 y CCA2**

Posteriormente las 32 muestras tratadas, se sometieron a análisis por el método EPA 200.7 (Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales) mediante ICP (Espectrometría de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente) – OE, con ello se determinó concentración de arsénico (As) final después del ensayo de remoción con cáscara de arroz modificada y activada.

Por ello se utilizará la fórmula:

3.7.3.2.1. Formula  $c = a - b$

$$X = \left(\frac{c}{a}\right) * 100$$

Donde:

- X: Porcentaje de remoción
- a: Concentración inicial
- b: Concentración final
- c: Concentración removida

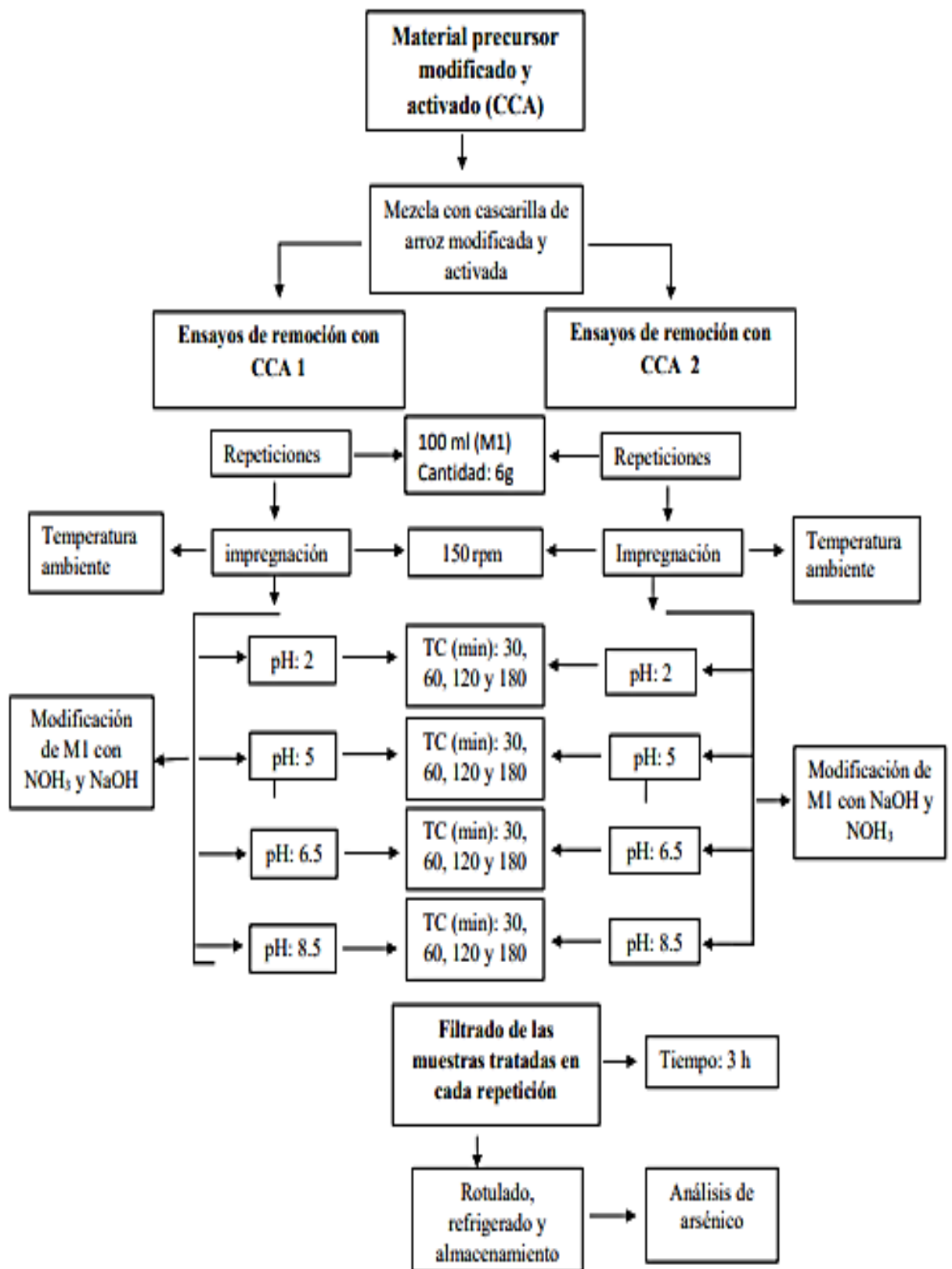


Figura 6. Diagrama de flujo de los ensayos para la remoción de arsénico

### 3.8. Análisis de datos

a) El tratamiento de los datos se realizó a través del software estadístico IBM SPSS (Statistical Package for the social Sciences) versión 24.0.

b) Para contrastar la prueba de hipótesis se aplicará la prueba de T-student para dos muestras independientes Si aplicamos la fórmula:  $t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{S^2 \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$  . De acuerdo

con la hipótesis nula y alterna se debe demostrar que existe diferencia entre las medias de las muestras, se consulta una tabla de T-student con grado de libertad igual a  $n_1 + n_2 - 2$  y se calcula el valor de P. Donde nivel de confianza 95% con margen de error 5 %.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Caracterización de parámetros fisicoquímicos de las aguas superficiales de Upina

Los parámetros conseguidos en campo se pueden visualizar en la tabla 4, donde:

- En la cabecera del riachuelo Upina se ha obtenido una **concentración de arsénico de 0.0161 mg /L**, comparado con los ECA categoría 4 no supera los estándares de calidad ambiental.
- En la cuenca media del riachuelo Upina se ha obtenido una concentración de **arsénico de 6.736 mg /L**, comparado con los ECA categoría 4 supera los estándares de calidad ambiental.
- En la cuenca baja del riachuelo Upina se ha obtenido una concentración de **arsénico de 6.334 mg /L**, comparado con los ECA IV categoría 4 supera los estándares de calidad ambiental.

Tabla 4

Parámetros fisicoquímicos analizados en la cabecera de cuenca, media y baja

Parámetros	Febrero 2021					Estándar nacional**
	Unidad	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	MINAM -2017 *
CE	μS/cm	0	80	46.666	60	1000
T	°C	14.1	18.2	15.966	15.6	Δ 3
TDS	mg/L	0	30	16.666	20	1500
pH	Und	4.5	6.1	5.4	5.6	5.5 – 9.0
NO <sub>3</sub>	mg/L	1.58	2.74	2.15	2.13	13
SO <sub>4</sub>	mg/L	10	46.7	33.416	43.55	0.002
<b>As</b>	<b>mg/L</b>	<b>0.016</b>	<b>6.736</b>	<b>4.362</b>	<b>6.334</b>	<b>0.15</b>
Ba	mg/L	0.003	0.107	0.064	0.084	0.7
Cd	mg/L	0.001	0.002	0.001	0.000	0.00025
Cr	mg/L	0.002	0.032	0.020	0.028	0.011
Cu	mg/L	0.003	0.146	0.069	0.060	0.1
Ni	mg/L	0.004	0.089	0.057	0.081	0.052
P	mg/L	0.109	3.066	1.859	2.402	0.05
Pb	mg/L	0.003	0.099	0.064	0.093	0.003
Se	mg/L	0.002	0.005	0.003	0.002	0.005
Zn	mg/L	0.009	0.151	0.110	0.171	0.12

Fuente: Elaboración en base a los datos del Laboratorio Analíticos del Sur

\*Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

\*\* ECA - Estándares Nacionales de Calidad Ambiental

#### 4.1.1. Cabecera de cuenca

Los parámetros conseguidos en campo se pueden visualizar en la tabla, donde la cabecera de cuenca con coordenadas UTM 0381850 L- 8486820 a una altitud de 2468 msnm, que tiene una conductividad eléctrica de 0000 μS/cm, con temperatura de 14.1°C, solidos totales disueltos (TDS) 0000 mg/L y pH 6.1, todos los datos comparados con los ECAs establecidos por el ministerio del ambiente D.S N° 004-2017-MINAM, nos indica que está bajo los estándares.

Los parámetros que se analizaron ex – situ (laboratorio); muestran un valor de As de 0.0161 mg/L encontrándose dentro de los estándares de calidad ambiental (ECAs), así mismo se menciona que los demás parámetros excepto los  $\text{NO}_3$ , Pb, As y  $\text{SO}_4$  que sobrepasaron los estándares de calidad de categoría 4 (conservación del ambiente acuático).

#### **4.1.2. Cuenca media**

Los parámetros conseguidos en campo se pueden visualizar en la tabla, donde la cabecera de cuenca con coordenadas UTM 0381358 L- 8486388 a una altitud de 2249 msnm, tiene una conductividad eléctrica de 0080  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , con temperatura de 18.2 °C, Solidos Totales Disueltos (TDS) de 0030 mg/L y pH 5.6, todos los datos comparados con los ECAs establecidos por el ministerio del ambiente, nos indica que está bajo los estándares.

La tabla que se mostraba indicaba los parámetros que se analizaron ex - situ en la cuenca media, donde se ha obtenido un valor de As de 6.736 mg/L, donde sobrepasa los ECAs, así mismo se menciona que los demás parámetros excepto los  $\text{NO}_3$ , Ba, Cd, Cr, Cu, Pb y Se que sobrepasaron los estándares de calidad de categoría 4 (conservación del ambiente acuático).

#### **4.1.3. Cuenca baja**

Los parámetros conseguidos en campo se pueden visualizar en la tabla, donde la cuenca baja con coordenadas UTM 0381229 L- 8486119 a una altitud de 2172 msnm, tiene una conductividad eléctrica de 0060  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , con temperatura de 15.6 °C, Solidos Totales Disueltos (TDS) de 0020 mg/L y Ph de 4.5, todos los datos comparados con los ECAs establecidos por el ministerio del ambiente, nos indica que está bajo los estándares.

Los parámetros que se analizaron ex - situ en la cuenca baja, donde se ha obtenido un valor de As de 6.736 mg/L, donde sobrepasa los ECAs, así mismo se menciona que los demás parámetros excepto los  $\text{NO}_3$ , Ba, Cd, Cr, Cu, Pb y Se que sobrepasaron los estándares de calidad de categoría 4 (conservación del ambiente acuático).

Ese resultado comparado con Villa et al. (2018), en su investigación obtuvo una concentración de arsénico en el rango de 0.005 y 0.025 mg/L, y durante las cuatro últimas en el rango de 0,001 y 0,052 mg/L, a partir de una concentración promedio de

0.51 mg/L. Así mismo Chata (2015), obtuvo una concentración de arsénico de un promedio de 0.43 mg/L supera el límite máximo permisible (0.015 mg/kg fijado por la norma técnica Ecuatoriana) y plomo con concentraciones promedio de 0.21 mg/L supera el límite máximo permisible (0.020 mg/kg fijado por codex alimentarius y la Unión Europea) y cadmio con promedio de 0.004 mg/L el cual no supera el límite máximo permisible (0.010 mg/kg fijado por la norma técnica de Rumana). Mientras que Mancilla et al. (2012), en su estudio obtuvo que la mayor concentración y dispersión la presentó el As con valores de 0.0 a 0.78 mg/L, mientras que la menor con 0.0 a 0.03 mg/L, fue para el Hg. Las descargas de agua residual hacia los ríos, contaminan gravemente y llevan a sobrepasar los límites permisibles para Cd, Hg y Pb en agua para uso y consumo humano. Finalmente Gonzales & Osorio (2014), en su investigación determinó una concentración media de cadmio: 0.004 mg/L y de arsénico: 0.002 mg/L; en las muestras provenientes de los camiones cisternas se determinó la concentración media de cadmio: 0.004 mg/L y arsénico: 0.001 mg/L, en las muestras provenientes de los cilindros plásticos de las viviendas se determinó la concentración media de cadmio: 0.001 mg/L y arsénico: 0.002 mg/L.

## 4.2. Determinación del porcentaje de remoción del arsénico (As) aplicando cáscara de arroz modificado químicamente con ácido clorhídrico e hidróxido de potasio

### 4.2.1. Análisis de concentración y porcentaje de remoción de As con CCA1 (HCl) ácido clorhídrico

Tabla 5

Análisis de As final después de la remoción con CCA1(HCl) por 30, 60, 120 y 180 min

Tiempo de contacto	pH	Concentración inicial	Concentración final	Porcentaje de remoción
30	2	6.736	0.2279	96.62
30	5	6.736	0.1851	97.25
30	6.5	6.736	0.2595	96.15
30	8.5	6.736	0.0012	99.98
60	2	6.736	0.3076	95.43
60	5	6.736	0.2923	95.66
60	6.5	6.736	0.3557	94.72
60	8.5	6.736	0.2763	95.9
120	2	6.736	0.5687	91.56
120	5	6.736	0.5705	91.53
120	6.5	6.736	0.5148	92.36
120	8.5	6.736	0.5009	92.56
180	2	6.736	0.9174	86.38
180	5	6.736	0.959	85.76
180	6.5	6.736	0.843	87.49
180	8.5	6.736	0.843	87.49

Por lo que se concluye que el tratamiento con la cáscara de arroz modificado químicamente con ácido clorhídrico a un tiempo de contacto de 30 min y a un pH de 2, 5, 6.5 y 8.5 tienen efectos significativos sobre la concentración de arsénico en las aguas superficiales. De hecho, la concentración de arsénico en el agua, en promedio bajó ha bajado de 6.736 a 0.168 mg/L.

Por lo que se concluye que el tratamiento con la cáscara de arroz modificado químicamente con hidróxido de potasio a un tiempo de contacto de 60 min y a un pH de 2, 5, 6.5 y 8.5 tienen efectos significativos sobre la concentración de arsénico en las aguas superficiales. De hecho, la concentración de arsénico en el agua, en promedio bajó ha bajado de 6.736 a 0.307 mg/L.

Por lo que se concluye que el tratamiento con la cáscara de arroz modificado químicamente con hidróxido de potasio a un tiempo de contacto de 120 min y a un pH de

2, 5, 6.5 y 8.5 tienen efectos significativos sobre la concentración de arsénico en las aguas superficiales. De hecho, la concentración de arsénico en el agua, en promedio bajó ha bajado de 6.736 a 0.538 mg/L.

Por lo que se concluye que el tratamiento con la cáscara de arroz modificado químicamente con hidróxido de potasio a un tiempo de contacto de 180 min y a un pH de 2, 5, 6.5, y 8.5 tienen efectos significativos sobre la concentración de arsénico en las aguas superficiales. De hecho, la concentración de arsénico en el agua, en promedio bajó ha bajado de 6.736 a 0.890 mg/L.

