

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERIA CIVIL



**“Remoción de arsénico de las aguas del Rio Cabana
usando ceniza de cáscara de arroz”**

Tesis para obtener título profesional de Ingeniera Civil

Autor:

Vásquez Ramírez Rosa Teresa

Asesor:

Cerna Chavez Rigoberto

Chimbote – Perú - 2020

PALABRA CLAVE:

TEMA	Remoción
ESPECIALIDAD	Hidráulica
TOPIC	Remoción
SPECIALTY	Hidráulica

LINEA DE INVESTIGACION:

Hidráulica

SEGÚN OCDE

- **AREA**

Ingeniería Tecnología

- **SUB AREA**

Ingeniería Civil

- **DISCIPLINA**

Ingeniería Civil

TITULO:

**“REMOCIÓN DE ARSÉNICO DE LAS AGUAS DEL RIO CABANA
USANDO CENIZA DE CASCARA DE ARROZ.”**

RESUMEN:

El objetivo del proyecto de investigación es determinar si la ceniza de cascara de arroz remueve el arsénico de las aguas del Río Cabana (que se encuentra en la Región Ancash; Provincia de Pallasca ubicada en la zona norte del departamento La Libertad) mediante la adsorción, donde se probara en dosis diferentes de (1.5 gr. 2.0 gr. 2.5 gr.).

Así mismo este proyecto se realiza pensando en el beneficio económico de los pobladores del sector del centro poblado de Cabana debido a que los filtros químicos usados para eliminar contaminantes del agua son demasiado costosos; es por eso que usamos cenizas de cascarilla de arroz.

Para poder demostrar que las Cenizas de cascarilla de arroz puede remover el arsénico y necesitamos realizar pruebas de las muestras obtenidas del agua del Río Cabana y del mismo modo del agua tratada para poder tener conocimiento del porcentaje de remoción tanto de arsénico.

La metodología de la presente investigación explicativa con un enfoque cuantitativo y de diseño pre experimental, se trabajará con tres muestras de agua. El análisis de los datos se realizará con la prueba t-Student.

Se espera que la cascarilla de arroz reduzca significativamente la cantidad de arsénico del agua del Río Cabana y como consecuencia de ello se tendría un beneficio para los pobladores de la zona y alrededores que consumen el agua del Río Cabana que están contaminadas.

SUMMARY:

The objective of the research project is to determine if rice husk ash removes arsenic from the waters of the Cabana River (located in the Ancash Region, Pallasca Province located in the northern area of the department of Ancash) through adsorption, where it will be tested in different doses of (1.5 gr. 2.0 gr. 2.5 gr.)

Likewise this project is done thinking about the economic benefit of the inhabitants of the sector of the town of Cabana because the chemical filters used to remove pollutants from the water are too expensive; that's why we use rice husk ash.

In order to demonstrate that rice husk ash can remove arsenic, we need to test the samples obtained from the Cabana river water and in the same way the treated water in order to be aware of the percentage of removal of both arsenic.

The methodology of the present explanatory research with a quantitative and pre-experimental design approach, will work with three water samples. The analysis of the data will be done with the t-Student test.

It is expected that the rice husk will significantly reduce the amount of arsenic in the water of the Cabana river and as a consequence it would have a benefit for the inhabitants of the area and surroundings that consume the Cabana river water that are contaminated.

INDICE

Contenido

Palabras clave	i
Título del trabajo... ..	ii
Resumen	iii
Abstract... ..	iv
Índice	v
Introducción... ..	1
Metodología del trabajo	34
Resultados	39
Análisis y discusión	65
Conclusiones	68
Recomendaciones... ..	68
Agradecimiento	70
Referencias bibliográficas	71
Anexos... ..	74

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Especies de arsénico importantes por su toxicidad.....	22
Tabla 2: parámetros fisicoquímicos del agua.....	27
Tabla 3: ventajas y desventajas de técnicas de eliminación de arsénico	30
Tabla 4: mecanismos depurativos en tratamientos de agua	32
Tabla 5: Límites Máximos Permisibles (Lmp) En Los Parámetros De Calidad Del Agua.....	36
Tabla 6 : Variable Dependiente.....	48
Tabla 7 : Variable Independiente.....	48
Tabla 8 : Técnica e Instrumento de evaluación.....	52
Tabla 9: Composición química de la cáscara de arroz.....	55
Tabla 10 : Parámetros Fisicoquímicos de Muestra patrón del Rio Cabana.....	56
Tabla 11 : Parámetros Fisicoquímicos de Muestra Experimental 1.5 gr ceniza de cascarilla.....	57
Tabla 12 : Parámetros Fisicoquímicos de Muestra Experimental 2.0 gr ceniza de cascarilla de arroz en agua del Rio Cabana	58
Tabla 13: Parámetros Fisicoquímicos de Muestra Experimental 2.5 gr ceniza de cascarilla de arroz en agua del Rio Cabana.....	59
Tabla N° 14: Resultados del ensayo de pH del agua del río Cabana.....	60
Tabla N° 15: Resultados del ensayo de TDS del agua del río Cabana para una muestra de 1lt.....	60
Tabla N° 16: Resultados del ensayo de Conductividad del agua del Río Cabana para una muestra de 1lt.....	61
Tabla N° 17: Remoción del arsénico del agua del Río Cabana para una muestra de 1lt.....	62

Tabla 18: Composición elemental de la ceniza de Cascarilla de arroz	66
Tabla 19: Resultados del ensayo de pH de agua de Rio Cabana antes y después del ensayo jarras.....	67
Tabla 20: Resultado del ensayo de pH de la ceniza de cascarilla de arroz.....	67
Tabla 21: Resultados del ensayo de Solidos Totales Disueltos de Rio Cabana.....	69
Tabla 22: Resultados del ensayo de Conductividad de Rio Cabana antes y después del ensayo de jarras.....	70
Tabla 23 : Análisis del Arsénico del agua del Rio Cabana antes y después de jarras.....	72

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación de la captación de agua del C.P. Cabana.....	13
Figura 2: Mapa de la cuenca del rio Cabana.....	14
Figura 3: Ubicación de la captación de agua del C.P. Cabana.....	15
Figura 4: Ubicación de la captación de agua del C.P. Cabana.....	15
Figura 5: Coordenadas de la captación de agua del C.P. Cabana.....	16
Figura 6: Imágenes del Arsénico.....	18
Figura 7: Mujer muestra sus manos llenas de heridas debido a la contaminación del agua Con Arsénico.....	26
Figura 8: Parámetros y valores consolidados de categoría 1-A	39
Figura 9: Cuadro de Parámetro de Solidos Totales disueltos	46

Figura 10: Composición química de la cascarilla de arroz.....	65
Figura 11: cascara de arroz	83
Figura 12: Conductividad térmica	83
Figura 13: Análisis químico de cascarilla de arroz.....	84
Figura 14: Calcinación artesanal de la cascarilla de arroz.....	84
Figura 14 : Tipo de arroz	85
Figura 15: Producción y superficie mundiales de arroz	86
Figura 16 : Morfología de la cascara de arroz	87
Figura 17 : Curva de pérdida de masa - Análisis Termo gravimétrico	87
Figura 18: Curva calorimétrica	88
Figura 19: Curva calorimétrica.....	89
Figura 20: En la UNT; en el ensayo de ATD.....	89
Figura 21: Cenizas de cascarilla de arroz activadas a 325° por 45 minutos.....	89
Figura 22: Resultados del ensayo de pH de agua de Rio Cabana antes y después del ensayo de jarras.....	90
Figura 23: Resultado del Ensayo de Solidos Totales Disueltos.....	91
Figura 24: Resultado del Ensayo de Conductividad.....	91
Figura 25: Resultado del Ensayo de Remoción de Arsénico	91
Figura 26: Limpieza de la cascarilla de arroz	92
Figura 27: Limpieza de la cascarilla de arroz	92
Figura 28: Calcinación artesanal	93
Figura 29: Calcinación artesanal	93
Figura 30: Ubicación de la zona en donde se muestrea el agua	93
Figura 31-: Ubicación in situ según coordenadas del ANA.....	94

Figura 32: Extracción de las muestras de agua del rio Cabana.....	94
Figura 33: Extracción de las muestras de agua del Rio Cabana	95
Figura 34: Extracción de las muestras de agua del Rio Cabana	95
Figura 35: En la UNT; en el ensayo de ATD.....	95
Figura 36: En la UNT; en el ensayo de ATD.....	96
Figura 37: Ensayo de ATD.....	97
Figura 38: Activación térmica de la muestra a unos 325° C por 45 minutos.....	98
Figura 39: Pesando 2,5 gr de ceniza de cascarilla de arroz para la prueba de jarras.....	99
Figura 40: Pesando 1,5 gr de ceniza de cascarilla de arroz para la prueba de jarras.....	99
Figura 41: Pesando 2,0 gr de ceniza de cascarilla de arroz para la prueba de jarras.....	99
Figura 42: Presentación de las dosis experimentales.....	100
Figura 43: Presentación de las dosis experimentales.....	100
Figura 44: Con el apoyo del asesor agregamos la ceniza de cascarilla de arroz.....	101
Figura 45: Presentamos las dosis en gramos de las cenizas de cascarilla de arroz.....	101
Figura 46: Las muestras de agua que serán colocadas al equipo de juego de jarras junto al asesor y al técnico de laboratorio.....	102
Figura 47: Las muestras de agua que serán colocadas al equipo de juego de jarras junto al asesor y al técnico de laboratorio.....	102