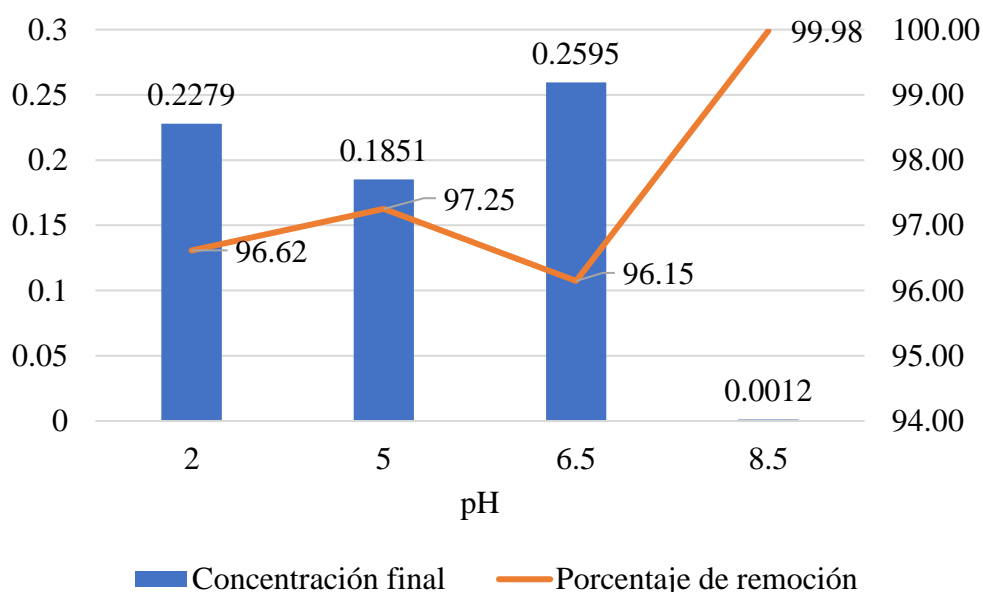


Figura 7. Porcentaje de remoción por 30 min de contacto con HCl

En la figura, se observa la concentración final de arsénico en el agua después del tratamiento, con un tiempo de contacto de 30 min, donde se ha obtenido una concentración de 0.227 mg/L, a un pH de 2, logrando remover un 96.62%; así mismo a un pH de 5 se ha obtenido una concentración de 0.185 mg/L, removiendo un 97.25 % ; a un pH de 6.5 se ha obtenido una concentración de 0.259, removiendo un 96.15 % y finalmente a un pH de 8.5 se ha obtenido un valor de 0.0012 mg/L, removiendo un 99.98 % de concentración de arsénico en el agua. Se puede evidenciar que a un pH de 5 y 8.5, así mismo en un tiempo de contacto de 30 min se ha obtenido el valor mayor en la remoción, aplicando la cáscara de arroz modificado químicamente con ácido clorhídrico

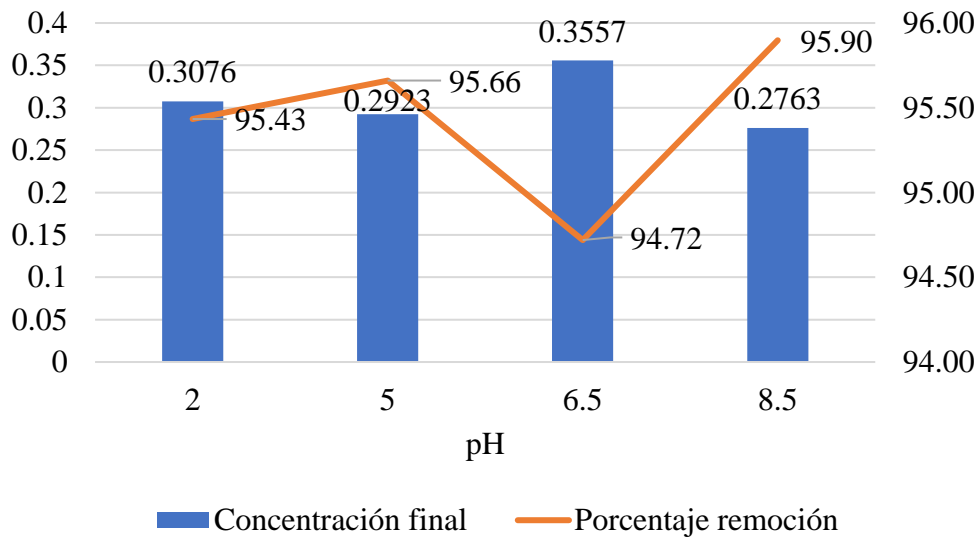


Figura 8. Porcentaje de remoción por 60 min de contacto con HCl

En la figura, se observa la concentración final de arsénico en el agua después del tratamiento, por 60 min de tiempo de contacto con HCl, donde se ha obtenido una concentración de 0.3076 mg/L, a un pH de 2, logrando remover un 95.43 %; así mismo a un pH de 5 se ha obtenido una concentración de 0.2923 mg/L, removiendo un 95.66 % ; a un pH de 6.5 se ha obtenido una concentración de 0.3557, removiendo un 94.72 % y finalmente a un pH de 8.5 se ha obtenido un valor de 0.2763 mg/L , removiendo un 95.90 % de concentración de arsénico en el agua. Se puede evidenciar que a un pH de 5 y 8.5, así mismo un tiempo de 120 min de contacto se ha obtenido el valor mayor en la remoción, aplicando la cáscara de arroz modificado químicamente con ácido clorhídrico.

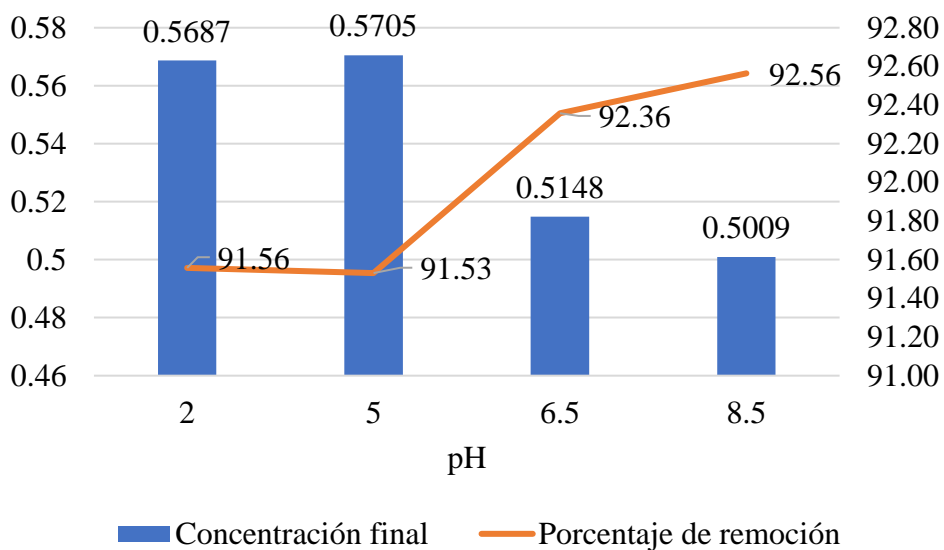


Figura 9. Porcentaje de remoción por 120 min de contacto con HCl

En la figura, se observa la concentración final de arsénico en el agua después del tratamiento, por 120 min de tiempo de contacto con HCl, donde se ha obtenido una concentración de 0.5687 mg/L a un pH de 2, logrando remover un 91.56 %; así mismo a un pH de 5 se ha obtenido una concentración de 0.5705 mg/L, removiendo un 91.56 % ; a un pH de 6.5 se ha obtenido una concentración de 0.5148, removiendo un 92.36 % y finalmente a un pH de 8.5 se ha obtenido un valor de 0.500 mg/L , removiendo un 92.56 % de concentración de arsénico en el agua. Se puede evidenciar que a un pH de 6.5 y 8.5, así mismo en un tiempo de 120 min de contacto se ha obtenido el valor mayor en la remoción, aplicando la cáscara de arroz modificado químicamente con ácido clorhídrico

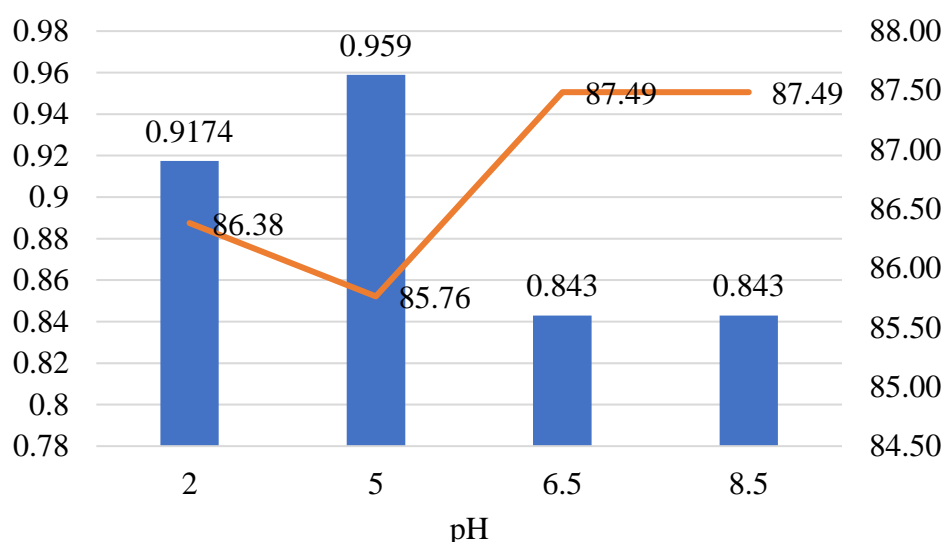


Figura 10. Porcentaje de remoción por 180 min de contacto con HCl

En la figura, se observa la concentración final de arsénico en el agua después del tratamiento, por 180 min de tiempo contacto con HCl ,donde se ha obtenido una concentración de 0.9174 mg/L a un pH de 2, logrando remover un 86.38 %; así mismo a un pH de 5 se ha obtenido una concentración de 0.959 mg/L, removiendo un 85.76 % ; a un pH de 6.5 se ha obtenido una concentración de 0.843, removiendo un 87.49 % y finalmente a un pH de 8.5 se ha obtenido un valor de 0.843 mg/L, removiendo un 87.49% de concentración de arsénico en el agua. Se puede evidenciar que a un pH de 6.5 y 8.5, así mismo en un tiempo de 180 min de contacto se ha obtenido el valor mayor en la remoción, aplicando la cáscara de arroz modificado químicamente con ácido clorhídrico.

#### 4.2.1.1. Análisis de concentración de As después de tratamiento de remoción con CCA2 (KOH) hidróxido de potasio.

Tabla 6

Análisis de As final después de la remoción con CAA2 (KOH) por 30, 60, 120 y 180 min

Tiempo de contacto	pH	Concentración inicial	Concentración final	Porcentaje de remoción
30	2	6.736	0.748	88.89
30	5	6.736	0.433	93.57
30	6.5	6.736	0.751	88.85
30	8.5	6.736	0.776	88.49
60	2	6.736	0.4712	93.01
60	5	6.736	0.2208	96.72
60	6.5	6.736	0.2645	96.08
60	8.5	6.736	0.6027	91.05
120	2	6.736	2.463	63.44
120	5	6.736	1.363	79.77
120	6.5	6.736	2.451	63.61
120	8.5	6.736	2.662	60.48
180	2	6.736	0.2017	97
180	5	6.736	0.2316	96.56
180	6.5	6.736	0.1785	97.36
180	8.5	6.736	0.2259	96.65

Por lo que se concluye que el tratamiento con la cáscara de arroz modificado químicamente con hidróxido de potasio a un tiempo de contacto de 30 min y a un pH de 2, 5, 6.5 y 8.5 tienen efectos significativos sobre la concentración de arsénico en las aguas superficiales. De hecho, la concentración de arsénico en el agua, en promedio bajó ha bajado de 6.736 a 0.677 mg/L.

Por lo que se concluye que el tratamiento con la cáscara de arroz modificado químicamente con hidróxido de potasio a un tiempo de contacto de 60 min y a un pH de 2, 5, 6.5 y 8.5 tienen efectos significativos sobre la concentración de arsénico en las aguas superficiales. De hecho, la concentración de arsénico en el agua, en promedio bajó ha bajado de 6.736 a 0.389 mg/L.

Por lo que se concluye que el tratamiento con la cáscara de arroz modificado químicamente con hidróxido de potasio a un tiempo de contacto de 120 min y a un pH de 2, 5, 6.5 y 8.5 tienen efectos significativos sobre la concentración de arsénico en las aguas

superficiales. De hecho, la concentración de arsénico en el agua, en promedio bajó ha bajado de 6.736 a 2.234 mg/L.

Por lo que se concluye que el tratamiento con la cáscara de arroz modificado químicamente con hidróxido de potasio a un tiempo de contacto de 180 min y a un pH de 2, 5, 6.5 y 8.5 tienen efectos significativos sobre la concentración de arsénico en las aguas superficiales. De hecho, la concentración de arsénico en el agua, en promedio bajó ha bajado de 6.736 a 0.2094 mg/L.

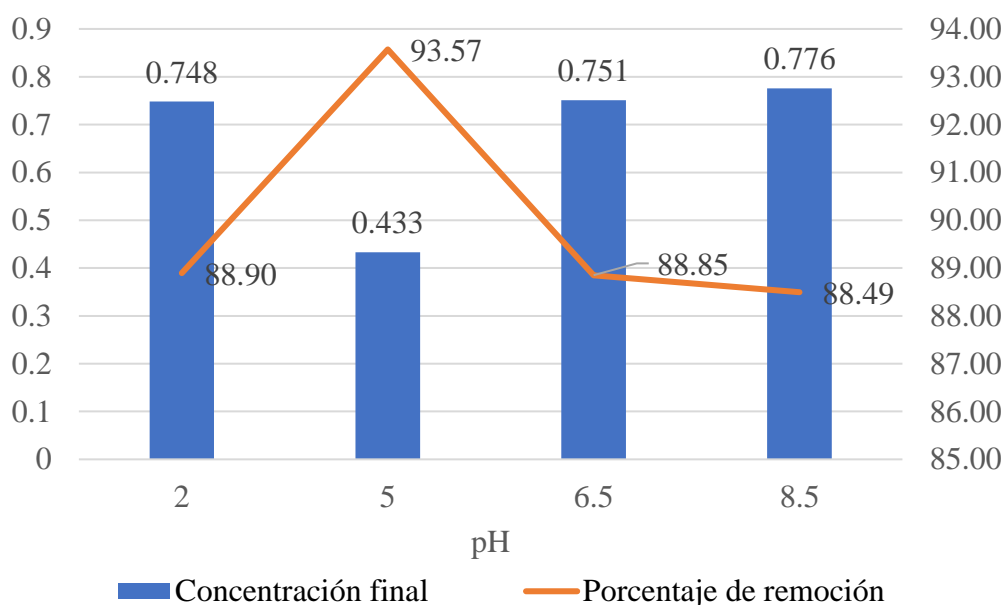


Figura 11. Porcentaje de remoción por 30 min de contacto con KOH

En la figura, se observa la concentración final de arsénico en el agua después del tratamiento, por 30 min de tiempo contacto con KOH, donde se ha obtenido una concentración de 0.748 mg/L a un pH de 2, logrando remover un 88.90 %; así mismo a un pH de 5 se ha obtenido una concentración de 0.433 mg/L, removiendo un 93.57 %; a un pH de 6.5 se ha obtenido una concentración de 0.751, removiendo un 88.85 % y finalmente a un pH de 8.5 se ha obtenido un valor de 0.776 mg/L, removiendo un 88.49 % de concentración de arsénico en el agua. Se puede evidenciar que a un pH de 2 y 5, así mismo en un tiempo de contacto de 30 min de contacto se ha obtenido los valores mayores en la remoción, aplicando la cáscara de arroz modificado químicamente con hidróxido de potasio.