Figura 48: Presentación de las muestras en el equipo de juego de jarras.....	103
Figura 49: Extrayendo el agua después del ensayo de jarras para llevar al laboratorio Certificado.....	103
Figura 50: Extrayendo el agua después del ensayo de jarras para llevar al laboratorio Certificado.....	103
Figura 51: Laboratorio certificado COLECBI S.A.C. donde se realizó los exámenes para los parámetros fisicoquímicos.....	104

INTRODUCCION:

ANTECEDENTES Y FUNDAMENTACIONES CIENTIFICAS:

- **Suyón (2017)** esta investigación tuvo como objetivo principal remover arsénico usando cenizas de cascarilla de arroz. La metodología utilizada fue la colección de la cascara de arroz en la apiladora Zavaleta ubicada en el valle de santa la siguiente se pre-calcinó la materia prima a temperatura ambiente luego se activó térmicamente con temperatura de 285°C en un tiempo de 45 minutos en la mufla de la universidad San Pedro.
- Se hizo la extracción del agua del río tablachaca y se procedió a realizar el ensayo de remoción probando la funcionalidad de las cenizas de cascara de arroz utilizando un prototipo elaborado manualmente tipo columna, se analizó la muestra patrón mediante el ensayo de adsorción atómica, **se concluyó que la mayor eficiencia de remoción de arsénico es de la experimental n° 1 de la (muestra n°2) con 48 % respecto al patrón, la dosis más óptima para la remoción fue de 1.50 gr de cenizas de cascarilla de arroz.** La remoción se produce bajo el posible mecanismo de adsorción física, sabiendo que la ceniza de cascarilla de arroz tiene como compuesto principal el dióxido de silicio con carga positiva y el agua del río tiene arsénico con carga negativa, que al juntarse con las cenizas capturan el arsénico encontrado.
- **Nurul et al.,(2006)** investigo la posibilidad de que el uso de la tecnología de adsorción de cascara de arroz sin ningún pre-tratamiento en la eliminación de arsénico de medios acuosos .La metodología utilizada fue la activación térmica de la cascarilla de arroz luego de ello se realizó el ensayo de juego de jarras para hallar la eficiencia de remoción donde se usó un amplio de concentraciones (es decir ,50-500 ug/l). La concentración inicial 100 ug/l (100 ppb por un litro de agua, 0.01 mg/l), dosis de cascara de arroz 6 g. tamaño de partícula 780 y 510 um ,tasa de tratamiento de flujo 6.7 y 1.7 ml/min, y ph 6.5 y 6.0, respectivamente .Eficiencia de adsorción 71 al 96 % de arsénico.

- **Asif et al.,(2015)** investigación como explorar el potencial de la cascara de arroz crudo para eliminación de As(v) del agua potable ,dado que esta disponible fácilmente y de muy bajo costo .Se aplico una metodología de eliminación de As,es decir , 90.7 %,cantidad de cascara de arroz 42.5 g; 7ml/min de caudal en la columna de 5 cm de diámetro a la altura del lecho de 28 cm por 15 ppb (0.015 mg/l) de concentración de arsénico. Se concluyo que este método es eficaz para una amplia gama de concentraciones de arsénico (es decir, 15 a 70 ppb), [0.015 a 0.070 mg/l .]
- **Carja,G. (2011)** realizaron un estudio en el Departamento de Ingeniería Química-Rumania sobre “La aplicación de adsorbentes de bajo costo para la eliminación de arsénico” La presencia de arsénico en aguas, especialmente aguas subterráneas, se ha convertido en un problema en todo el mundo en las últimas décadas. La regulación actual de la norma de agua potable se ha vuelto más estrictas y requiere contenido de arsénico que ser reducido a unas pocas partes por mil millones. Hay un número de métodos de eliminación de arsénico, que incluyen coagulación, seguido de precipitación, separación de membrana, de intercambio aniónico, etc. El objetivo de este trabajo es proporcionar descripción general de las fuentes y la toxicidad del arsénico, su especiación, y adsorbentes de bajo costo para la eliminación de arsénico. Diferentes técnicas de eliminación de arsénico a saber. Se discutirán precipitación, coagulación, filtración de membrana, intercambiadores de iones y de adsorción. También se discutirán los factores que influyen en la adsorción de arsénico.
- **Rivera A, Piña, J. (2016)**, realizaron su investigación en la Facultad de Ingeniería Campus Morelos: “*Remoción de arsénico del agua para uso y consumo humano mediante diferentes materiales de adsorción*” donde probaron zeolitas naturales para eliminar As a partir de agua potable conjuntamente con Fe en un estudio piloto en pequeña escala. En sus experimentos, Rivera y Piña utilizaron zeolitas ya recubiertas por óxido de fe, obtenido de una planta de eliminación de fe. Los autores utilizaron un agua de pozo de suministro de Mazatlán, Sinaloa, una ciudad importante en México (As: 0.021-0.032 mg/L, Fe: 0.41-3.18 mg/L, conductividad eléctrica 446-500 μ S/cm). El proceso de intercambio iónico es seguido por un proceso de oxidación mediante Cl₂, que forma una capa de óxido de fe en la zeolita. Este revestimiento luego adsorbe Fe disuelto. Durante estos procesos, 19-60 % de As fue eliminado debido a la coprecipitación| como compuestos insolubles de Fe, trampa física en la cama de zeolita y adsorción en el recubrimiento de óxido de fe.

JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Esta investigación tiene por finalidad remover arsénico usando cenizas de cascara de arroz activadas térmicamente, dado que la cascara de arroz se cultiva abundantemente en Perú y las principales zonas de producción del arroz es la Costa, destacando las regiones de Piura, Lambayeque, La Libertad, Ancash. No tiene un uso en específico, dado que la cascara de arroz es un biomaterial económico debido a su abundancia, no genera contaminación y sobre todo es un recurso natural renovable. Una de las principales características de la cascara de arroz es la capacidad de adsorción.

Los moradores de Cabana carecen de recursos para poder obtener agua sumamente limpia para el consumo humano, así que la única alternativa que tiene la población es utilizar el agua del Río Cabana que pasan por sus casas o a su vez ellos utilizan bombas para succionar el agua de ahí y reservarlas en tanques las cuales contienen bacterias patógenas que causan graves enfermedades y producen parásitos intestinales.

Debido a la cáscara de arroz (RH) es un subproducto de la industria de la molienda de arroz, con mucha abundancia en el Perú y si se cumplen todos los objetivos planteados estaríamos encontrando una solución económica para la remoción de arsénico.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Un estudio realizado por la dirección de gestión de la calidad del recurso hídrico (DGCRH) en coordinación con la Autoridad nacional del Agua (ANA) quien llevo a cabo el monitoreo participativo de la calidad del agua de la cuenca del río Tablachaca con la finalidad de evaluar el estado actual del agua. Se analizaron puntos de monitoreo a lo largo de la cuenca del río Tablachaca y en esta se presenta puntos de monitoreo. Se informó que desde su nacimiento hasta su desembocadura registra niveles altos de metales que superan los parámetros de los ECA-Agua, un punto de monitoreo en el que se registró un nivel alto de metal como el arsénico (As) , esto se debe a los pasivos mineros y ríos tributarios que contribuyen con el río Cabana modificando sus características.



Figura 1 : Ubicación de la captación de agua del C.P. Cabana

Fuente: Autoridad nacional del Agua.

Por lo expuesto planteo el siguiente problema:

¿Cuál es el efecto de la ceniza de cascarilla de arroz en la remoción de la cantidad de arsénico de las aguas del río Cabana ?

CUENCA DEL RIO CABANA

Ubicación y extensión

La cuenca del río Cabana (antes de la confluencia del río tablachaca) se encuentra en el centro-norte del Perú, ubicada en la zona norte del departamento de Ancash. es parte de la cuenca del Océano Pacífico y según la Autoridad Nacional del Agua – ANA, pertenece a la Región Hidrográfica del Pacífico, como parte de la Unidad Hidrográfica 137 (Autoridad Nacional del Agua, 2008). Se ubica entre los -7.967620 y -10.226387 de latitud, -78.645365 y -77.169280 de longitud.