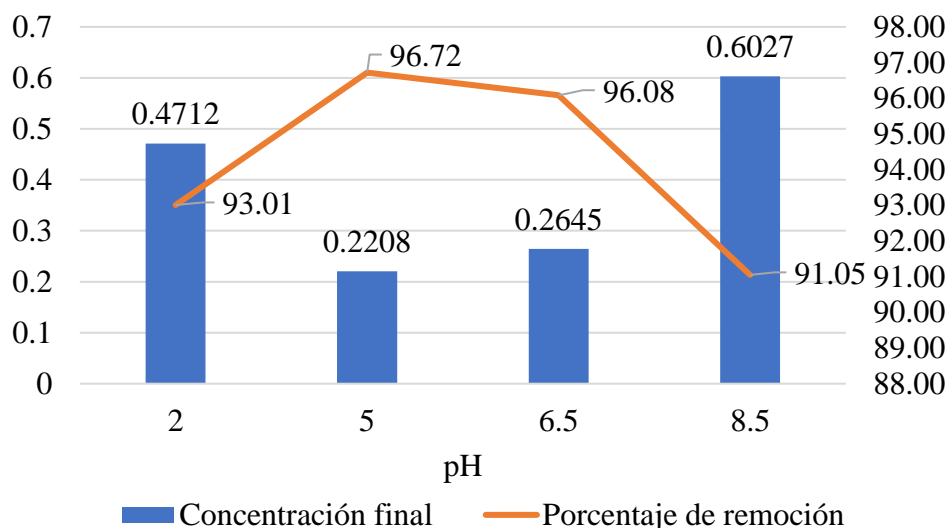


Figura 12. Porcentaje de remoción por 60 min de contacto con KOH

En la figura, se observa la concentración final de arsénico en el agua después del tratamiento, por 60 min de tiempo contacto con KOH, donde se ha obtenido una concentración de 0.471 mg/L a un pH de 2, logrando remover un 93.01 %; así mismo a un pH de 5 se ha obtenido una concentración de 0.2208 mg/L, removiéndose un 96.72 %; a un pH de 6.5 se ha obtenido una concentración de 0.264, removiéndose un 96.08 % y finalmente a un pH de 8.5 se ha obtenido un valor de 0.6027 mg/L, removiéndose un 91.05 % de concentración de arsénico en el agua. Se puede evidenciar que a un pH de 5 y 6.5, así mismo en un tiempo de contacto de 60 min de contacto se ha obtenido los valores mayores en la remoción, aplicando la cáscara de arroz modificada químicamente con hidróxido de potasio.

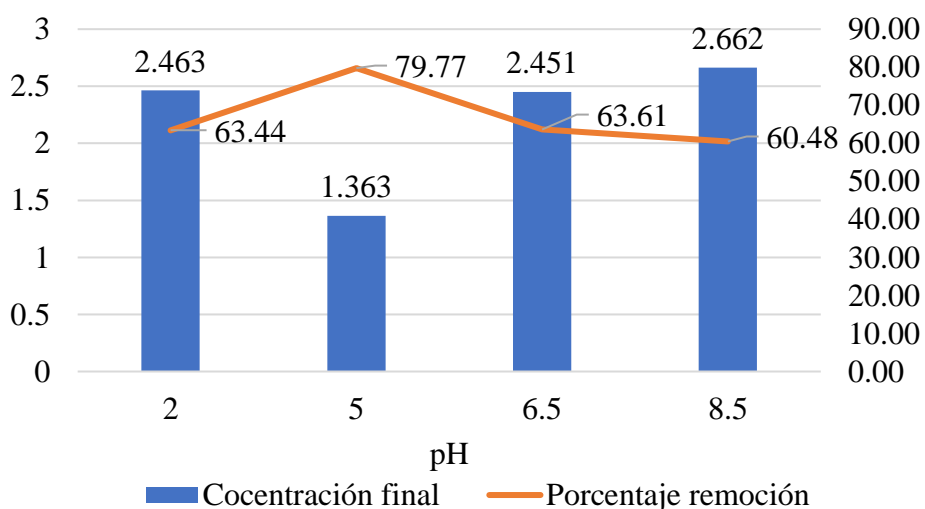


Figura 13. Porcentaje de remoción por 120 min de contacto con KOH

En la figura, se observa la concentración final de arsénico en el agua después del tratamiento, por 120 min de tiempo contacto con KOH, donde se ha obtenido una concentración de 2.463 mg/L a un pH de 2, logrando remover un 63.44 %; así mismo a un pH de 5 se ha obtenido una concentración de 1.363 mg/L, removiendo un 79.77 %; a un pH de 6.5 se ha obtenido una concentración de 2.451, removiendo un 63.61 % y finalmente a un pH de 8.5 se ha obtenido un valor de 2.662 mg/L, removiendo un 60.48 % de concentración de arsénico en el agua. Se puede evidenciar que a un pH de 5 y 6.5, así mismo en un tiempo de contacto de 120 min de contacto se ha obtenido los valores mayores en la remoción, aplicando la cáscara de arroz modificado químicamente con hidróxido de potasio.

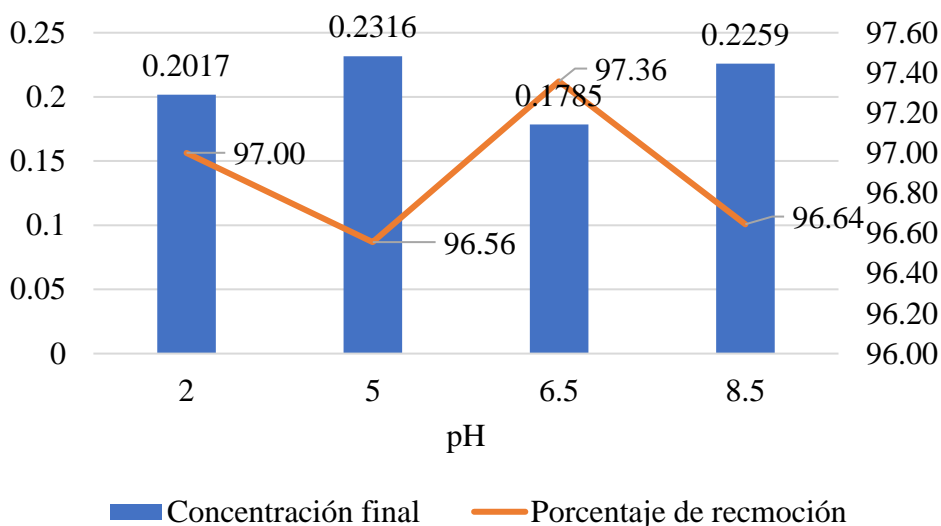


Figura 14. Porcentaje de remoción por 180 min de contacto con KOH

En la figura, se observa la concentración final de arsénico en el agua después del tratamiento, por 180 min de tiempo contacto con KOH, donde se ha obtenido una concentración de 0.2017 mg/L a un pH de 2, logrando remover un 97 %; así mismo a un pH de 5 se ha obtenido una concentración de 0.2316 mg/L, removiendo un 96.56 %; a un pH de 6.5 se ha obtenido una concentración de 0.1785, removiendo un 97.36 % y finalmente a un pH de 8.5 se ha obtenido un valor de 0.2259 mg/L, removiendo un 96.64 % de concentración de arsénico en el agua. Se puede evidenciar que a un pH de 6.5 y en un tiempo de contacto de 180 min de contacto se ha obtenido el valor mayor en la remoción, aplicando la cáscara de arroz modificado químicamente con hidróxido de potasio.

Comparado con los resultados con Suyon & Xiomara (2018), solo disminuyo un 78.51% con respecto al patrón y de remoción de turbidez el experimental1 de la muestra 2 se redujo en 48% con respecto al patrón. Así mismo Martínez et al. (2018), en su estudio nos muestra que los óxidos y oxihidróxidos de hierro son extensamente empleados por su eficiencia en la eliminación de arsénico de medios acuosos logrando una capacidad de adsorción que oscila entre un 70 a un 99%, lo cual se debe a que poseen elevada área superficial específica y una gran porosidad.

Así mismo G. V. Zea (2017), en su investigación tomo como tiempo de contacto fueron de 120 y 80 min para arsénico (III) y (V) respectivamente. La máxima remoción de arsénico (III) se dio a un pH de 2.9, una cantidad de adsorbente de 7.5g/L y a una concentración inicial de 5.5mg/L alcanzando el 100%. Para arsénico (V) los parámetros adecuados fueron: pH 4.7, 12g/L de adsorbente y concentración inicial de 5.5mg/L donde se alcanzó el 100% de remoción igualmente. La remoción total tanto de arsénico (III) y (V) en solución se dio a un pH adecuado de 5.0, con una concentración inicial de arsénico de 0.1mg/L y una cantidad de adsorbente de 9.6g/L. Los resultados conseguidos indican que la cáscara de arroz cubierta con dióxido de manganeso tiene una alta efectividad de remoción de arsénico (III) y (V).

#### **4.2.1.2. Porcentaje de remoción de respecto al pH y tiempo de contacto con HCl**

La figura que se muestra a continuación indica la concentración de arsénico de acuerdo a un pH y tiempo de contacto determinado después del tratamiento:

- En un pH 2, se ha obtenido el 96.62 % de remoción en 30 min de contacto; en un pH de 5, se ha obtenido el 97.25 % de remoción en 30 min; pH de 6.5, el porcentaje de remoción fue de 96.15 % en 30 min y en pH de 8.5, se ha obtenido 99.98 % con un tiempo de 30 min.
- En un pH 2, se ha obtenido el 95.43 % de remoción en 60 min de contacto; en un pH de 5, se ha obtenido el 95.66 % de remoción en 60 min; pH de 6.5, el porcentaje de remoción fue de 94.72 % en 60 min y en pH de 8.5, se ha obtenido 95.9 % con un tiempo de 60 min.
- En un pH 2, se ha obtenido el 91.56 % de remoción en 120 min de contacto; en un pH de 5, se ha obtenido el 91.53 % de remoción en 120 min; pH de 6.5, el porcentaje de remoción fue de 92.36 % en 120 min y en pH de 8.5, se ha obtenido 92.56 % con un tiempo de 120 min.

- En un pH 2, se ha obtenido el 86.38 % de remoción en 180 min de contacto; en un pH de 5, se ha obtenido el 85.76 % de remoción en 180 min; pH de 6.5, el porcentaje de remoción fue de 87.49 % en 180 min y en pH de 8.5, se ha obtenido 87.49 % con un tiempo de 180 min.

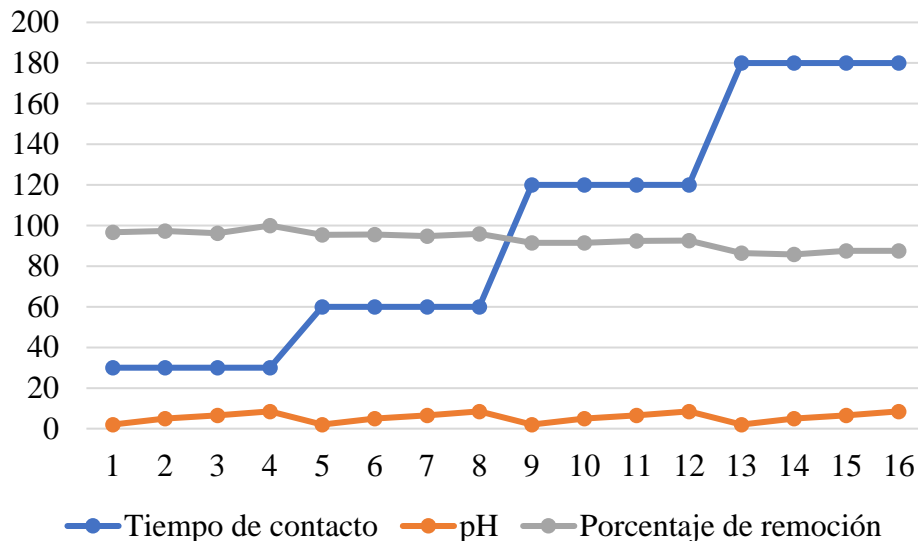


Figura 15. Porcentaje de remoción de acuerdo al pH y tiempo de contacto con HCl

Donde se puede evidenciar que en un pH de 8.5 y en un tiempo de 30 min se ha logrado tener un mayor porcentaje de remoción con 99.98 %, lo sigue pH 5 con 97.25 % y con 30 min; pH de 2 con 96.62 % con 30 min; finalmente con un 6.5, se logró remover el 96.15 % de concentración de arsénico, modificado químicamente con HCl.

#### 4.2.1.3. Porcentaje de remoción de respecto al pH y tiempo de contacto con KOH

La figura que se muestra a continuación indica la concentración de arsénico de acuerdo a un pH y tiempo de contacto determinado después del tratamiento:

- En un pH 2, se ha obtenido el 88.89 % de remoción en 30 min de contacto; en un pH de 5, se ha obtenido el 93.57 % de remoción en 30 min; pH de 6.5, el porcentaje de remoción fue de 88.85 % en 30 min y en pH de 8.5, se ha obtenido 88.49 % con un tiempo de 30 min.
- En un pH 2, se ha obtenido el 93.01 % de remoción en 60 min de contacto; en un pH de 5, se ha obtenido el 96.40 % de remoción en 60 min; pH de 6.5, el porcentaje de remoción fue de 96.08 % en 60 min y en pH de 8.5, se ha obtenido 91.05 % con un tiempo de 60 min.

- En un pH 2, se ha obtenido el 63.44 % de remoción en 120 min de contacto; en un pH de 5, se ha obtenido el 79.77 % de remoción en 120 min; pH de 6.5, el porcentaje de remoción fue de 63.61 % en 120 min y en pH de 8.5, se ha obtenido 60.48 % con un tiempo de 120 min.
- En un pH 2, se ha obtenido el 97 % de remoción en 180 min de contacto; en un pH de 5, se ha obtenido el 96.56 % de remoción en 180 min; pH de 6.5, el porcentaje de remoción fue de 97.35 % en 180 min y en pH de 8.5, se ha obtenido 96.65 % con un tiempo de 180 min.