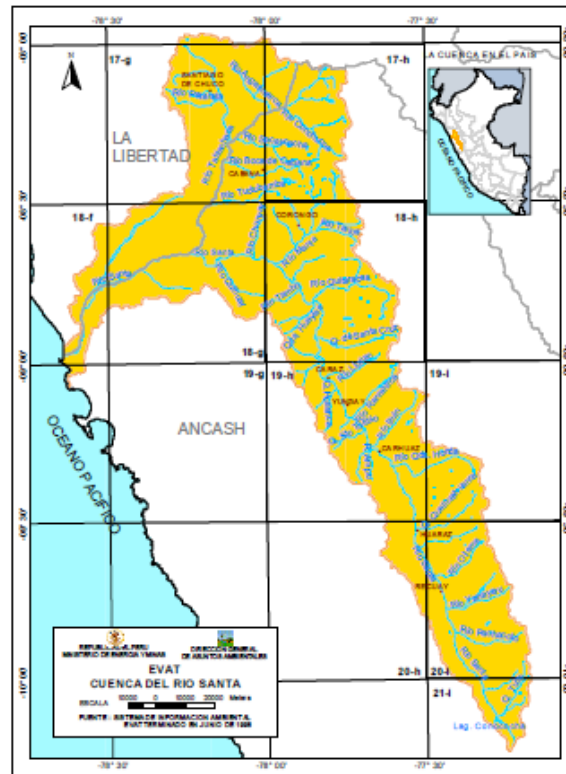


Figura 2: Mapa de la cuenca del río Cabana
Fuente: DGAA-MEM, 2000

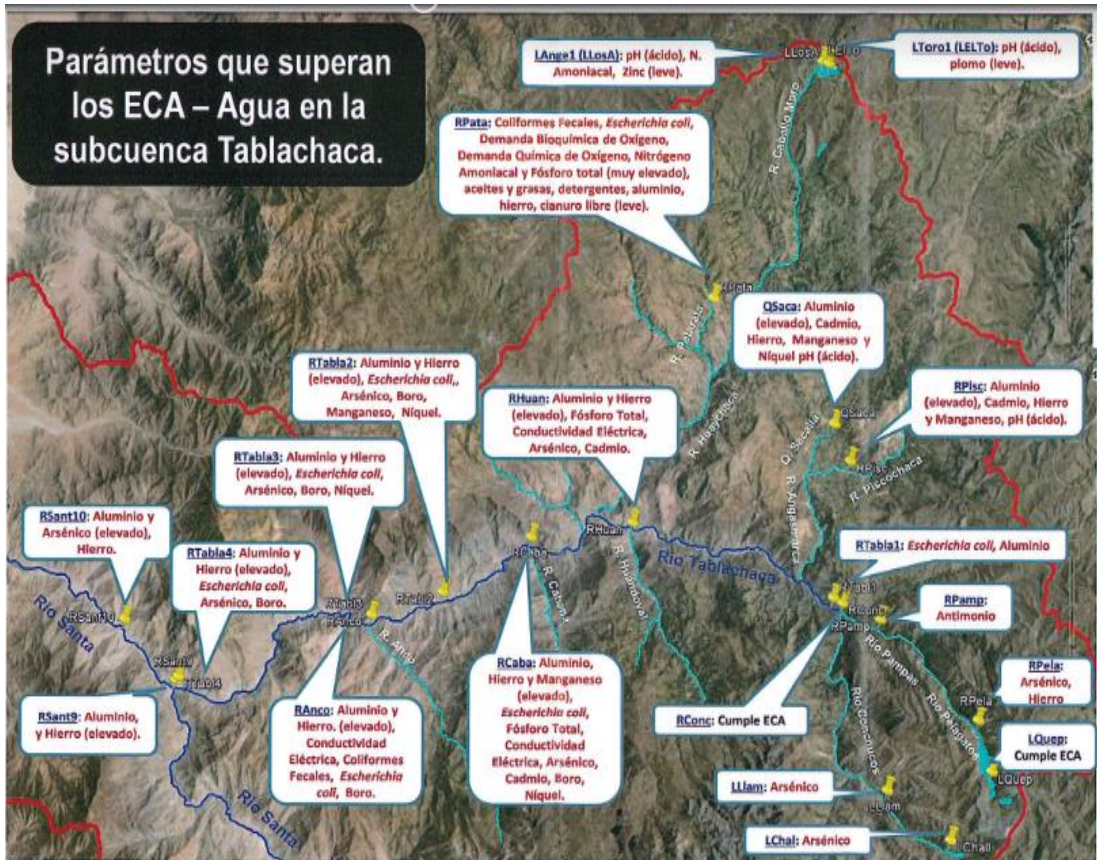


Figura 3 : Ubicación de la captación de agua del C.P. Cabana

Fuente: Autoridad nacional del Agua.

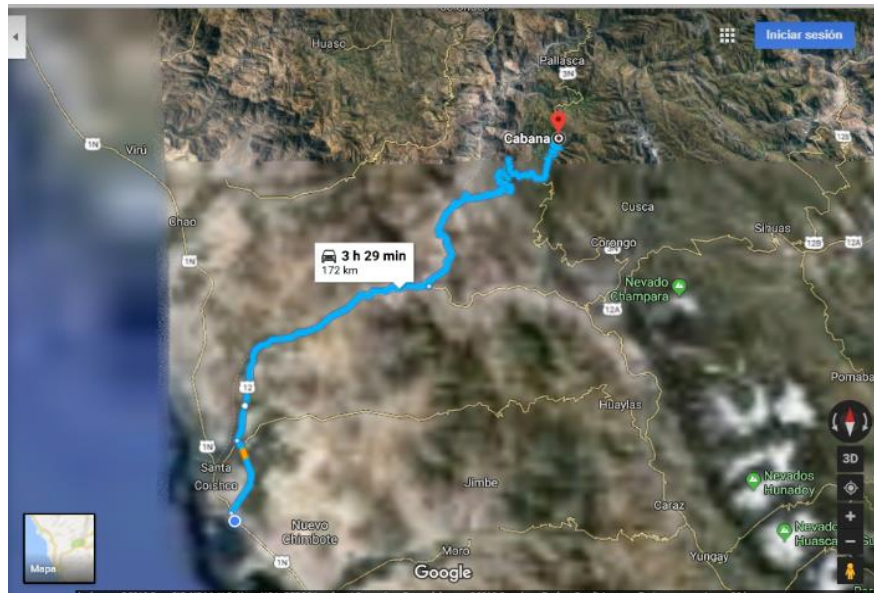


Figura 4 : Ubicación de la captación de agua del C.P. Cabana

Fuente: Autoridad nacional del Agua.

DATOS DEL CENTRO POBLADO CABANA:

- **Ubicación de la Zona: RIO CABANA : Antes de la confluencia con el rio Tablachaca.**

- **Coordenadas:**

ESTE: 815671.00 E

NORTE: 9073945.00 S

- **Elevación:** 1276 m.s.n.m.

Centro poblado CABANA : Ubicación de la captación de agua del C.P. Cabana

No	Pto. de Reenvío	Descripción	Coordenadas WGS 84 UTM			Altitud (msnm)
			Zona	Este	Norte	
14	RCaba	Río Cabana, antes de la confluencia con el rio Tablachaca (Distrito Pallasca/ Provincia Pallasca /Departamento La Libertad)	17L	815671	9073945	1276
15	RTabl2	Río Tablachaca, aguas arriba de la minera de Carbón La Galgada y ABR Minera SAC. (Distrito Tauca/ Provincia Pallasca/Departamento Ancash).	17L	814046	9065223	1140
16	RTabl3	Río Tablachaca, aguas debajo de la minera de Carbón La Galgada (Distrito Tauca/ Provincia Pallasca/Departamento Ancash).	17L	811429	9059218	1045

Figura 5 : Coordenadas de la captación de agua del C.P. Cabana

Fuente: Autoridad nacional del Agua.

ARSÉNICO

Definición

El arsénico es un elemento químico de la tabla periódica que pertenece al grupo de los metaloides, también conocido como semimetales, se le puede encontrar de diversas maneras, aunque raramente se encuentran en estado sólido. El arsénico inorgánico soluble es extremadamente muy toxico, dañino para el organismo humano.

El arsénico (As) es un elemento natural distribuido extensamente en la corteza de la Tierra. Su concentración en la superficie de la Tierra es de 1.5 a 2.0 mg/L, siendo principalmente inorgánico, sin embargo, su distribución en el mundo no es uniforme.

En el ambiente, el arsénico se combina con oxígeno, cloro, y azufre para formar compuestos inorgánicos de arsénico. Por el contrario, en animales y en plantas el arsénico se combina con el carbono y el hidrógeno para formar compuestos orgánicos de arsénico. A pesar de su distribución natural, el arsénico es un elemento tóxico que causa preocupación, estando clasificado como un carcinógeno humano (*International Agency for Research on Cancer*).