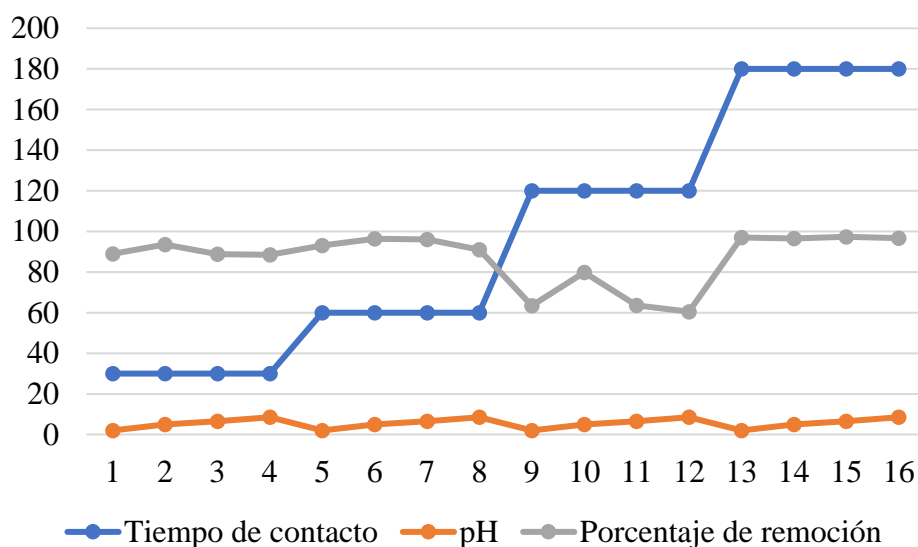


Figura 16. Porcentaje de remoción de acuerdo al pH y tiempo de contacto con KOH

Donde se puede evidenciar que en un pH de 6.5 y en un tiempo de 180 min se ha logrado tener un mayor porcentaje de remoción con 97.35 %, lo sigue pH 2 con 97 % y con 180 min; pH de 8.5 con 96.65% con 180 min; finalmente con un pH 5, se logró remover el 96.56 % de concentración de arsénico, modificado químicamente con KOH.

Así mismo los resultados comparados con G. V. Zea (2017), en la remoción de arsénico (III) y (V) utilizando dolomita carbonizada poseen características similares a las conseguidas en este trabajo, donde estimo que en un tiempo de contacto por 120 min con dolomita carbonizada posee un porcentaje de remoción de 85.74% para el arsénico (III) y un porcentaje de remoción de 96.07% para el arsénico (III). Por otro lado Zhao et al. (2012), alcanzo una remoción del 60% del arsénico en un tiempo de contacto de 4 H con la aplicación de nanopartículas de Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, La diferencia en el tiempo de contacto con respecto a esta investigación puede deberse a la baja cantidad de adsorbente utilizada.

Comparando estos resultados con los conseguidos en el presente trabajo, se puede observar una mayor eficiencia por parte de la cáscara de arroz modificada químicamente con HCl, en un tiempo de contacto de 30 min y a un pH de 2, 5, 6.5 y 8.5 tienen efectos significativos obteniendo un porcentaje de remoción de 99.98% de arsénico, esto indicaría que podría alcanzar una efectividad del 100% en la remoción si el tiempo de contacto es superior al realizado en el estudio.

#### 4.2.2. Análisis de concentración y capacidad de remoción del As después de tratamiento de remoción con CCA2 (HCl) ácido clorhídrico.

La tabla que se muestra a continuación indica la concentración inicial y final del arsénico (As), en un determinado tiempo de contacto con un cierto volumen, masa y con pH determinado, de las cuales nos muestra la concentración inicial y el porcentaje de remoción de As del agua superficiales de la Comunidad de Upina, Carabaya-Puno.

Tabla 7

Análisis de As final después de la remoción con arsénico en un tiempo de contacto por 30, 60, 120 y 180 min con HCl

Tiempo de contacto	Volumen (L)	Masa absorbente (g)	pH	Concentración inicial de As (mg/L)	Concentración final de As (mg/L)	Cantidad removida (mg/L)
30	0.1	6	2	6.736	0.2279	6.508
30	0.1	6	5	6.736	0.1851	6.551
30	0.1	6	6.5	6.736	0.2595	6.4765
30	0.1	6	8.5	6.736	0.0012	6.4735
60	0.1	6	2	6.736	0.3076	6.428
60	0.1	6	5	6.736	0.2923	6.444
60	0.1	6	6.5	6.736	0.3557	6.38
60	0.1	6	8.5	6.736	0.2763	6.46
120	0.1	6	2	6.736	0.5687	6.167
120	0.1	6	5	6.736	0.5705	6.166
120	0.1	6	6.5	6.736	0.5148	6.221
120	0.1	6	8.5	6.736	0.5009	6.235
180	0.1	6	2	6.736	0.9174	5.819
180	0.1	6	5	6.736	0.959	5.777
180	0.1	6	6.5	6.736	0.843	5.894
180	0.1	6	8.5	6.736	0.843	5.893

La figura que se muestra a continuación indica la cantidad de arsénico que se logró remover en 180 min de contacto, aplicando la cáscara de arroz modificado químicamente con ácido clorhídricos, donde a un pH 2, logró remover 6.508 mg/L de arsénico; así

mismo a un pH de 5, removi6 6.551 mg/L; a un pH de 6.5, ha obtenido remover un valor de 6.476 mg/L y finalmente a un pH de 8.5 ha removido 6.508 mg/L de ars6nico de las muestras tomadas de las aguas superficiales de Comunidad de Upina, Carabaya-Puno.

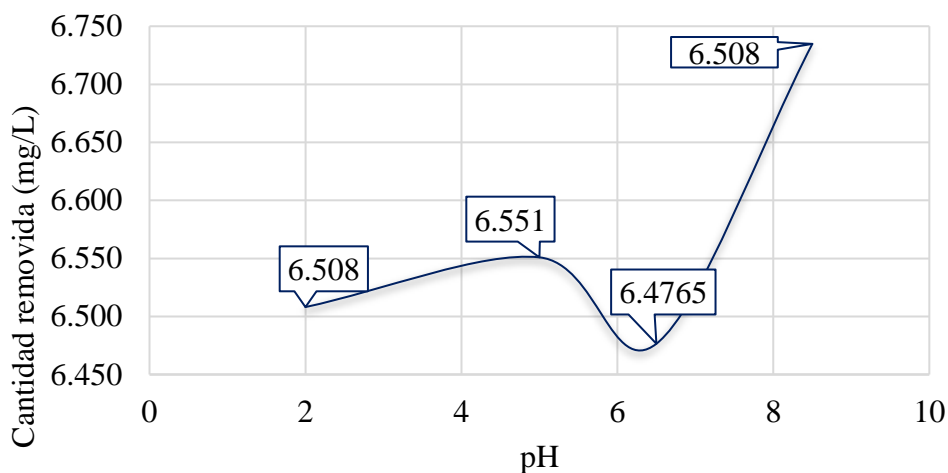


Figura 17. Cantidad removida de As por 30 min de contacto con HCl

La figura que se muestra a continuaci6n indica la cantidad de ars6nico que se logr6 remover en 60 min de contacto, aplicando la c6scara de arroz modificado qu6micamente con 6cido clorh6drico, donde a un pH 2, logr6 remover 6.428 mg/L de ars6nico; as6 mismo a un pH de 5, removi6 6.444 mg/L; a un pH de 6.5, ha obtenido remover un valor de 6.38 mg/L y finalmente a un pH de 8.5 ha removido 6.4 mg/L de ars6nico de las muestras tomadas de las aguas superficiales de Comunidad de Upina, Carabaya-Puno.

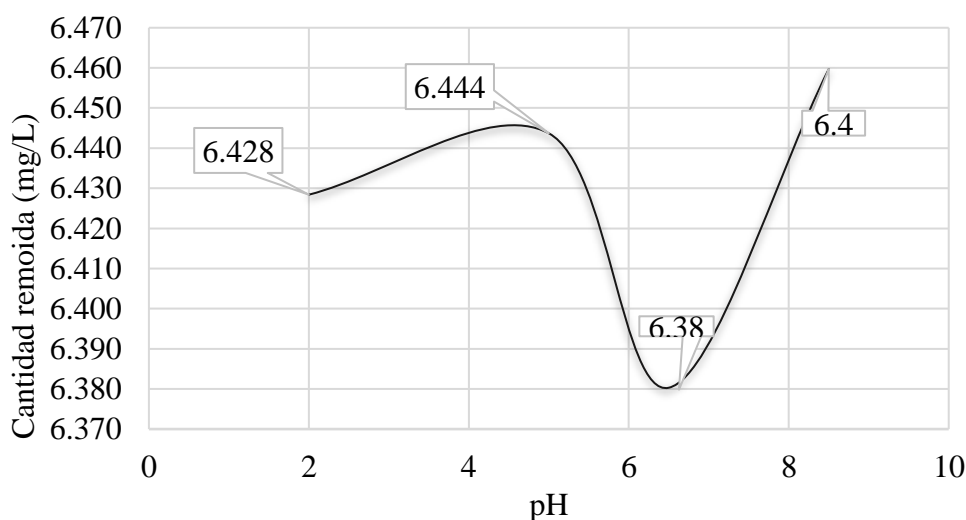


Figura 18. Porcentaje de remoci6n por 60 min de contacto con HC

La figura que se muestra a continuaci6n la cantidad de ars6nico que se logr6 remover en 120 min de contacto, aplicando la c6scara de arroz modificado qu6micamente con 6cido

clorhídrico, donde a un pH 2, logró remover 6.167 mg/L de arsénico; así mismo a un pH de 5, removió 6.166 mg/L; a un pH de 6.5, ha obtenido remover un valor de 6.221 mg/L y finalmente a un pH de 8.5 ha removido 6.235 mg/L de arsénico de las muestras tomadas de las aguas superficiales de Comunidad de Upina, Carabaya-Puno.

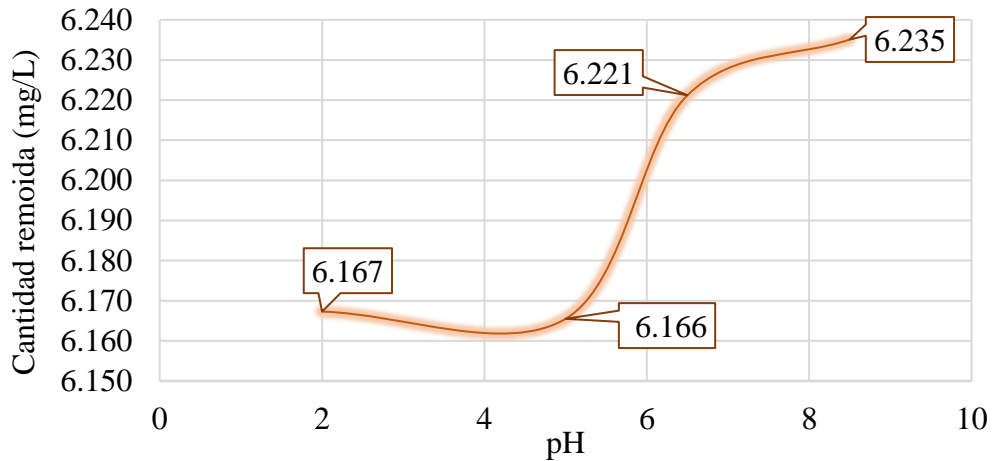


Figura 19. Cantidad removida de As por 120 min de contacto con HCl

La figura que se muestra a continuación indica la cantidad de arsénico que se logró remover en 180 min de contacto, aplicando la cáscara de arroz modificado químicamente con ácido clorhídrico, donde a un pH 2, logró remover 5.819 mg/L de arsénico; así mismo a un pH de 5, removió 5.777 mg/L; a un pH de 6.5, ha obtenido remover un valor de 5.893 mg/L y finalmente a un pH de 8.5 ha removido 5.892 mg/L de arsénico de las muestras tomadas de las aguas superficiales de Comunidad de Upina, Carabaya-Puno.

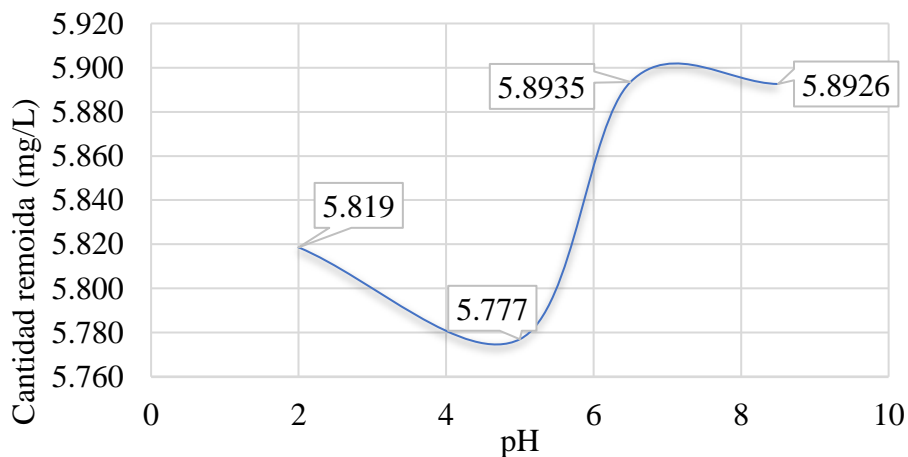


Figura 20. Cantidad removida de As por 180 min de contacto con HCl

La concentración final de arsénico en el agua después del tratamiento, con un tiempo de contacto de 30 min, donde se ha obtenido una concentración de 0.2279 mg/L, a un pH de 2, logrando remover un 96.62%; así mismo a un pH de 5 se ha obtenido una concentración de 0.1851 mg/L, removiendo un 97.25 % ; a un pH de 6.5 se ha obtenido una concentración de 0.2595 mg/L, removiendo un 96.15 % y finalmente a un pH de 8.5 se ha obtenido un valor de 0.0012 mg/L, removiendo un 99.98 % de concentración de arsénico en el agua con ácido clorhídrico.