Flanagan, SV, Johnston RB and Zheng Y (2012). El arsénico puede combinarse con otros elementos formando compuestos arsenicales, orgánicos o inorgánicos, que por lo general, son los más tóxicos y predominan en el agua. El consumo prolongado de agua potable con altas cantidades de arsénico, mayores a 0.01 mg/L puede causar arseniosis, una enfermedad crónica que ocasiona enfermedades de la piel, gangrena y hasta cáncer de riñón y cáncer vesical. El origen natural del arsénico en el agua subterránea está ligado a la litología de los materiales geológicos que conforman el acuífero y a los procesos de oxidación-reducción que afectan a este elemento (Smedley y Kinninbuerg, 2012).

El origen más común del arsénico es la oxidación de minerales con alto contenido en arsénico como pueden ser la arsenopirita (FeAsS), la escorodita ($\text{FeAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), y la oropimenta (As_2S_3) que pueden aparecer en diferentes ambientes geológicos (Peters y Blum, 2013; Scareck *et al.*, 2014)

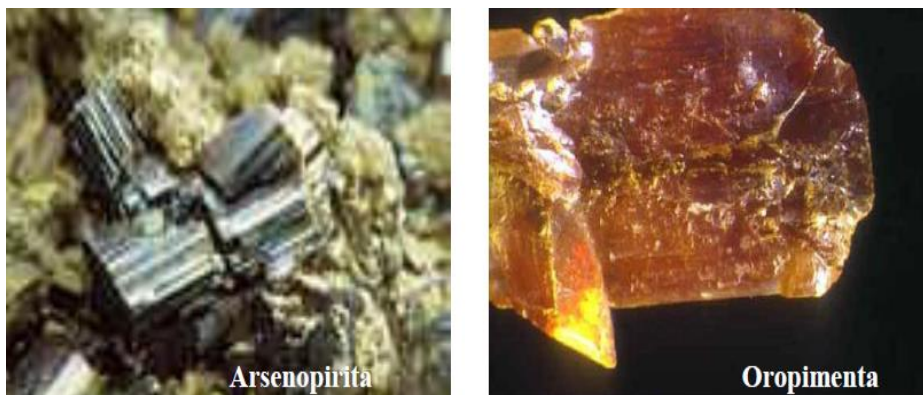


Figura 6: Imágenes del Arsénico

En estos casos, generalmente, se puede apreciar una estrecha relación entre el pH y las concentraciones de As y Fe en el agua, debida a las características hidrogeoquímicas de este elemento (Smedley y Kinninbuerg, 2012). Otros orígenes están ligados a factores antrópicos como son la lixiviación de residuos de minas (Armienta *et al.*, 2007) o el uso de plaguicidas (Liu *et al.*, 2013). Entre las principales fuentes antropogénicas de arsénico tenemos a los conservadores de madera y pigmentos, los productos de la industria metalúrgica y el uso de insecticidas y herbicidas que contienen éste elemento.

✚ Química del arsénico

El arsénico se clasifica como un metaloide, ya que posee propiedades químicas y físicas tanto de los metales como de los no metales.

Presenta cuatro estados de oxidación (+5, +3, 0, -3) y bajo condiciones normales siendo los más comunes sus estados trivalentes As^{3+} (arsenitos) y pentavalente As^{5+} (arsenatos).

En aguas naturales de pH 5 a 9 predominan las especies $H_2AsO_4^-$, $HAsO_4^{2-}$, H_3AsO_3 y $H_2AsO_3^-$. Su carácter químico está determinado por el hecho de que cambia rápidamente de un estado de oxidación a otro, a través de reacciones químicas o biológicas que ocurren en el ambiente. Así, el control del equilibrio en la solubilidad y movilidad del arsénico depende de las condiciones de óxido-reducción, el pH y la actividad biológica entre otras.

Es un elemento natural que pertenece al Grupo VA de la tabla periódica, su número atómico es 33 y su peso atómico es 74.9. Los compuestos de arsénico se catalogan en inorgánicos u orgánicos, dependiendo de la ausencia o presencia de enlaces arsénico-

carbono (Tchounwou *et al.*, 2009).

Fuentes Contaminantes

La contaminación del agua con arsénico puede ocurrir por causas naturales, puesto que es un elemento muy común en el ambiente o como resultado de algunas actividades humanas como la minería, que puedan aumentar su concentración en los ríos que pasen o se originen cerca de su zona de intervención.

Los primeros en contaminar las aguas son los fungicidas, pesticidas como el arsénico, llevados hasta por los ríos por la lluvia y la erosión del suelo, cuyo polvo vuela hacia los ríos o el mar y los contamina. Además, los campos pierden fecundidad por abuso de las técnicas agrícolas.

Toxicidad del arsénico

Las fuentes de exposición al arsénico pueden ser tanto naturales como antropogénicas. El arsénico ocurre naturalmente en el suelo, en rocas y en minerales y es liberado al aire, agua y suelos como resultado de la actividad volcánica y la erosión de los depósitos naturales. En la Figura 2.5 se muestran las actividades antropogénicas causantes de liberación de arsénico al medio ambiente incluyen la manufactura de insecticidas, herbicidas, desecantes de algodón, preservativos de madera, aditivos de aleaciones, vidrio, cerámica y semiconductores (Vahter, 1998).

La toxicidad por arsénico en humanos se asocia predominantemente con la exposición a arsénico inorgánico. La forma más común de los compuestos de arsénico inorgánico en el aire es el trióxido de arsénico, mientras que en agua, suelo y/o comida son principalmente los arsenatos y en menor cantidad los arsenitos (Tchounwou *et al.*, 1999).

FÓRMULA	NOMBRE	TIPO DE COMPUESTO	ESTADO DE OXIDACIÓN
As(OH) ₃	Ácido arsenioso (arsenito)	Inorgánico	+3
H ₃ AsO ₄	Ácido arsénico (arsenato)	Inorgánico	+5
As ₂ O ₃	Trióxido de arsénico	Inorgánico	+3
CH ₃ - As(O)(OH) ₂	Ácido monometilarsónico (MMAs ⁵⁺)	Orgánico	+5
CH ₃ - As(OH) ₂	Ácido monometilarsonoso (MMAs ³⁺)	Orgánico	+3
(CH ₃) ₂ - As(O)(OH)	Ácido dimetilarsínico (DMA ⁵⁺)	Orgánico	+5
(CH ₃) ₂ - As(OH) ₂	Ácido dimetilarsónoso (DMA ³⁺)	Orgánico	+3

Tabla 1. Especies de arsénico importantes por su toxicidad

Fuente : (Carter et al., 2003)

La toxicidad por arsénico puede ocurrir en dos formas: aguda y crónica. La primera es la consecuencia de la ingesta de una alta concentración de arsénico en un tiempo corto mientras que la toxicidad crónica es el resultado de la ingesta de pequeñas cantidades de arsénico en un largo periodo de tiempo. La toxicidad aguda debida a compuestos de arsénico en el ser humano está en función de la capacidad de asimilación del cuerpo humano. La arsina es considerada la forma más tóxica, seguida del arsenito, los arsenatos y los compuestos orgánicos que contengan a este elemento.

Las principales rutas de exposición de las personas al arsénico son la ingesta e inhalación. El arsénico es acumulable en el organismo por exposición crónica y superada por ciertos niveles de concentración. Puede ocasionar afecciones como alteraciones de la piel (relajamiento de los capilares cutáneos y la dilatación de los mismos), lesiones dérmicas (neoplasias de piel), vasculopatías periféricas ("enfermedad del pie negro"), además de enfermedades respiratorias; neurológicas (neuropatías periféricas), cardiovasculares y diversos tipos de cáncer (pulmón, riñón, hígado, vejiga y de piel).

Contaminación del agua por Metales Pesados

Los metales se encuentran entre los más contaminantes, más tóxicos entre las aguas naturales como industriales. Su alto contenido de toxicidad es muy elevado principalmente al largo tiempo de residencia en disolución.

Entre los metales más peligrosos destacan el plomo, mercurio, cadmio, y arsénico. La actividad industrial y minera arrojan al ambiente dichos metales altamente tóxicos, muy dañinos para la salud humana.

La peligrosidad de los metales es mucho mayor al no ser química ni biológicamente degradables, y aumenta en el agua y el subsuelo a altas cantidades toxicas para las plantas, animales y seres humanos.

Es de gran peligro estos metales pesados altamente tóxicos, donde causan mucho daño a los consumidores los resultados se evidencian en problemas de la salud, como el retraso en el desarrollo humano, diferentes tipos de cáncer, problemas de hígado, alteración al sistema nervioso, daños en el riñón, infertilidad todas estas enfermedades que muchas veces te conducen hasta la muerte.

Efectos del Arsénico sobre la salud

Organización Mundial de la Salud, (2014)

✚ **Intoxicación aguda**

✓ **Síntomas gastro intestinales** (entre 1 y 12 horas tras el contacto: aliento aliáceo (con olor a ajo), queilitis urente, náuseas y vómitos, onicofagia; dolor en el epigastrio generalmente de tipo cólico; diarrea «riciforme» (heces en forma de arroz), hemorrágica o «coleriforme» (similar a la del cólera); elevación de las transaminasas hepáticas en sangre.

✓ **Síntomas cardio vasculares:** hipotensión arterial - shock, secundariamente a la vasodilatación y a la disminución de la función miocárdica; edema agudo de pulmón; arritmias; miocardiopatía congestiva.

✓ **Síntomas cutáneo-mucosos:**

- Por contacto local: irritación, vesicación, desprendimientos de piel.
- Por distribución sistémica: exantema, líneas de Mees (que pueden durar semanas a meses).

✓ **Síntomas neurológicos:** cefaleas, letargia, convulsiones, coma; polineuropatía sensitiva y motora retardada, por degeneración walleriana reversible; parestesias y disfunciones motoras, a los diez días del contacto.

✓ **Síntomas urinarios:** glomerulopatías, tubulopatías.

✚ **Intoxicación crónica**

La **Arsenicosis**, es una enfermedad crónica causada por la exposición prolongada al arsénico, ya sea por el consumo continuado de agua contaminada o por el trabajo con dicha sustancia. La cantidad de arsénico que debe tener el agua para producir arsenicosis permanece en discusión, aunque se cree que existiría relación con ciertos tipos de cáncer por encima de 0.10 mg por litro.

Gabriela Carja| (2011) ;La Arsenicosis tiene relación directa con la aparición de varios tipos de cáncer (de piel, pulmón, riñón o vejiga). Otros efectos pueden ser cambios en el color de la piel, ceguera, cojera e incluso gangrena.

La intoxicación crónica por arsénico, o **arsenicosis**, produce una afectación multisistémica:

- ✓ **Síntomas digestivos:** náuseas y vómitos, dolores abdominales de tipo cólico, diarreas leves; lesiones degenerativas del hígado, como cirrosis o carcinoma hepáticos
- ✓ **Síntomas Cutáneos:** eritemas, pápulas, vesículas, úlceras, verrugas, (véase discromía) y epiteliomas.
- ✓ Lesiones cardíacas y vasculopatías periféricas.
- ✓ Perforación de tabique nasal, cuando es por inhalación.
- ✓ Cáncer de pulmón.

Efectos agudos

Los síntomas de intoxicación aguda por consecuencia del consumo de arsénico son: vómitos, dolor abdominal, diarrea y otros efectos como hormigueo en las manos y los pies o calambres musculares.

Efectos a largo plazo

Los síntomas a largo plazo como resultado del consumo de arsénico son: Enfermedades de la piel incluyen cambios de pigmentación, lesiones cutáneas y durezas y callosidades en las palmas de las manos y las plantas de los pies (hiperqueratosis), estos efectos se producen tras una exposición mínima de aproximadamente 5 años y pueden ser precursores de cáncer de piel.

Además de cáncer a la piel, ocasionan enfermedades como cáncer de vejiga y pulmón.

El Centro Internacional de Investigación sobre el cáncer ha clasificado el arsénico y los compuestos de arsénico como cancerígenos para los seres humanos. causa también diabetes, problemas relacionados con el desarrollo, neurotoxicidad, enfermedades cardiovasculares

Respuesta de la Organización Mundial de Salud (OMS)

El arsénico se encuentra en una de las 10 sustancias químicas que la Organización mundial de la salud considera las más preocupantes para la salud pública

La OMS ha definido un valor guía para el arsénico en sus Guías para la calidad del agua potable cuya finalidad es servir en el mundo entero de base para las tareas de reglamentación y normalización en esta esfera. En estos momentos, el límite recomendado para la concentración de arsénico en el agua potable es de 10 µg/l, aunque este valor de referencia se considera provisional dadas las dificultades de medición y las dificultades prácticas relacionadas con la eliminación del arsénico del agua de bebida.

➤ **ENFERMERDADES CAUSADAS POR EL ARSENICO**

Según UNESCO (2005): Las medidas de prevención es pues la única arma contra esta plaga, que afecta a un gran número de países. Las enfermedades cardiovasculares y el desarrollo mental son causados por el arsénico llegó a la conclusión de que el arsénico es carcinógeno Grupo A, conocida para desencadenar la piel, la vejiga y los cánceres de pulmón y por lo tanto se ha convertido en una metáfora de veneno. As (III) es más tóxicos y más difíciles de eliminar con los métodos de tratamiento físico-químicas aplicadas convencionalmente que como (V).

“Se ha constatado una concentración de arsénico entre 15 y 20 veces más elevada que el máximo aceptable en el agua potable de un buen número de países, entre ellos Grecia y Serbia y Montenegro”, declaró Branislav Petrusovski, director del proyecto en el Instituto UNESCO-IHE, precisando que estos máximos aceptables son, según la Organización Mundial de la Salud, de 0,01 mg por litro de agua. “En Bangladesh, por ejemplo, la concentración de arsénico en las aguas subterráneas es de 1,8 mg por litro”, agregó. Según la OMS, 30 millones de personas están afectadas por el arsénico en este país.



Figura 7: mujer muestra sus manos llenas de heridas debido a la contaminación del agua con Arsénico.

Fuente: Organización Mundial de la Salud

 **NORMATIVA ECA:**

- Que, de acuerdo a lo establecido en el artículo 3 de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, en adelante la Ley, el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la Ley.
- Que, el numeral 31.1 del artículo 31 de la Ley, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente; asimismo, el numeral 31.2 del artículo 31 de la Ley establece que el ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas, así como un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.
- De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 118 de la Constitución Política del Perú, así como el numeral 3 del artículo 11 de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

Artículo 1.- Objeto de la norma

Tabla 2: Parámetros fisicoquímicos del agua.

Fuente Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua

PARAMETROS	UNIDAD	Agua superficiales destinadas a las produccion de agua potable			Agus superficiales destinadas para recreacion	
		A1	A2	A3	B1	B2
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfeccion	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	Contacto primario	Contacto secundario
		Valor	Valor	Valor	Valor	Valor
FISICOS Y QUIMICOS						
Aceites y grasas(MEH)	Mg/L	1	1.00	1.00	ausencia de pelicula visible	“
Cianuro libre	Mg/L	0.005	0.022	0.022	0.022	0.022
Cianuro wod	Mg/L	0.08	0.08	0.08	0.08	“
Cloruros	Mg/L	250	250	250	“	“
Color	Pi/co	15	100	200	Sin cambio normal	Sin cambio normal
Conductividad	Us/cm	1500	1600	“	“	“
D.B.O	Mg/L	3	5	10	5	10
D.Q.O	Mg/L	10	20	30	30	50
Dureza	Mg/L	500	“	“	“	“
Detergentes(SAAM)	Mg/L	0.5	0.5	na	0.5	Ausencia de espuma persistente
Fenoles	Mg/L	0.003	0.01	0.1	“	“
Fluoruros	Mg/L	1	“	“	“	“
Fosforo total	Mg/L p	0.1	0.15	0.15	“	“
Materiales flotantes		Ausencia de materiales flotantes	“	“	Ausencia de materiales flotantes	Ausencia de materiales flotantes
Nitratos	Mg/L N	10	10	10	10	“
Nitritos	Mg/L N	1	1	1	1(5)	“
Nitrogeno amoriacal	Mg/L N	1.5	2	3.7	“	“
Olor		Aceptable	“	“	Aceptable	“
Oxigeno diluido	Mg/L	>=6	>=5	>=4	>=5	>=4
Ph	Ph	6.5-8.5	5.5-9.0	5.5-9.0	6-9(2.5)	“
Solidos disuelto totales	Mg/L	1000	1000	1500	“	“
Sulfatos	Mg/L	250	“	“	“	“
Sulfuros	Mg/L	0.05	“	“	0.05	“
Turbiedad		5	100	“	100	“
INORGANICOS						
Aluminio	Mg/L	0.2	0.2	0.2	0.2	“
Antimonio	Mg/L	0.006	0.006	0.006	0.006	“
Arsenico	Mg/L	0.01	0.01	0.05	0.01	“
Bario	Mg/L	0.7	0.7	1	0.7	“
Berilio	Mg/L	0.004	0.04	0.04	0.04	“

La presente norma tiene por objeto compilar las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo.

TECNOLOGÍAS DE REMOCIÓN DE ARSÉNICO

A continuación, se revisan las tecnologías disponibles en la actualidad y los factores a considerar en el momento de la evaluación y selección de un proceso de tratamiento de agua para remoción de arsénico.

✓ Oxidación

Es una reacción química donde un metal o un no metal ceden electrones, y por tanto aumenta su estado de oxidación.