Comparado estos resultados con N. Tapia & Huanca (2019), en su investigación utilizó 5 y 10 mg de Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> y Zeolita, trabajó a pH ácido de 2.5, en un tiempo de 32 H, evaluó la capacidad de adsorción. De las pruebas de remoción y los análisis realizados se demuestra que la mayor remoción de Arsénico se logró con 5 mg de Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, logrando una remoción del 97% en los primeros 30 min de contacto. Así mismo Villa et al. (2018), durante las primeras ocho semanas se redujo la concentración de arsénico en el rango de 0.05 y 0.025 mg/L, y durante las cuatro últimas en el rango de 0.001 y 0.052 mg/L, a partir de una concentración promedio de 0.51 mg/L. Se demostró que el sistema de filtración es eficiente para remover arsénico a condiciones naturales. Mientras que G. V. Zea (2017), en su investigación tomó como tiempo de contacto fueron de 120 y 80 min para arsénico (III) y (V) respectivamente.

La máxima remoción de arsénico (III) se dio a un pH de 2.9, una cantidad de adsorbente de 7.5g/L y a una concentración inicial de 5.5mg/L alcanzando el 100%. Para arsénico (V) los parámetros adecuados fueron: pH 4.7, 12g/L de adsorbente y concentración inicial de 5.5mg/L donde se alcanzó el 100% de remoción igualmente. La remoción total tanto de arsénico (III) y (V) en solución se dio a un pH adecuado de 5.0, con una concentración inicial de arsénico de 0.1mg/L y una cantidad de adsorbente de 9.6g/L.

De la misma forma se observó que el proceso de adsorción evaluado en este estudio sigue una cinética de pseudo segundo orden y la isoterma de Langmuir es la que mejor explica el proceso de adsorción ( $R^2 > 0.99$ ). Los resultados conseguidos indican que la cáscara de arroz cubierta con dióxido de manganeso tiene una alta efectividad de remoción de arsénico (III) y (V).

### 4.3. Prueba de hipótesis

HE1: Los parámetros fisicoquímicos de las aguas superficiales de la Comunidad de Upina, se encuentran por debajo de los estándares de calidad ambiental.

De acuerdo a los resultados aceptamos la hipótesis, puesto que los parámetros fisicoquímicos en cabecera de cuenta son: (CE, T, pH, TDS, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Ni, P, Pb, Se, Zn y  $SO_4$ ) se encuentran dentro de los ECA, mientras que, para ( $NO_3$ , Pb, y  $SO_4$ ) y en cuenca media y baja son: (CE, T, pH, TDS,  $NO_3$ , Ba, Cd, y Se) se encuentran dentro de los ECA, mientras que, para (As, Cr, Cu, Ni, P, Pb, Zn,  $SO_4$ ) rechazamos la hipótesis puesto que, sobrepasa los estándares de calidad ambiental de las aguas superficiales de la Comunidad de Upina, no se encuentran dentro de los estándares de calidad ambiental (ECA).

HE2: El arsénico (As) presente en las aguas superficiales de la Comunidad de Upina, se removerán eficazmente aplicando la cáscara de arroz modificado químicamente con ácido clorhídrico e hidróxido de sodio.

En este caso aceptamos la hipótesis, afirmando que la cáscara de arroz ha removido la concentración de arsénico presentes en las aguas superficiales de la Comunidad de Upina, modificado químicamente con ácido clorhídrico e hidróxido de potasio. De acuerdo a los resultados se ha obtenido un P-valor 0.000 menor que el valor alfa de 0.05, donde se puede indicar que existe una diferencia significativa en la concentración arsénico antes y después del tratamiento. Por lo que se concluye que el tratamiento con la cáscara de arroz modificado químicamente con ácido clorhídrico a un tiempo de contacto de 30 min y a un pH de 8.5 tiene efectos significativos sobre la concentración de arsénico en las aguas superficiales que ha logrado remover un 99.98 % de concentración de arsénico. Y el tratamiento con la cáscara de arroz modificado químicamente con hidróxido de potasio a un tiempo de contacto de 180 min y a un pH de 6.5 tienen efectos significativos sobre la concentración de arsénico en las aguas superficiales con ello logro remover un 97.36 % de concentración de arsénico.

HEG: La concentración de As presentes en las aguas superficiales de la Comunidad de Upina, Carabaya-Puno, alcanzara una capacidad de remoción eficaz aplicando la cáscara de arroz modificada químicamente.

De acuerdo a los resultados se ha obtenido un P-valor 0.000 menor que el valor alfa de 0.05, donde se puede indicar que existe una diferencia significativa entre la concentración inicial y final de arsénico respecto al pH y al tiempo de contacto. Se puede percibir los resultados de la prueba “t de muestras relacionadas”, en la cual se puede concluir que, según el valor de  $p= 0.000$ , que es menor a 0.05, por ello la concentración de arsénico ha sido removidas eficazmente aplicando la cáscara de arroz modificado químicamente con ácido clorhídrico. Donde se puede evidenciar que la cáscara de arroz con modificación química de ácido clorhídrico HCl es más eficiente a un pH de 8.5 y un tiempo de 30 min se ha logrado tener un 99.98 % mayor porcentaje de concentración de arsénico presentes en las aguas superficiales de la Comunidad de Upina.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES**

Las características de los parámetros fisicoquímicos de las aguas superficiales de la Comunidad de Upina. En el punto 1 (cabecera de la cuenca) el análisis in-situ de CE, temperatura, SDT, pH, se encuentran dentro de los ECAs. Mientras los análisis de parámetros ex - situ, Ba, Cd, Cr, Cu, Ni, P, Pb, Se, Zn y SO<sub>4</sub>, se encuentran dentro de los ECAs, excepto NO<sub>3</sub>, Pb, As y SO<sub>4</sub> que sobrepasaron. En el punto 2 (media cuenca), análisis in-situ, CE, temperatura, SDT, pH, se encuentran dentro de los ECAs. Mientras análisis de parámetros ex - situ en la cuenca media, donde se ha obtenido que, As, Ni, P, Zn y SO<sub>4</sub>, sobrepasan los ECAs, excepto NO<sub>3</sub>, Ba, Cd, Cr, Cu, Pb y Se, encontrándose dentro. En el punto 3 (cuenca baja) análisis in-situ, CE, temperatura, SDT, pH, se encuentran dentro de los ECAs. Los parámetros que se analizaron ex - situ en la cuenca baja, Ar, Cr, Ni, P, Zn y SO<sub>4</sub>, sobrepasan los ECAs, excepto NO<sub>3</sub>, Ba, Cd, Cu, Pb y Se, se encontró dentro de los ECAs categoría 4 (conservación del ambiente acuático).

El porcentaje de remoción del arsénico (As) aplicando cáscara de arroz modificado químicamente con ácido clorhídrico e hidróxido de potasio. Con ácido clorhídrico HCl se ha logrado 99.98 % de remoción en un tiempo de 30 min, con pH 8.5 obteniendo una concentración final de 0.0012 mg/L; y con hidróxido de potasio KOH removi6 un 97.36 % en un tiempo de 180 min, con pH de 6.5 obteniendo una concentración final de 0.1785. Se concluye que, aplicando la cáscara de arroz modificada químicamente con ácido clorhídrico e hidróxido de potasio para la remoción del arsénico (As) presentes en las aguas superficiales de la Comunidad de Upina, Carabaya - Puno, según los resultados obtenidos el ácido clorhídrico HCl obtuvo una mayor capacidad de remoción del arsénico (As) el cual ha sido sometido a 30, 60, 120 y 180 min tiempo de contacto siendo el más eficiente 30 min, con respecto al pH se consider6 de 2, 5, 6.5 y 8.5 siendo el más adecuado el pH de 8.5, teniendo una concentración inicial de 6.736 mg/L y una concentración final de 0.0012 mg/L de arsénico (As) logrando remover el 99.98% de arsénico.

## RECOMENDACIONES

La caracterización en diferentes estaciones para ver las variaciones de los contaminantes, por ello se recomienda realizar en un horario soleado y no lluvioso que pueden alterar los resultados, como también optar por lugares accesibles para la respectiva toma de muestra.

Se debe utilizar estos tipos de descontaminantes en nuestro país, como tecnología para obtener un mejor porcentaje de remoción de arsénico (As) y otros contaminantes generados por efluentes industriales, mineros, entre otros, debido a su bajo costo que pueden ser empleados en casos de que otras tecnologías no sean accesibles; es la que tiene más impacto ambiental, por su contenido de metales pesados como Arsénico, Mercurio, Plomo, etc. Realizar pruebas de remoción del arsénico (As) aplicando cáscara de arroz modificada químicamente con ácido clorhídrico en función de tamaño de partícula y en menores tiempos de contacto. Investigar sobre remoción del arsénico haciendo uso de otros materiales precursores considerando la importancia de reducir los contaminantes como el arsénico u otros metales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia Nacional Minera. (2017). ¿Qué es la minería?
- Aguirre, N. (2017). *Universidad Nacional Del Altiplano Monografías : Universidad Nacional del Altiplano*.
- Álvarez, J. P. A., Panta, J. E. R., Ayala, C. R., & Acosta, E. H. (2008). Calidad integral del agua superficial en la cuenca hidrológica del río Amajac. *Informacion Tecnologica*, 19(6), 21–32. <https://doi.org/10.1612/inf.tecnol.3975it.07>
- Amadori, M., & Macera, P. (2014). Evaluación del riesgo de contaminación por arsénico en la salud humana en función de su especiación en fluidos intestinales. *Revista Italiana de Geociencias*, 133(2), 161–168. <https://doi.org/https://doi.org/10.3301/IJG.2013.21>
- Amaya, D. (2017). Evaluación del impacto de vertimiento de aguas residuales de una industria papelería a un tramo del río Rimac. *Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur*, 1, 1–81.
- ANA. (2011). Diagnóstico y Plan de Gestión de los Recursos Hídricos en la Cuenca de Madre de Dios – Fase I (p. 243).
- Andreu-Alvarez, J., Hernández-Barrios, L., & Pérez-Martín, M. A. (2010). Impactos sobre los recursos hídricos. *Impactos Del Cambio Climático En España*, 303–354.
- Argun, M. E., Dursun, S., Ozdemir, C., & Karatas, M. (2007). Heavy metal adsorption by modified oak sawdust: Thermodynamics and kinetics. *Journal of Hazardous Materials*, 141(1), 77–85. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2006.06.095>
- Basci, N., Kocadagistan, E., & Kocadagistan, B. (2004). Biosorption of copper (II) from aqueous solutions by wheat shell. *Desalination*, 164(2), 135–140. [https://doi.org/10.1016/S0011-9164\(04\)00172-9](https://doi.org/10.1016/S0011-9164(04)00172-9)
- Bolaños, J., Montero, N., Rodríguez, N., & Sánchez, A. (2015). Calidad de aguas superficiales: estudio de la Quebrada Estero, ubicada en San Ramón. *Pensamiento Actual*, 15(25), 61–76.
- Bosch, J. R. (1999). La calidad de las aguas. *Revista de Obras Públicas*, 146(3388), 103–104.

- Calero, M., Hernáinz, F., Blázquez, G., Martín, M., & Tenorio, G. (2010). Efecto de diferentes tratamientos químicos en las características sorbentes de residuos derivados de la industria olivarera. *Afinidad LXVII*, 67(548), 268–278.
- Camaren, S. (2014). *Impacto de la actividad minera en la zona norte de la provincia de Esmeraldas. Foro de los recursos Hidricos* (Vol. 20).
- Caviedes-Rubio, D. I., Muñoz-Calderón, R. A., Perdomo-Gualtero, A., Rodríguez-Acosta, D., & Sandoval-Rojas, I. J. (2015). Tratamientos para la Remoción de Metales Pesados Comúnmente Presentes en Aguas Residuales Industriales. *Ingeniería y Región*, 13(1), 73. <https://doi.org/10.25054/22161325.710>
- CAWST. (2011). *Introducción al tratamiento del agua a nivel domiciliario y su almacenamiento seguro*. Canadá. Retrieved from [www.cawst.org](http://www.cawst.org)
- Cayetano-Terrel, P. (2019). *Tecnologías para la recuperación de agua contaminada con metales pesados: Plomo, Cadmio, Mercurio y Arsénico. Instituto Nacional de Salud*.
- Çelekli, A., Bozkuş, B., & Bozkurt, H. (2019). Development of a new adsorbent from pumpkin husk by KOH-modification to remove copper ions. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(12), 11514–11523. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-1160-2>
- Chakraborty, T., Chakraborty, I., & Ghosh, S. (2011). The methods of determination of critical micellar concentrations of the amphiphilic systems in aqueous medium. *Arabian Journal of Chemistry*, 4(3), 265–270. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2010.06.045>
- Chata, A. (2015). *Presencia de metales pesados (Hg, As, Pb y Cd) en agua y leche en la cuenca del río Coata 2015. Universidad Nacional del Altiplano*.
- Chaudhuri, M., & Mohammed, M. A. (2012). Arsenic(III) Immobilization on Rice Husk. *Journal of Science and Technology*, 4(2), 47–54.
- Chávez-Quijada, M. L., & Miglio-Toledo, M. (2011). Remoción de arsénico por oxidación solar en aguas para consumo humano. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 77(4), 307–314.
- Chuah, T. G., Jumariah, A., Azni, I., Katayon, S., & Thomas Choong, S. Y. (2005).