Los procesos más eficientes remueven el arsénico en la forma de arsenato (As^{5+}) y no arsenito (As^{3+}) ya que éste típicamente no presenta carga por debajo de pH 9.2. Por lo tanto, el tratamiento de remoción de arsénico debe incluir una etapa de oxidación para convertir el arsenito en arsenato.

✓ **Precipitación/filtración**

Estas tecnologías incluyen procesos de coagulación, filtración rápida, ablandamiento con cal. El proceso de coagulación y filtración es aquel mediante el cual material disuelto, suspendido o en forma coloidal se transforma resultando en partículas sedimentables por gravedad o posibles de ser filtradas.

✓ **Coagulación / precipitación**

Es el fenómeno de desestabilización de las partículas coloidales que pueden formar los "flocs" capaces de ser retenidos en una fase posterior del tratamiento.

Cuando los iones que se encuentran en solución pasan a la forma insoluble por medio de una reacción química se produce una precipitación química. La co-precipitación ocurre cuando un contaminante inorgánico forma un complejo insoluble con el coagulante.

✓ **Filtración**

Es la separación de partículas sólidas al atravesar un medio que las retiene. Este medio puede contener diversos materiales, siendo los más utilizados: arena, antracita, granate, carbón activado, telas filtrantes, etc. Los filtros pueden ser clasificados de diversas maneras: de acuerdo al tipo de medio, a la hidráulica de los mismos, al lugar de acumulación de los sólidos, abiertos o cerrados, etc.

✓ **Adsorción**

Es un proceso de transferencia de masa donde una sustancia es transportada desde la fase líquida a la superficie de un sólido y queda atrapada por fuerzas físicas o químicas. Este proceso ocurre sobre partículas sólidas en medios fijos. Es un fenómeno de superficie y por lo tanto cuanto mayor es el área del medio, mayor es la capacidad de acumular material.

✓ **Intercambio iónico**

Es el proceso fisicoquímico de intercambio reversible de iones entre las fases líquida y sólida, donde no hay un cambio permanente en la estructura del sólido. La solución se pasa a través del lecho hasta que se satura y comienza la fuga de contaminantes. En ese momento la resina (fase sólida) se reactiva con una solución de regenerante que lleva los contaminantes retenidos para disposición como efluente líquido.

ADSORCION

El arsénico puede eliminarse o reducirse opcionalmente por medio de precipitación / floculación, de forma biológica o por adsorción. (*PROAQUA, 2014*).

Considerando el hecho que en las aguas residuales es común que se encuentren en disolución con el arsénico estudia la adsorción y desorción del conjunto de aniones.

TABLA 3: Ventajas y Desventajas de técnicas de eliminación de arsénico

Tecnologías	Referencia y año	Nº Ref.	Ventajas	Desventajas
Eliminación por adsorción de arsénicos en soluciones acuosas	et al.(2013)	[5]	Se conocen como relativamente buenas y comercialmente disponibles; Son técnicas bien definidas; Muchas posibilidades y alcance del desarrollo	Reduce arsénico en residuos líquidos y sólidos; Se requiere replazo/ regeneración; Tecnología alta en operación y mantenimiento; Costos relativamente altos

Fuente : (Ahmed 2009)

ADSORCION

Es un proceso de separación a través ciertos componentes de una fase fluida (líquida o gaseosa) son transferidos hacia un sustrato sólido quedando física o químicamente enlazados en la superficie de adsorbente, ésta se caracteriza por su alta porosidad, con poros extremadamente pequeños que dan lugar a que la superficie interna del adsorbente sea mayor que la externa (Martínez y Rus ,2004; Treybal 1980)

Este proceso de adsorción implica la acumulación en la interface o la concentración de sustancias en una superficie o interface. El proceso puede ocurrir en una interface que separa a dos fases, tales como líquido-líquido ,gas-líquido ,gas-sólido o líquido-sólido .El material que se concentra en la superficie o se adsorbe se llama adsorbato y la fase que adsorbe se llama adsorbente

La adsorción, es un fenómeno de superficie, en el que un soluto es adsorbido por la superficie del adsorbente en una capa mono molecular. La capacidad de adsorción es función del área superficial de éste. Algunos productos adsorbentes tienen un gran poder de adsorción, para determinados solutos y muy poco o ninguno para otros adsorbatos.

En general, la cantidad de soluto adsorbido por unidad de masa del adsorbente es función de la concentración, hasta el punto de saturación del adsorbente. La magnitud de la adsorción para una masa dada de adsorbente y una determinada concentración de soluto, decrece al aumentar la temperatura. (ETSEIB, 2009)

La adsorción se puede desarrollar en todos los sistemas que tengan acciones químico-físicas de plantas y el medio con sólidos coloidales (adsorción física) y disueltos (adsorción química). (Ingeniería de Tratamiento de Aguas Residuales, 2009)

TABLA 4: Mecanismos depurativos en tratamientos de agua

Contaminante	Mecanismo depurativo
Arsénico	Precipitación con cationes (Fe, Al, Ca) presentes en el medio Adsorción en ceniza de cascarilla de arroz o sustancias orgánicas presentes en el medio. Asimilación por plantas

Fuente: Ingeniería de Tratamiento de Aguas Residuales, 2009)

La cantidad de adsorbato que puede retener un adsorbente es función de las características y de la concentración del adsorbato y de la temperatura. En general, la cantidad de materia adsorbida se determina como función de la concentración a temperatura constante, y la función resultante se conoce con el nombre de isoterma de adsorción. (AGUAPEDIA, 2011)

✓ CAUSAS Y TIPOS DE ADSORCIÓN

La adsorción desde una solución a un sólido ocurre como resultado de una de las propiedades características de un sistema disolvente-soluto-sólido, o una combinación de las mismas. La fuerza impulsora primaria de la adsorción puede ser una consecuencia del carácter *liofóbico* (no afinidad al disolvente) del soluto respecto al disolvente particular, o a una afinidad elevada del soluto por sólido.

✓ USOS DE LA ADSORCIÓN

- En el tratamiento de afino de aguas potables o de aguas industriales de gran pureza
- Remoción de color, olor, sabor y sustancias tóxicas en aguas potables
- En tratamiento de aguas residuales industriales, cuando el efluente no es biodegradable o contiene elementos tóxicos orgánicos que impiden la puesta en práctica de técnicas biológicas

✓ **TIPOS DE ADSORBENTES**

- Adsorbentes naturales (cascarilla de arroz, arcillas, zeolitas, etc.)
- Minerales: alúmina y otros óxidos minerales activados; pueden presentar una gran superficie específica, pero únicamente algunas sustancias tienen buena afinidad hacia ellos; por lo tanto, son adsorbentes muy específicos

Borano T., Boonchai W., Chatpet Y. (2015)

✓ **MECANISMOS DE ADSORCION**

La adsorción de sustancias sobre los adsorbentes se lleva a cabo porque hay tres fuerzas (física, iónica y química) que atraen al adsorbato a la superficie sólida desde la solución. Como alternativa, se puede ver esto termodinámicamente como un caso donde el adsorbato tiene una energía libre más baja en la superficie que en la solución. Durante el camino hacia el equilibrio el adsorbato es conducido a la superficie a un estado de energía más bajo, que concuerda con la segunda ley de la termodinámica. Las fuerzas específicas o mecanismos por los cuales el adsorbato es atraído a la interfase de la solución sólida pueden ser físicos o químicos.

✓ **ADSORCIÓN FÍSICA**

La fuerza electrostática es el principio físico básico que describe las interacciones entre las moléculas del adsorbente y el adsorbato. Las interacciones físicas entre moléculas, basadas en la fuerza electrostática incluyen interacciones dipolo-dipolo, interacciones de dispersión y enlaces de hidrógeno.

Se dice que una molécula tiene un momento dipolar cuando hay una red de separación de cargas positivas y negativas en su interior. Moléculas tales como el H₂O y NH₃ tienen dipolos permanentes debido a la configuración de sus átomos y electrones. Son compuestos polares, cuando dos dipolos están cerca, ellos orientan sus cargas a su energía libre combinada más baja: las cargas negativas de uno se aproximan a las cargas positivas del otro. Cuando las fuerzas electrostáticas entre las cargas de las dos moléculas son sumadas, la interacción dipolo-dipolo es una atracción entre las dos. Las moléculas polares tienden a atraerse. El enlace de hidrógeno es un caso especial de la interacción dipolo-dipolo en la cual el átomo de hidrógeno en una molécula tiene una carga parcial negativa.

Por ejemplo, cuando 2 moléculas neutrales que carecen de dipolos permanentes se aproximan, una polarización débil es inducida debido a las interacciones de mecánica cuántica entre sus distribuciones de carga

En conclusión, la atracción entre el adsorbato y un solvente polar (agua) a un adsorbente no polar (carbón activado) de menor naturaleza polar, un adsorbato no polar es menos estabilizado por el dipolo-dipolo o el enlace de hidrogeno al agua.