- Rice husk as a potentially low-cost biosorbent for heavy metal and dye removal: An overview. *Desalination*, 175(3), 305–316.  
<https://doi.org/10.1016/j.desal.2004.10.014>
- Comisión Nacional del Agua. (2007). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento*. México.
- Condo, E., & Santi, D. (2019). *Estudio de la eficiencia de remoción de Arsenico con cascarilla de arroz (Oryza Sativa) como adsorbentes en agua superficial, subterránea y potable en la provincia de Islay- Arequipa-Peru*.
- Condori, E. (2019). *Capacidad de adsorción del carbono activado obtenido a partir de Lemna Gibba (Lenteja de agua) frente a disoluciones acuosas de Arsenico (As)*.
- Condori, M. (2018). *Obtención de carbono activado a partir de cascarilla de arroz (oryza sativa) modificado químicamente para la remoción de Plomo y Arsenico presentes en el agua*.
- Coronel, I. S. (2016). *Influencia del pre-tratamiento Físicoquímico en la velocidad, eficiencia y Capacidad de biosorción de Plomo (II) (en cascara de Naranja ( Citrus sinensis)*). Universidad Nacional de Trujillo.
- Corredor-Vargas, Y. A., & Pérez-Pérez, L. I. (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 1(1), 59–72. <https://doi.org/10.18359/rfcb.3108>
- Correia, M., Veríssimo, P., & Neves, N. F. (2002). Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio). In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* (Vol. 2485, pp. 234–252). [https://doi.org/10.1007/3-540-36080-8\\_21](https://doi.org/10.1007/3-540-36080-8_21)
- Cronje, K. J., Chetty, K., Carsky, M., Sahu, J. N., & Meikap, B. C. (2011). Optimization of chromium(VI) sorption potential using developed activated carbon from sugarcane bagasse with chemical activation by zinc chloride. *Desalination*, 275(1–3), 276–284. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2011.03.019>
- Doria, G. M., Hormaza, A., & Gallego, D. (2013). Caracterización estructural de la cascarilla de arroz modificada como adsorbente alternativo y eficiente para la

- remoción de Cr (VI) en solución. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 4(1), 22. <https://doi.org/10.22490/21456453.976>
- Doria Herrera, G. M., Valencia Uribe, G. C., Hormaza Anaguano, A., & Gallego Suárez, D. (2016). Estudio preliminar de la cascarilla de arroz modificada y su efecto en la adsorción de Cr(VI) en solución. *Producción + Limpia*, 11(1), 103–116. <https://doi.org/10.22507/pml.v11n1a10>
- Echave-C., J., Diez-Hurtado, A., Ludwig, H., Revesz, B., Ricard-Lanata, X., & Tanaka, M. (2009). *Minería y conflicto social*. Lima - Perú. Retrieved from [http://biblioteca.clacso.edu.ar/Peru/iep/20170328023709/pdf\\_177.pdf](http://biblioteca.clacso.edu.ar/Peru/iep/20170328023709/pdf_177.pdf)
- Eggs, N., Salvarezza, S., Azario, R., Fernández, N., & García, M. del C. (2012). Adsorción de cromo hexavalente en la cáscara de arroz modificada químicamente. *Avances En Ciencias e Ingeniería*, 3, 141–151.
- Escuela de Ingeniería y Medio Ambiente. (n.d.). La importancia de las aguas superficiales. Retrieved July 6, 2020, from <http://eimaformacion.com/la-importancia-de-las-aguas-superficiales/>
- Fallis, A. . (2013). Distribución del arsénico en las regiones ibérica e iberoamericana. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Fernández-Turiel, J. L., Galindo, G., Parada, M. A., Gimeno, D., García-Vallès, M., & Saavedra, J. (2005). Estado actual del conocimiento sobre el arsénico en el agua de Argentina y Chile : Origen, movilidad y tratamiento. *Arsénico En Aguas: Origen, Movilidad y Tratamiento*, 11–32.
- Gabriela, E. (2021). *Evaluación de la capacidad de la cáscara de Sanky como material adsorbente para la remoción de fosfatos en solución acuosa*.
- Galetovic-Carabantes, A., & De-Fernicola, N. A. G. G. (2003). Arsénico en el agua de bebida: Un problema de salud pública. *Revista Brasileira de Ciências Farmaceuticas/Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 39(4), 365–372. <https://doi.org/10.1590/s1516-93322003000400003>
- Ghanim, B., O'Dwyer, T. F., Leahy, J. J., Willquist, K., Courtney, R., Pembroke, J. T., & Murnane, J. G. (2020). Application of KOH modified seaweed hydrochar as a

- biosorbent of Vanadium from aqueous solution: Characterisations, mechanisms and regeneration capacity. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(5), 1–31. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104176>
- Gonzales, L., & Osorio, J. (2014). *Determinación espectrofotométrica por absorción atómica de la concentración de cadmio y arsénico en aguas de consumo humano de la comunidad urbana de Chuquitanta - distrito de San Martín de Porres*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- González, S. (2016). *Metales pesados tóxicos y salud pública: el caso de Espinar*. 2016.
- Guanuche., F. A. P., Sares, L. A. C., Nievas, A. M. R., & Morales, M. A. M. (2017). Purificación de agua mediante carbón activo proveniente de la cáscara de arroz. *Utmach*, 1(1), 767–777.
- Hernandez-Antolin, M., Sanz-Rodriguez, L., & Mancebo-Piqueras, J. (2014). Tratamiento de bajo coste para aguas contaminadas por actividades de minería. *Diseño y Tecnología Para El Desarrollo*, 0(1), 131–146.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, M. del P. (2003). Metodología de la investigación.
- Herrera-Añazco, P., Willer, H., & Taype-Rondan, A. (2016). Exposure to arsenic as associated factor of the high mortality attributed to renal failure in Puno. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*. Instituto Nacional de Salud. <https://doi.org/10.17843/rpmpesp.2016.332.2094-7>
- IDEAM. (2020). Aguas Superficiales - Ideam.
- INEI. (2015). *Estadística Ambientales*.
- INEI. (2020). Perú: Formas de acceso al agua y saneamiento básico. *Boletín: Agua y Saneamiento*, 9, 68.
- Instituto Nacional de Defensa Civil Dirección de Respuesta. (2019). *Inf.-Tec.-069-2019-INDECI/11.0*. Puno.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). (2016). Métodos de toma de muestras y análisis, 25. Retrieved from [https://www.insst.es/documents/94886/359043/MA\\_025\\_A16.pdf/5f447f11-1194-](https://www.insst.es/documents/94886/359043/MA_025_A16.pdf/5f447f11-1194-)

41cc-aa97-0720e855677f

- Intituto Nacional de Invesigación Agropecuria. (2018). El arroz, pilar de la alimentación mundial. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Jiménez, M. A., & Vélez, M. V. (2006). Analisis comparativo de indicadores de la calidad de agua superficial. *Avances En Recursos Hidráulicos*, 14, 53–69. Retrieved from <http://www.bdigital.unal.edu.co/5011/1/No.14-2006-2.pdf>
- Khan, T., Wahab, S. A. B. A., & Chaudhuri, M. (2011). Arsenic(III) immobilization on rice husk silica. *National Postgraduate Conference - Energy and Sustainability: Exploring the Innovative Minds, NPC 2011*, 1(1). <https://doi.org/10.1109/NatPC.2011.6136347>
- Larios-Meño, J. F., González-Taranco, C., & Morales-Olivares, Y. (2015). Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. *Revista de La Facultad de Ingeniería de La USIL*, 2(1991), 9–25.
- Lillo, J. (2008). Peligros Geoquímicos: Arsénico de Origen Natural en las Aguas. *Gemm*, 33. Retrieved from [http://www.aulados.net/GEMM/Documentos/Peligros\\_geoquimicos\\_As/Peligros\\_As\\_2.pdf](http://www.aulados.net/GEMM/Documentos/Peligros_geoquimicos_As/Peligros_As_2.pdf)
- Lima-Cardona, G. (1967). Arsénico. *Rev. Cuba. Farm*, 1(1), 13–34.
- Llanos, O., Ríos, A., Jaramillo, C. A., & Rodríguez, L. F. (2016). La cascarilla de arroz como una alternativa en procesos de descontaminación. *Producción + Limpia*, 11(2), 150–160. <https://doi.org/10.22507/pml.v11n2a12>
- López-Tarabochia, M. (2017). No Title.
- Low, K. S., Lee, C. K., & Liew, S. C. (2000). Sorption of cadmium and lead from aqueous solutions by spent grain. *Process Biochemistry*, 36(1–2), 59–64. [https://doi.org/10.1016/S0032-9592\(00\)00177-1](https://doi.org/10.1016/S0032-9592(00)00177-1)
- Mahmood ul, M., Suthar, V., Rafique, E., Ahmad, R., & Yasin, M. (2015). Kinetics of cadmium, chromium, and lead sorption onto chemically modified sugarcane bagasse and wheat straw. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(7). <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4692-2>

- Mamani-Navarro, W. (2018). *Determinación de la concentración de arsénico (As) total en las aguas subterráneas de pozos tubulares en el distrito de Juliaca y medidas de mitigación*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Mancilla, O., Ortega, H., Ramírez, C., Uscanga, E., Ramos, R., & Reyes, A. (2012). Metales pesados totales y arsénico en el agua para riego de Puebla y Veracruz, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 28(1), 39–48.
- Martínez, C., Aguilera, E., & Martínez, E. (2018). Remoción de arsénico de agua potable mediante adsorción sobre óxido y oxihidróxidos de hierro. *CienciaAcierta*, (56), 1–14.
- Matamoros, M. (2016). *Cinética de biosorción de Plomo y Arsénico en carbon activado proveniente de la cascarilla de arroz*. Universidad Técnica de Machala.
- Medina, M., Robles, P., Mendoza, M., & Torres, C. (2018). Ingesta de arsénico: El impacto en la alimentación y la salud humana. *Rev Peru Med Exp Salud Pública*, 35(1), 93–102. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.351.3604.93>
- Mendoza-Cano, O., Sánchez-Piña, R. A., Barrón-Quintana, J., Cuevas-Arellano, H. B., Escalante-minakata, P., & Solano-barajas, R. (2017). Riesgos potenciales de salud por consumo de agua con arsénico en Colima, México. *Salud Pública de México*, 59(1).
- MINAM. (2012). *Informe Nacional del Estado del Ambiente 2009-2011*. Lima - Perú. Retrieved from <http://www.minam.gob.pe/politicas/wp-content/uploads/sites/17/2013/10/2009-2011.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2016). Aprende a prevenir los efectos del mercurio módulo 3: Agua y alimento, 44.
- MINSA. (2010). *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano*. Ministerio de Salud.
- Morales-Cabrera, D., Avendaño-Cáceres, E., Zevallos-Ramos, D., Fernández-Prado, J., Mendoza-Rodas, Z., & Torres-Ventura, A. (2017). Arsénico total no deseado ante valores referenciales de pH en agua superficial, cuenca hidrográfica sama, Región Tacna-Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 19(3), 305–312. <https://doi.org/10.18271/ria.2017.295>

- Moreno, C., Zugazagoitia, R., Sánchez, C., Córdoba, R., & Melo, V. (2012). Determinación de metales pesados en el agua de un canal de Xochimilco (México, D.F.) como proyecto de Servicio Social. *Educ. Quím*, 23(3), 375–382. Retrieved from <http://www.scielo.org.mx/pdf/eq/v23n3/v23n3a8.pdf>
- OMS, & UNICEF. (2020). Agua, saneamiento, higiene y gestión de desechos en relación con el virus de la COVID-19, 1–10. Retrieved from [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/331929/WHO-2019-nCoV-IPC\\_WASH-2020.3-spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/331929/WHO-2019-nCoV-IPC_WASH-2020.3-spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Ortiz-Romero, L. (2015). Determinación de metales pesados e índices de calidad en aguas y sedimentos del río Magdalena – Tramo Tolima, Colombia. *Tumbaga*, 2(10), 5.
- Pacheco, D. J. (2019). *Evaluación del proceso de biosorción de Cr (VI) usando residuos agroindustriales de la región Arequipa (cascarilla de arroz y chala de maíz)*. Universidad Católica de Santa María.
- Pehlivan, E., Cetin, S., & Yanik, B. H. (2006). Equilibrium studies for the sorption of zinc and copper from aqueous solutions using sugar beet pulp and fly ash. *Journal of Hazardous Materials*, 135(1–3), 193–199. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2005.11.049>
- Pérez-Pastor, A., & Gómez-López, M. D. (2013). Análisis de residuos. Metales pesados totales.
- Pillinos, C. (2014). Efecto de la concentración y tamaño de partícula de la cáscara de mandarina en el porcentaje de bioadsorción de Pb y Cd en medio acuoso. *Universidad César Vallejo*, 0–116.
- Rama, C. (2009). La tendencia a la masificación de la cobertura de la educación superior en América Latina. *Revista Iberoamericana de Educación*, 60, 173–195.
- Reyes, Y. C., Vergara, I., Torres, O. E., Díaz, M., & González, E. E. (2016). Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo*, 16, 14. <https://doi.org/10.1007/BF02796157>
- Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Díaz, M., & González, E. (2016). Contaminación Por

- Metales Pesados: Implicaciones En Salud, Ambiente Y Seguridad Alimentaria. *Ingeniería Investigación y Desarrollo*, 16(2), 66–77.  
<https://doi.org/10.19053/1900771x.v16.n2.2016.5447>
- Rios, C., Rodríguez, Y., Salinas, L., & Vargas, L. (2012). Adsorbentes a base de cascarilla de arroz en la retención de cromo de efluentes de la industria de curtiembres. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 10(1), 146–156.
- Rodríguez, A. C., Campos-Rosario, A. M., & Pérez-Flores, A. (2019). Obtención y caracterización de materiales adsorbentes a partir de cascarilla de arroz. *Revista Mutis*, 9(1), 29–39. <https://doi.org/10.21789/22561498.1515>
- Rodríguez, H. (2017). Estudio de la contaminación por metales pesados de la cuenca del Llobregat. *Enviromental*, 45.
- Rosas, E. R. (2002). El arsénico: historia de una pócima natural, 205. Retrieved from [file:///C:/Users/US/Downloads/Farmacologia General \(2\).pdf](file:///C:/Users/US/Downloads/Farmacologia%20General%20(2).pdf)
- Sala, L., García, S., González, J., Fascaroli, M., Bellú, S., Mangiameli, F., ... Salas-Peregrin, J. M. (2010). Biosorción para la eliminación de metales pesados en aguas de desecho. *Anales de La Real Sociedad Española de Química*, (2), 114–120.
- Salazar, C., Cesar, J., & -Perú, A. (2015). *Modelamiento y simulación de una columna de adsorción de lecho fijo para la remoción de Cr (VI) de soluciones acuosas utilizando aserrín como adsorbente.*
- Sánchez-Martínez, D. V. (2017). Calidad del agua. *Boletín Científico de La Escuela Superior Atotonilco de Tula*, 4(7). <https://doi.org/10.29057/esat.v4i7.2202>
- Sepúlveda-Saa, R. (2009). El arsénico en la contaminación de aguas subterráneas. *Ciencia-Uanl*, 12(3), 239–244.
- Shamsollahi, Z., & Partovinia, A. (2019). Recent advances on pollutants removal by rice husk as a bio-based adsorbent: A critical review. *Journal of Environmental Management*, 246(May), 314–323. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.05.145>
- Silva, J. C., Morante, L., Moreno, C. J., Cuizano, N. A., Navarro, A. E., & Llanos, B. P. (2018). Enhancement of the Adsorptive Properties of Biomaterials By Chemical Modification for the Elimination of Antibiotics. *Revista de La Sociedad Química*

*Del Perú*, 84(2), 183–196.

Solis-Garza, G., Villalba-Atondo, A. I., Nubes-Ortíz, G., Del Castillo-Alarcón, J. M., & Meraz-Acosta, F. A. (2011). Físico-Química del Agua Superficial y Sedimento en el Río Santa Cruz, Sonora, México. *BIO Tecnia*, 13(1), 3.

<https://doi.org/10.18633/bt.v13i1.74>

Susanne-Friess, H. B. (2011). La Minería en los Países en Desarrollo. *Misereor*.

Suyon, H., & Xiomara, A. (2018). *Remoción de arsénico y turbidez del agua dulce superficial del río Tablachaca utilizando cenizas de cascara de arroz- 2017*.

Tapia, L. (2017). *Evaluacion de Arsenico con Chacko (Hidralgiritita) en aguas Sub. Universidad Nacional del Altiplano*.

Tapia, N., & Huanca, M. (2019). *Remoción de arsenico en agua proveniente del rio Tambo sector Quelgua con Nanoparticulas de oxido de hierro soportadas en Zeolita*.

Tchobanoglous, G., Burton, F. L., & Stensel, H. D. (2016). *Wastewater Engineering: treatment and Reuse*, 4.

Tovar, C. T., Ortiz, Á. V., & Villadiego, M. J. (2017). Removing of hexavalent chromium on chemically pretreated cacao waste. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 20(1), 139–147. <https://doi.org/10.31910>

Valverde, A., Sarria, B., & Monteagudo, J. (2007). Análisis comparativo de las características fisicoquímicas de la Cascarilla de Arroz. *Scientia Et Technica*, 13(37), 255–260. <https://doi.org/10.22517/23447214.4055>

Vargas, J., Alvarado, P., Vega Baudrit, J., & Porras, M. (2013). Caracterización del subproducto cascarilla de arroz en búsqueda de posibles aplicaciones como materia prima en procesos. *Revista Científica*, 23(1), 87–102.

Vigo, J. (2020). *Remoción de arsénico con biomasas orgánicas. Una revisión. Universidad Peruana Union*, 1–16.

Villa-Gonzales, G. F., Huamaní-Pacsi, C., Chávez-Ruiz, M., & Huamaní-Azorza, J. A. (2018). Evaluación de la remoción de arsénico en agua superficial utilizando flitros domiciliarios. *Rev Peru Med*, 35(4), 652–656.

<https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.354.3715.652>

Villa, G., Huamani, C., Chavez, M., & Huamani, J. (2018). Evaluación de la remoción de arsénico en agua superficial utilizando filtros domiciliarios, *35*(4), 652–656.

<https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.354.3715.652>

WHO. (2018). Arsénico. Retrieved July 5, 2020, from <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>

Ying, Z., Ru, Z., Jiaying, Z., Fang, M., Zhang, Y., & Qingjuan, M. (2018).

Characterization of H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> treated rice husk adsorbent and adsorption of copper(II) from aqueous solution. *Archives of Virology*, *163*(11), 2997–3004.

<https://doi.org/10.1007/s00705-018-3968-6>

Zea, G. (2017). *Remocion del Arsenico (III) y (V) de Soluciones Acuosas mediante el proceso de Biosorcion Utilizando cascarilla de oryza sativa modificada con Dioxido de Manganeso.*

Zea, G. V. (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.* Universidad Católica de Santa María.

Zhang, Y., Zheng, R., Zhao, J., Zhang, Y., Wong, P. K., & Ma, F. (2013). Biosorption of zinc from aqueous solution using chemically treated rice husk. *BioMed Research International*, *2013*, 8. <https://doi.org/10.1155/2013/365163>

Zhao, W., Liu, F., Feng, X., Tan, W., Qiu, G., & Chen, X. (2012). Fourier transform infrared spectroscopy study of acid birnessites before and after Pb<sup>2+</sup> adsorption. *Clay Minerals*, *47*(2), 191–204. <https://doi.org/10.1180/claymin.2012.047.2.04>

# ANEXOS

## Anexo 1. Panel fotográfico



Figura 21. Muestras de agua superficial de la Comunidad de Upina, con diferentes niveles de pH.

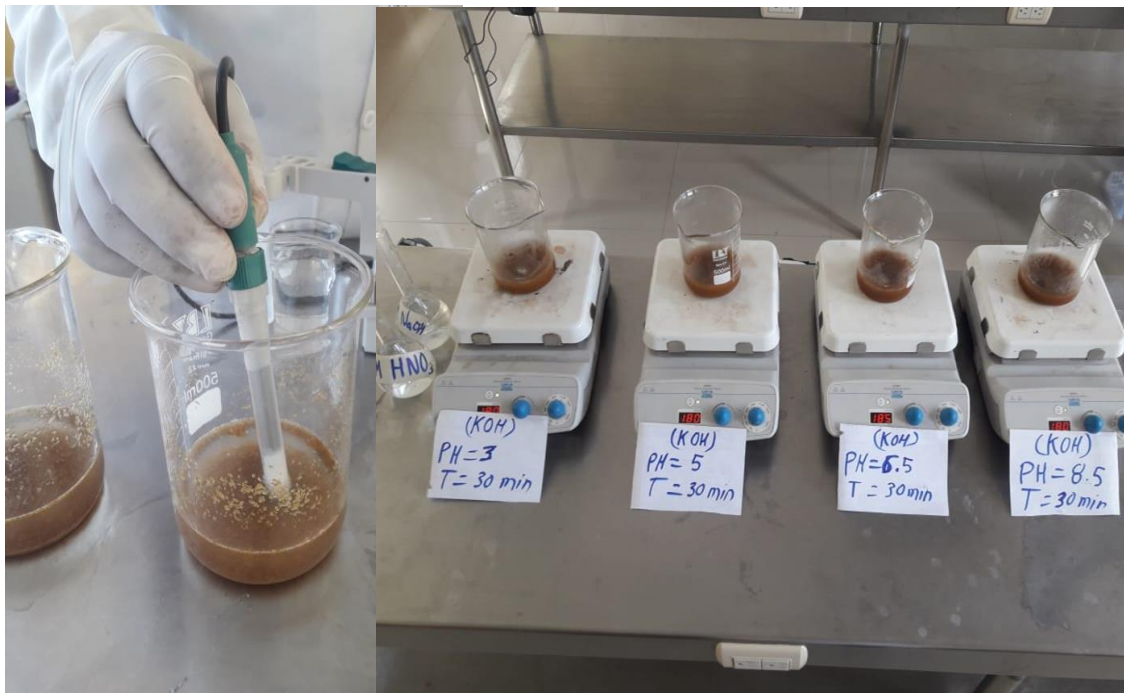


Figura 22. Preparación de las muestras de agua para un tiempo de contacto de 30min a determinados niveles de pH.



Figura 23. Lavado y secado de la cáscara de arroz



Figura 24. Pesaje de la cáscara de arroz para el acondicionamiento con el compuesto químico.



Figura 29. Toma de datos en campo haciendo el uso de un multiparametro.



Figura 25. Estimación de la capacidad de remoción en un tiempo determinado con los compuestos químicos de Hidróxido de Potasio y Ácido Clorhídrico.

## Anexo 2. Informe de ensayos de parámetros Físico Químico antes de la aplicación de la cáscara de arroz modificado químicamente



**Laboratorios Analíticos del Sur**

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



### INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00052

Fecha de emisión: 24/02/2021

Página 1 de 3

Clave generada : F97A36E8

Señores : PERALTA JULLIRI, EUSEBIO GERMAN  
 Dirección : JULIACA  
 Atención : PERALTA JULLIRI, EUSEBIO GERMAN  
 Proyecto : -

#### PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : EUSEBIO GERMAN PERALTA JULLIRI  
 Registro de muestreo : 037-21  
 Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente

Fecha de recepción : 10/02/2021  
 Fecha de ensayo : 10/02/2021  
 Nro de muestras : 3

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb. AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG21000080	MUESTRA 1	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	UPINA / ITUATA / CARABAYA / PUNO	0381850 - 8486820	9/02/2021	13:40
AG21000081	MUESTRA 2	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	UPINA / ITUATA / CARABAYA / PUNO	0381368 - 8486388	9/02/2021	10:30
AG21000082	MUESTRA 3	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	UPINA / ITUATA / CARABAYA / PUNO	0381229 - 8486119	9/02/2021	9:55

(c) : Datos proporcionados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza técnica ni legalmente por esta información.

#### Condiciones de recepción de la muestra

Contenedor no refrigerado

#### Observación

-

*(Firma manuscrita)*  
 Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
 Oscar A. Juárez Soto  
 Gerente de Operaciones  
 Laboratorio Químico CIP 114426

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

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

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

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

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



**INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00052**

Fecha de emisión: 24/02/2021

Página 2 de 3

Clave generada : F97A36E8

**RESULTADOS DE ENSAYO FISICO QUÍMICO**

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	802													
		*810		*823	*839	796	802								
		Alcalinidad CaCO3	Cl-	NO3-	As	Ag	Al	B	Ba	Be	Ca	Cd	Co	Cr	
mg CaCO3 /L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L		
AG21000080	MUESTRA 1	3,81	<<0,2	1,58	0,0161	<<0,0024	0,124	0,0372	0,00283	<<0,000079	1,39	<<0,00011	0,003172	0,00192	
AG21000081	MUESTRA 2	<<0,8	6,5	2,74	8,736	<<0,0024	13,9	2,423	0,08431	0,000888	6,66	0,00018	0,058336	0,02795	
AG21000082	MUESTRA 3	<<0,8	5,4	2,13	6,334	<<0,0024	19,7	0,5687	0,10884	0,000986	7,83	0,00019	0,071665	0,03178	

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	802													
		Cu	Fe	K	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Sb	Se	SiO2
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
AG21000080	MUESTRA 1	0,0026	0,094	0,306	0,00231	0,2676	0,02098	<<0,00038	0,483	0,00447	0,1093	<<0,0028	<<0,00049	<<0,002	2,637
AG21000081	MUESTRA 2	0,1482	53,3	3,47	0,04945	3,267	0,64648	<<0,00038	6,51	0,08064	2,402	0,0928	0,00882	0,0049	17,11
AG21000082	MUESTRA 3	0,0598	61,2	3,91	0,05584	4,253	0,88975	<<0,00038	1,48	0,08860	3,068	0,0992	0,00851	<<0,002	25,49

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	802						830	848
		Sn	Sr	Ti	Tl	V	Zn	Dureza Total CaCO3	SO4=
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
AG21000080	MUESTRA 1	0,00282	0,0108	0,00170	<<0,0013	0,00018	0,0068	3,75	<<10
AG21000081	MUESTRA 2	0,00653	0,0531	0,12676	<<0,0013	0,02601	0,1506	21,1	43,55
AG21000082	MUESTRA 3	0,00589	0,0488	0,18260	<<0,0013	0,02471	0,1710	22,5	49,7

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

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

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

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

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

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com>

Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)444582.





# Laboratorios Analíticos del Sur

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



Registro N° LE - 050

## INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00052

Fecha de emisión: 24/02/2021

Página 3 de 3

Clave generada : F97A36E8

### MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

Código	Título	Rango
*810	ASTM D 1067 - 06 Método de ensayo estándar para alcalinidad del agua	[ <sup>a</sup> 1 - 1000] mg. CaCO <sub>3</sub> /L
*823	Ion de oro en agua: SMEWW, 22 nd Ed. Item 4500-CI-. Part. C. Mercurio Nitrate Method	[ <sup>a</sup> 0.26 - 1000] mg/L
*839	ASTM D 3867 - 09 Método de ensayo estándar para nitrato en agua	[ <sup>a</sup> 0.015 - 30] mg/L
798	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Arsénico (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[ <sup>b</sup> 0.0012 - 50] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales Totales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[ - 2.5] mg/L
830	Dureza Total (CaCO <sub>3</sub> ): SMEWW - APHA - AWWA - WEF Part 2340 B, 22nd Ed. Hardness. Hardness by Calculation (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[ <sup>b</sup> 0.2 - 24973] mg/L
848	Ensayo de sulfatos en agua : SMEWW, 22 th Ed. 4500-SO <sub>4</sub> -2 Part. E. Turbidimetric Method. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[ <sup>b</sup> 0.6 - 4000] mg/L

<sup>a</sup> : Límite de detección

<sup>b</sup> : Límite de cuantificación

----- Fin del informe -----

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

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

(\* ) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

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

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

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com>

Parque Ind. Ric Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú. (054)443294 - (054)444582.



### Anexo 3. Informe de ensayos de parámetros Físico Químico después de la aplicación de la cáscara de arroz modificado químicamente



## Laboratorios Analíticos del Sur

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



Registro N°LD-050

### INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00077

Fecha de emisión: 20/03/2021

Página 1 de 5

Clave generada : BB26A0E5

Señores : PERALTA JULLIRI, EUSEBIO GERMAN  
 Dirección : AV. SANTA ROSA MZ A LT 3S URB. SAN FELIPE - JULIACA - PUNO  
 Atención : PERALTA JULLIRI, EUSEBIO GERMAN  
 Proyecto : -

#### PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : PERALTA JULLIRI, EUSEBIO GERMAN  
 Registro de muestreo : 065-21  
 Procedimiento Aplicado : Muestreo por el cliente

Fecha de recepción : 12/03/2021  
 Fecha de ensayo : 12/03/2021  
 Nro de muestras : 32

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG21000146	M-01	Agua de Proceso - Agua Purificada	UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA / JULIACA / SAN ROMAN / PUNO	LABORATORIO DE QUIMICA	10/03/2021	12:15
AG21000147	M-02	Agua de Proceso - Agua Purificada	UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA / JULIACA / SAN ROMAN / PUNO	LABORATORIO DE QUIMICA	10/03/2021	12:15
AG21000148	M-03	Agua de Proceso - Agua Purificada	UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA / JULIACA / SAN ROMAN / PUNO	LABORATORIO DE QUIMICA	10/03/2021	12:15
AG21000149	M-04	Agua de Proceso - Agua Purificada	UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA / JULIACA / SAN ROMAN / PUNO	LABORATORIO DE QUIMICA	10/03/2021	12:15
AG21000150	M-05	Agua de Proceso - Agua Purificada	UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA / JULIACA / SAN ROMAN / PUNO	LABORATORIO DE QUIMICA	10/03/2021	13:20
AG21000151	M-06	Agua de Proceso - Agua Purificada	UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA / JULIACA / SAN ROMAN / PUNO	LABORATORIO DE QUIMICA	10/03/2021	13:20
AG21000152	M-07	Agua de Proceso - Agua Purificada	UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA / JULIACA / SAN ROMAN / PUNO	LABORATORIO DE QUIMICA	10/03/2021	13:20
AG21000153	M-08	Agua de Proceso - Agua Purificada	UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA / JULIACA / SAN ROMAN / PUNO	LABORATORIO DE QUIMICA	10/03/2021	13:20
AG21000154	M-09	Agua de Proceso - Agua Purificada	UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA / JULIACA / SAN ROMAN / PUNO	LABORATORIO DE QUIMICA	10/03/2021	15:24
AG21000155	M-10	Agua de Proceso - Agua Purificada	UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA / JULIACA / SAN ROMAN / PUNO	LABORATORIO DE QUIMICA	10/03/2021	15:24
AG21000156	M-11	Agua de Proceso - Agua Purificada	UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA / JULIACA / SAN ROMAN / PUNO	LABORATORIO DE QUIMICA	10/03/2021	15:24
AG21000157	M-12	Agua de Proceso - Agua Purificada	UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA / JULIACA / SAN ROMAN / PUNO	LABORATORIO DE QUIMICA	10/03/2021	15:24
AG21000158	M-13	Agua de Proceso - Agua Purificada	UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA / JULIACA / SAN ROMAN / PUNO	LABORATORIO DE QUIMICA	10/03/2021	18:26