✓ **ADSORCIÓN QUÍMICA**

Este tipo de adsorción química o quimisorción también se basa en las fuerzas electrostáticas, la adsorción física es menos específica, los compuestos se adsorben en cualquier sitio de la superficie, posee muchas fuerzas y energías de enlace más débiles, opera a distancias más largas y es más reversible.

Este tipo de adsorbatos están limitados por la quimisorción a una superficie que generalmente no puede acumularse más que una capa molecular, o mono capa debido a la especificidad del enlace entre el adsorbato y la superficie, el enlace puede también ser específico a sitios particulares o grupos funcionales sobre la superficie del adsorbente.

✓ **ADSORCIÓN DE IONES: Bravo N. (2004)**

El mecanismo más importante para la adsorción de especies iónicas a superficies, es la atracción electrostática, el cual depende fuertemente del Ph y la fuerza iónica.

La adsorción de iones puede utilizarse para controlar metales pesados, fluoruro y otros minerales. El uso de resinas sintéticas ha sido sugerido para la remoción específica de electrolitos.

La adsorción de ácidos y bases sobre adsorbentes no polares tales como carbón activado depende fuertemente del pH. Mientras que las formas neutrales e ionizadas de estos compuestos pueden adsorberse sobre el carbón, las formas ionizadas tienden a estabilizarse por la atracción con el agua polar.

Como sabemos en todos los demás problemas de transferencia de masa, la capacidad de adsorción de un adsorbente frente a un cuerpo determinado depende:

- De la superficie desarrollada del material, los adsorbentes naturales (arcillas, zeolitas) tienen pequeñas superficies, 50 a 200 m²/g, por lo que su capacidad de adsorción es pequeña, si bien desempeña una importante función en el ambiente natural. Los adsorbentes naturales tienen una superficie mínima de 300 m²/g y los carbones activados de buena calidad llegan hasta 1000 a 1500 m²/g.
- De la concentración de la sustancia orgánica e inorgánica en solución: El límite se establece un equilibrio entre la concentración de la solución y la masa de contaminante adsorbida por unidad de superficie (o masa) del adsorbente.
- De las características hidrodinámicas del intercambio, de la velocidad relativa de las dos fases y, en especial, del tiempo de contacto de las fases sólida y líquida.
- De las características hidrodinámicas del intercambio, de la velocidad relativa de las dos fases y, en especial del tiempo de contacto de las fases sólida y líquida.

En la Tabla 2.5 se presentan los principales grupos de especies iónicas en el proceso de adsorción

➤ **ABSORCION**

Es la operación unitaria de transferencia de materia que consiste en poner un gas en contacto con un líquido para que este disuelva determinados componentes del gas, que queda libre de los mismos. Que consiste en la separación de uno o más componentes de una mezcla gaseosa con la ayuda de un solvente líquido con el cual forma solución (un soluto A, o varios solutos, se absorben de la fase gaseosa y pasan a la líquida).

➤ **PH**

El pH es un indicador de la acidez de una sustancia, siendo ésta una de las propiedades más importantes del agua. El rango varía de 0 a 14, siendo 7 el rango promedio (rango neutral). Un pH menor a 7 indica acidez, mientras que un pH mayor a 7, indica un rango básico. Por definición, el pH es en realidad una medición de la cantidad relativa de iones de hidrógeno e hidróxido en el agua.

Se considera que el pH de las aguas tanto crudas como tratadas debería estar entre 5,5 y 9,0. Por lo general, este rango permite controlar sus efectos en el comportamiento de otros constituyentes del agua. El pH tiene una gran influencia en la coagulación. Valores por encima o por debajo del pH óptimo producen malos resultados.

➤ **LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA EL AGUA POTABLE**

Garduño & Martínez (2012) El agua potable, también llamada para consumo humano, debe cumplir con las disposiciones legales nacionales, a falta de éstas, se toman en cuenta normas internacionales. Los límites máximo permisibles (LMP) para el agua potable de los parámetros que se controlan actualmente, se indican en el cuadro siguiente.

Tabla 5: Límites Máximos Permisibles (Lmp) En Los Parámetros De Calidad Del Agua.

PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITE MÁXIÑO PERMISIBLE
PH	VALOR DE PH	5.5 a 9.0

Fuente:Según ECA; disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM.

➤ La conductividad de una sustancia se define como "la habilidad o poder de conducir o transmitir calor, electricidad o sonido". Las unidades son Siemens por metro [S/m] en sistema de medición SI

SEGÚN EL ECA: (< 1600)

TABLA N° 01.- PARÁMETROS Y VALORES CONSOLIDADOS. CATEGORÍA 1 - A

PARÁMETRO	UNID	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable		
		A1	A2	A3
		Aguas que Pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser Potabilizadas con Tratamiento Avanzado
FÍSICOS - QUÍMICOS				
Aceites y grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Unidad de Color verdadero escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	(uS/cm)	1 500	1 600	**

Figura 8: Parámetros y valores consolidados de categoría 1-A

Fuente: según ECA

- **TDS** (Total Dissolved Solids o Sólidos Disueltos Totales) son la cantidad de sales o sólidos que existen en una disolución concreta. Se miden en ppm (partes por millón).

SEGÚN EL ECA:(< 1000)

PARÁMETRO	UND	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable		
		A1	A2	A3
		Aguas que Pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser Potabilizadas con Tratamiento Avanzado
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500

Figura 9: Cuadro de Parámetro de Solidos Totales disueltos

Fuente: según ECA

CASCARA DE ARROZ

PROPIEDADES DE LA CASCARA DE ARROZ

Villegas, C. (2012), Las cenizas de cascara de arroz es un material de puzolana con origen industrial donde su puede usar como adición mineral al concreto. El uso de esta adición mineral activa en la industria del cemento y del concreto se viene desarrollando aceleradamente en la mayoría de las partes del mundo en razón de las regulaciones ambientales y la evolución del mercado y la normativa internacional. Lo bueno de incorporar esta adición genera el ahorro de energía no renovable, debido a que se utilizaría menos cemento y por consiguiente menor energía, apoyando a la protección y conservación del medio ambiente y su uso mejora las propiedades del cemento y la durabilidad del concreto.

La cascarilla de arroz es el recubrimiento del grano de arroz, su tamaño oscila entre los 5 y 11 mm. Su apariencia superficial es irregular con un patrón de ranuras longitudinales (superficie dentada) que le confieren propiedades altamente abrasivas.

En la figura 2 muestra cascarilla de arroz aglomerada para la producción de bioaislantes térmicos. Esta se obtiene a través del proceso de procedimiento de grano para el consumo humano, en la que se considera que es un desecho.

En la siguiente TABLA 4 se considera la composición química del arroz

Tabla 1. Composición química de la cascarilla de arroz [7]	
Elemento	% en peso
Carbono	39 - 42
Oxígeno	32 - 34
Minerales	14 - 24
Hidrógeno	4 - 5
Nitrógeno	0.3 - 2

Figura 10: **Composición química de la cascarilla de arroz.**

Fuente Villegas, C. (2012)

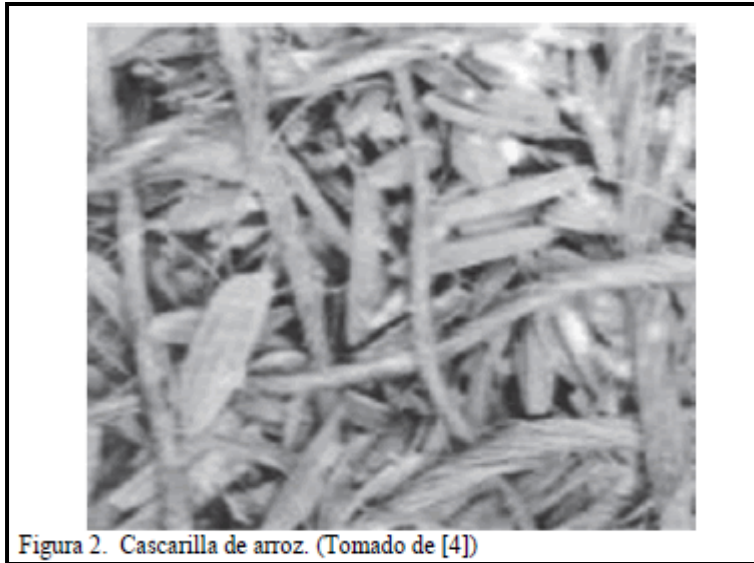


Figura 11: cascara de arroz

Fuente Villegas, C. (2012)

La cascarilla de arroz tiene una gran cantidad de poros en su interior, los cuales representan un 54% de su volumen, lo que le confiere gran capacidad termoaislante. Su coeficiente de conductividad térmica k es comparable a la del corcho granulado o lana mineral, convirtiéndola en candidata para usarla como componente de sistemas de aislamiento térmicos y el de la cascarilla de arroz para propósitos de comparación.