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

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

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

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Ornata Marez Soto

Gerente de Operaciones

M.Sc. Ingeniero Químico CIP 114426



Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com>

Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú



# Laboratorios Analíticos del Sur

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



Registro N° LE - 050

## INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00077

Página 2 de 5

Fecha de emisión: 20/03/2021

Clave generada : BB26A0E5

AG21000159	M-14	Agua de Proceso - Agua Purificada	UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA / JULIACA / SAN ROMAN / PUNO	LABORATORIO DE QUIMICA	10/03/2021	18:26
AG21000160	M-15	Agua de Proceso - Agua Purificada	UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA / JULIACA / SAN ROMAN / PUNO	LABORATORIO DE QUIMICA	10/03/2021	18:26
AG21000161	M-16	Agua de Proceso - Agua Purificada	UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA / JULIACA / SAN ROMAN / PUNO	LABORATORIO DE QUIMICA	10/03/2021	18:26
AG21000162	M-17	Agua de Proceso - Agua Purificada	UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA / JULIACA / SAN ROMAN / PUNO	LABORATORIO DE QUIMICA	11/03/2021	10:30
AG21000163	M-18	Agua de Proceso - Agua Purificada	UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA / JULIACA / SAN ROMAN / PUNO	LABORATORIO DE QUIMICA	11/03/2021	10:30
AG21000164	M-19	Agua de Proceso - Agua Purificada	UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA / JULIACA / SAN ROMAN / PUNO	LABORATORIO DE QUIMICA	11/03/2021	10:30
AG21000165	M-20	Agua de Proceso - Agua Purificada	UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA / JULIACA / SAN ROMAN / PUNO	LABORATORIO DE QUIMICA	11/03/2021	10:30
AG21000166	M-21	Agua de Proceso - Agua Purificada	UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA / JULIACA / SAN ROMAN / PUNO	LABORATORIO DE QUIMICA	11/03/2021	11:37
AG21000167	M-22	Agua de Proceso - Agua Purificada	UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA / JULIACA / SAN ROMAN / PUNO	LABORATORIO DE QUIMICA	11/03/2021	11:37
AG21000168	M-23	Agua de Proceso - Agua Purificada	UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA / JULIACA / SAN ROMAN / PUNO	LABORATORIO DE QUIMICA	11/03/2021	11:37
AG21000169	M-24	Agua de Proceso - Agua Purificada	UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA / JULIACA / SAN ROMAN / PUNO	LABORATORIO DE QUIMICA	11/03/2021	11:37
AG21000170	M-25	Agua de Proceso - Agua Purificada	UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA / JULIACA / SAN ROMAN / PUNO	LABORATORIO DE QUIMICA	11/03/2021	13:40
AG21000171	M-26	Agua de Proceso - Agua Purificada	UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA / JULIACA / SAN ROMAN / PUNO	LABORATORIO DE QUIMICA	11/03/2021	13:40
AG21000172	M-27	Agua de Proceso - Agua Purificada	UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA / JULIACA / SAN ROMAN / PUNO	LABORATORIO DE QUIMICA	11/03/2021	13:40
AG21000173	M-28	Agua de Proceso - Agua Purificada	UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA / JULIACA / SAN ROMAN / PUNO	LABORATORIO DE QUIMICA	11/03/2021	13:40
AG21000174	M-29	Agua de Proceso - Agua Purificada	UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA / JULIACA / SAN ROMAN / PUNO	LABORATORIO DE QUIMICA	11/03/2021	16:44
AG21000175	M-30	Agua de Proceso - Agua Purificada	UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA / JULIACA / SAN ROMAN / PUNO	LABORATORIO DE QUIMICA	11/03/2021	16:44

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico"=Limite de detección del método, "<Valor Numérico"=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de los Laboratorios Analíticos del Sur. Queda expresamente prohibida la reproducción o el uso no autorizado de este documento en el contenido del presente documento lo anula.

Web: <https://www.laboratoriosanaliticoselsur.com>

Parque Ind. Río Saco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú (051) 842291005

Óscar A. Juárez Solís  
Gerente de Operaciones

M. Sc. Ingeniero Químico CIF 114426



Validar el informe  
vía WEB



# Laboratorios Analíticos del Sur

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



## INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00077

Página 3 de 5

Fecha de emisión: 20/03/2021

Clave generada : BB26A0E5

AG21000176	M-31	Agua de Proceso - Agua Purificada	UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA / JULIACA / SAN ROMAN / PUNO	LABORATORIO DE QUIMICA	11/03/2021	16:44
AG21000177	M-32	Agua de Proceso - Agua Purificada	UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA / JULIACA / SAN ROMAN / PUNO	LABORATORIO DE QUIMICA	11/03/2021	16:44


(c) : Datos proporcionados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza técnica ni legalmente por esta información.

### Condiciones de recepción de la muestra

Cooler refrigerado

### Observación

-

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

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

(\* ) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

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

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

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com>.

Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)





# Laboratorios Analíticos del Sur

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



Registro N° LE - 050

## INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00077


Fecha de emisión: 20/03/2021

Página 4 de 5

Clave generada : BB26A0E5

### RESULTADOS DE ENSAYO FÍSICO QUÍMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	796
		As mg/L
AG21000146	M-01	0,2279
AG21000147	M-02	0,1851
AG21000148	M-03	0,2595
AG21000149	M-04	b<0,0012
AG21000150	M-05	0,3078
AG21000151	M-06	0,2923
AG21000152	M-07	0,3557
AG21000153	M-08	0,2763
AG21000154	M-09	0,5687
AG21000155	M-10	0,5705
AG21000156	M-11	0,5148
AG21000157	M-12	0,5009
AG21000158	M-13	0,9174
AG21000159	M-14	0,9590
AG21000160	M-15	0,8425
AG21000161	M-16	0,8434
AG21000162	M-17	0,7484
AG21000163	M-18	0,4334
AG21000164	M-19	0,7511
AG21000165	M-20	0,7755
AG21000166	M-21	0,4712
AG21000167	M-22	0,2208
AG21000168	M-23	0,2645
AG21000169	M-24	0,5027
AG21000170	M-25	0,2017
AG21000171	M-26	0,2316
AG21000172	M-27	0,1785
AG21000173	M-28	0,2259
AG21000174	M-29	2,463
AG21000175	M-30	1,363
AG21000176	M-31	2,451
AG21000177	M-32	2,662

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

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

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

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

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

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com>

Parque Ind. Rio Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)444582.





# Laboratorios Analíticos del Sur

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



Registro N° LE - 050

## INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00077

Fecha de emisión: 20/03/2021

Página 5 de 5

Clave generada : BB26A0E5


### MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

Código	Título	Rango de método analítico
796	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES. Revisión 4.4. Arsénico (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[ 0.0012 - 50] mg/L.

a : Límite de detección

b : Límite de cuantificación

Fin del informe

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

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

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

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

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

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com>.

Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú (054)443254 - (054)444582.

Verificar el informe  
vía QR



Anexo 4. Normatividad referente estándares de calidad ECA para agua, Cat 4, (DS N.º 004-2017-MINAM)

**Categoría 4: Conservación del ambiente acuático**

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>						
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Libre	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	(µS/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO <sub>3</sub> ) (c)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoniaco Total (NH <sub>4</sub> )	mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	≤ 30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2
<b>INORGÁNICOS</b>						
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio Disuelto	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081
<b>ORGÁNICOS</b>						
<b>Compuestos Orgánicos Volátiles</b>						
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
<b>BTEX</b>						
Benceno	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>Hidrocarburos Aromáticos</b>						
Benzo(a)Pireno	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Antraceno	mg/L	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Fluoranteno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
<b>Bifenilos Policlorados</b>						
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,000014	0,000014	0,000014	0,00003	0,00003
<b>PLAGUICIDAS</b>						
<b>Organofosforados</b>						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Paratión	mg/L	0,000013	0,000013	0,000013	**	**
<b>Organoclorados</b>						
Aldrín	mg/L	0,000004	0,000004	0,000004	**	**
Clordano	mg/L	0,0000043	0,0000043	0,0000043	0,000004	0,000004
DDT (Suma de 4,4'-DDD y 4,4'-DDE)	mg/L	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
Dieldrín	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000019	0,0000019
Endosulfán	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000087	0,0000087
Endrín	mg/L	0,000036	0,000036	0,000036	0,0000023	0,0000023
Heptacloro	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
Heptacloro Epóxido	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036
Lindano	mg/L	0,00095	0,00095	0,00095	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
<b>Carbamato</b>						
Aldicarb	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,00015	0,00015
<b>MICROBIOLÓGICO</b>						
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	2 000	1 000	2 000

Anexo 5. Solicitud de facilidades para el recojo de muestras de agua en la Comunidad de Upina

Universidad Nacional de Juliaca  
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Forestal

"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

**SOLICITO:** Facilidades para el recojo de muestras de agua, del sector Vicuñamayo de la comunidad de Upina.

**Sr. Javier Haccha Mamani**  
Representante legal del Proyecto Mucumayo - Comunidad Campesina Upina

Yo Peralta Julliri Eusebio German, identificado con DNI n° 4835832, con domicilio en la Av. San Rosa de la ciudad de Juliaca, bachiller de la escuela profesional de Ingeniería Ambiental y Forestal de la Universidad Nacional de Juliaca (UNA), ante Ud. Me presento y expongo lo siguiente:

Que, con la finalidad de solicitar a su despacho nos facilite la aplicación del proyecto "REMOCIÓN DE ARSÉNICO (As) EMPLEANDO CASCARÁ DE ARROZ MODIFICADO QUÍMICAMENTE, DE LAS AGUAS SUPERFICIALES DE LA COMUNIDAD DE UPINA, CARABAYA-PUNO", por lo que recurro a Ud, Presidente de la comunidad campesina de Upina que a bien dirige, me permita recoger dos muestras de agua en el riachuelo del sector de Vicuñamayo de la comunidad de Upina, por lo que recurrimos a su instancia a fin de que pueda acceder a nuestro pedido, en marco de las relaciones interinstitucionales que debe existir entre las instituciones del sector público.

Por lo expuesto,

Pido a usted se sirva acceder a mi petición.



Eusebio German Peralta Julliri

DNI: 4835832

Juliaca, 01 de febrero del 2021



Javier Haccha Mamani  
DNI: 4842310  
Administrativo, UPEL

## Anexo 6. Consentimiento informado del recojo de muestras de agua en la Comunidad de Upina

### REMOCIÓN DE ARSÉNICO (As) EMPLEANDO CASCARÁ DE ARROZ MODIFICADO QUÍMICAMENTE, DE LAS AGUAS SUPERFICIALES

#### CONSENTIMIENTO INFORMADO A PARTICIPANTES EN INVESTIGACIÓN

Acepto voluntariamente la aplicación de toma de muestras para la utilidad en esta investigación, conducida por Eusebio German Peralta Juliri. He sido informado de que la meta de este estudio es "Determinar el porcentaje de remoción de arsénico (As) empleando cascará de arroz modificada químicamente, de las aguas superficiales de la comunidad de Upina, Carabaya-Puno", me han indicado que las muestras serán tomadas de forma o tipo continuo. La coordenadas geográficas del punto de muestreo se registraron con una unidad GPS portátil, en el punto de muestreo se recogieron muestras diferentes, uno para la determinación de las concentraciones de arsénico total, otros para análisis de los parámetros fisicoquímicas, las 3 muestras se recogieron en envases de polietileno (PVC) de alta densidad, las muestras se preservaron con ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>), hasta un pH menor a 2 unidades y se mantuvieron refrigerados en una hielera a una temperatura de 4 °C hasta su traslado al laboratorio para el análisis de calidad. La toma de muestra será el 11 de febrero del 2021, pero tiene permiso de un tiempo de aproximadamente 3 días si él lo considere para tomar dicha muestra a partir de la fecha indicada. Reconozco que la información que yo provea en el curso de esta investigación es estrictamente confidencial y no será usada para ningún otro propósito fuera de este estudio sin mi consentimiento. He sido informado de que puedo hacer preguntas sobre el proyecto en cualquier momento y que puedo retirarme del mismo cuando así lo decida, sin que esto acarree perjuicio alguno para mi persona.

Entiendo que una copia de esta ficha de consentimiento me será entregada, y que puedo pedir información sobre los resultados de este estudio cuando este haya concluido. Para esto, puedo contactar con el investigador.

Juliaca, 05 de julio del 2020



Javier Haccha Mamani  
DNI. 42821103  
REPRESENTANTE LEGAL

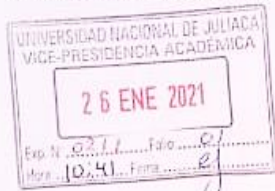
Javier Haccha Mamani  
Representante legal del Proyecto  
Mucumayo - Comunidad  
Campesina Upina

Anexo 7. Solicitud del uso de equipos e instalaciones del laboratorio de la Universidad Nacional de Juliaca (UNAJ)

Universidad Nacional de Juliaca  
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Forestal

"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

VICEPRESIDENCIA ACADÉMICA - UNAJ  
Dr. Percy Francisco Gutiérrez Salas



SOLICITO: laboratorio para la ejecución de mi  
PROYECTO DE TESIS.

Yo Eusebio German Peralta Julliri, identificado con DNI 48358321, con domicilio actual en Av. Santa Rosa, Mz. A, Lt. 3A, con código de matrícula 4248358321, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Forestal de la UNAJ, ante usted me presento y expongo:

Que, habiendo aprobado mi perfil de Proyecto de Tesis titulado "REMOCIÓN DE ARSÉNICO (As) EMPLEANDO CASCARÁ DE ARROZ MODIFICADO QUÍMICAMENTE, DE LAS AGUAS SUPERFICIALES DE LA COMUNIDAD DE UPINA, CARABAYA-PUNO", bajo la asesoría del docente Dr. José Luis Pineda Tapia, solicito a usted la designación de laboratorio ambiental para realizar la parte experimental de mi proyecto de tesis, en vista que durante todo el año 2020 por motivos de la pandemia no se brindaron los laboratorios tuve que esperar todo el año y el tiempo para la presentación de mi borrador de tesis solo tengo pocos meses tiempo .

De ser necesario, puedo ser contactado mediante mi correo personal [german.nejick@gmail.com](mailto:german.nejick@gmail.com) y por celular 980054346.

POR LO EXPUESTO

Ruego a su digno despacho acceder a mi solicitud por de justicia y legal.

UNAJ - COMISIÓN ORGANIZADORA  
VICE-PRESIDENCIA ACADÉMICA

Por: Sr. Eusebio G. Peralta J.  
Por: la situación de pandemia  
he reconsiderado, he trabajado  
de jefe de práctica des. por un  
el acceso a laboratorio

Juliaca, 26 de enero de 2021



Eusebio German Peralta Julliri  
Código de matrícula: 4248358321