Tabla 2.
Conductividad térmica de diferentes aislantes comúnmente [9]

Material	Temperatura (°C)	K (W/m.K)
Corcho Corrugado	32	0.064
Corcho Aglomerado	32	0.045
Fibra de Vidrio	20	0.038
Poliestireno expandido – 20	30	0.033
Fieltro semi rígido	147	0.063
Oxido de magnesio	147	0.061
Cascarilla de arroz (authors)	50	0.036
Lana mineral	50	0.030

Figura 12: Conductividad térmica

Fuente Villegas, C. (2012)

La cascarilla presenta un contenido de humedad del 9.08 %, con una densidad de 92 kg/m³, y un poder calorífico mínimo de 14.22 MJ/kg. Presenta propiedades ignífugas, es decir que no inicia la combustión fácilmente, hecho que responde a la composición química de la cascarilla de arroz en la que predomina el dióxido de Silicio (SiO₂) conformando el esqueleto de la cascarilla. Esto se puede verificar al analizar la ceniza de cascarilla. El análisis químico se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3.
Análisis químico de la ceniza de cascarilla de arroz [7]

Compuesto	% en peso
SiO ₂	90 - 97
K ₂ O	0.6 - 2.5
Na ₂ O	0.6 - 1.8
CaO	0.1 1.9
MgO	0.2 1.5
Fe ₂ O ₃	0.3
P ₂ O ₅	0.1 1.1
SO ₃	0.1 - 1.1
Cl	0.1 - 0.4

Figura 13: Análisis químico de cascarilla de arroz

Fuente Villegas, C. (2012)

CARACTERISTICAS QUIMICAS DE LA CASCARA DE ARROZ

Chur, G. (2010), La cascarilla de arroz está constituida como un subproducto del proceso agroindustrial con aplicaciones reducidas, que en la práctica puede considerarse como un material de desecho por término medio, por cada tonelada de arroz se generan 200 kg de corteza o cascarilla.

La cascarilla está conformada por un tejido vegetal constituido por celulosa (40%) y sílice, presenta un alto contenido de dióxido de silicio (SiO_2), al fundirse con otros óxidos metálicos que genera diferentes variedades de vidrio y se utiliza en la fabricación de cementos y materiales cerámicos.

Entre los porcentajes más significativos de la cascarilla de arroz se encuentran las cenizas, tiene un elevado contenido de materia volátil en comparación con los carbones.

COMPOSICIÓN DE CASCARA DE ARROZ

Parámetros (%)	Tipo de arroz			
	Canadá	California, USA	China	Colombia
Material volátil	66.4	63.5	52.0	16.7
Carbono fijo	13.2	16.2	25.1	17.9
Ceniza	20.0	20.3	16.9	65.6
Total	100.0	100.0	100.0	100.0

Figura 14: **tipo de arroz**

Fuente Villegas, C. (2012)

El peso y volumen de la cascarilla de arroz generan elevados costos de almacenamiento y transporte para la industria, y por ser poco digestible su uso en la elaboración de alimentos concentrados para animales es restringido.

El contenido de humedad de la cáscara de arroz cuando sale del descascarador varía entre el 5% al 40% después de haber estado a la intemperie (en época no lluviosa por sus características químicas presenta un 10% de humedad).

Entre sus ventajas como material de construcción se pueden mencionar:

- Alto contenido de cenizas (materia sólida no combustible por kg del material \pm 20%).
- Elevado contenido de sílice de las cenizas (90%).
- Estructura física de la sílice (estructura alveolar de gran superficie específica).
- Disponibilidad a lo largo del año.
- Retención de humedad.
- Material liviano.
- Material abrasivo.

PRODUCTIVIDAD DE LA CASCARA DE ARROZ

A. NIVEL INTERNACIONAL

Ahora que las cosechas principales están por terminar en el hemisferio norte, la FAO prevé que **la producción mundial de arroz en 2016** alcanzará los 748,0 millones de toneladas (496,7 millones de toneladas de arroz elaborado), es decir, 1,8 millones de toneladas menos que lo indicado en el informe SMA de octubre. La revisión refleja principalmente el empeoramiento de las perspectivas de las cosechas en China (Continental), donde funcionarios indican que las condiciones excepcionalmente húmedas registradas este año mermaron la producción en una medida mayor que la prevista. Con los cultivos igualmente afectados por un tiempo inclemente, Ecuador y Viet Nam también deberían de obtener cosechas inferiores a las previstas anteriormente. En conjunto, las revisiones a la baja en estos países contrarrestaron con creces los demás ajustes al alza, los mayores de los cuales correspondieron a Bangladesh, Guinea, Malí y Nepal.



Figura 15: **PRODUCCION Y SUPERFICIE MUNDIALES DE ARROZ**

Fuente Villegas, C. (2012)

A NIVEL NACIONAL

La producción nacional de arroz alcanzará este año los 3 millones 147.200 toneladas (t), lo cual representaría un incremento de aproximadamente 0,6%, respecto a lo registrado el año pasado, informó el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

“Este aumento se explicaría por un avance de 0,3% en la superficie sembrada y en el rendimiento promedio nacional”, detalló.

Al respecto, resaltó que las regiones que reportaron un mayor incremento de áreas sembradas entre agosto 2015 y junio 2016, fueron San Martín (13,6%) y Loreto (8,2%).

Asimismo, detalló que los precios en chacra del arroz cáscara también mostraron cierta mejora entre enero y junio de este año, pasando de 1.11 soles el kilogramo a 1.21 soles, el precio más alto en los últimos 18 meses.

En 15 años. Asimismo, resaltó que la producción nacional de arroz creció a un ritmo anual de 3,1% entre los años 2001 y 2015, principalmente por el incremento de las áreas cosechadas (2%), donde los rendimientos mejoraron 1.1%.

A NIVEL REGIONAL

En este caso, las principales regiones que contribuyeron con este avance fueron San Martín (5,8%), Amazonas (5,8%), Piura (4,8%) y Arequipa (3,4%), con tasas de crecimiento significativas.

Sólo el año pasado, la superficie cosechada de arroz cáscara ascendió a 396.774 hectáreas (ha), la tasa más elevada dentro del grupo de cultivos transitorios, lo cual permitió una producción de 3,13 millones de toneladas (t).

El valor de producción de este cereal durante el año pasado alcanzó los dos millones 555.400 soles. Ello representó el 8.1% del Valor Bruto de Producción (VBP) agropecuario y 13.4% del VBP agrícola; siendo el cultivo más importante de la agricultura nacional.

Regiones. De acuerdo con el INEI, la principal región productora en 2015 fue San Martín con 21.6% de la producción nacional, le siguieron Piura (16,1%), Lambayeque (14,1%), Amazonas (11,2%) y La Libertad (11%). Luego se encuentran Arequipa (8,4%) y Cajamarca (6,4%).

Asimismo, precisó que la mayor productividad se logró en la región Arequipa, donde se obtuvo un promedio de 13 toneladas por ha. Luego figuran Ancash (11.8t/ha), La Libertad (10.6t/ha), Piura (8.7t/ha) y Tumbes (8.3t/ha). En todos estos casos, los rendimientos se ubicaron por encima del promedio nacional que ascendió a 7.9t/ha.

En la actualidad este cereal se siembra casi todo el año, con cierta concentración en el periodo agosto- marzo, en el que se acumula generalmente el 80% de siembras de la campaña agrícola nacional. (VILLEGAS ,2012)

MORFOLOGÍA DEL GRANO DE ARROZ.

Juliano (1994) El grano de arroz (arroz con cáscara) se compone de una cubierta protectora exterior, la cáscara además la cariósida o fruto del arroz (arroz integral o pardo, llamado también arroz descascarillado). El arroz integral o pardo se compone de las capas exteriores: pericarpio, tegumento o cubierta seminal y nucela; del germen o embrión; y del endospermo. Éste se compone de la capa de aleurona, consistiendo el endospermo propiamente dicho en la capa de subaleurona y en el endospermo amiláceo o interno. La capa de aleurona contiene al embrión. El pigmento de color pardo del arroz integral lo contiene el pericarpio que sería la capa más externa del grano

La capa de aleurona varia de 1 a 5 capas de celulares, más espesas en la parte dorsal que en la parte ventral, y más gruesa en los arroces de grano corto que los de grano largo. Las células de la aleurona y del embrión son ricas en compuestos proteínicos, que contienen fitatos, y compuestos grasos. Las células del endospermo son de pared delgada y están envueltas en amiloplastos que contienen gránulos de almidón compuesto. Las dos capas de las células más exteriores (las subaleuronas) abundan en proteínas y lípidos y tienen amiloplastos y gránulos de almidón compuesto más pequeño que el endospermo interior

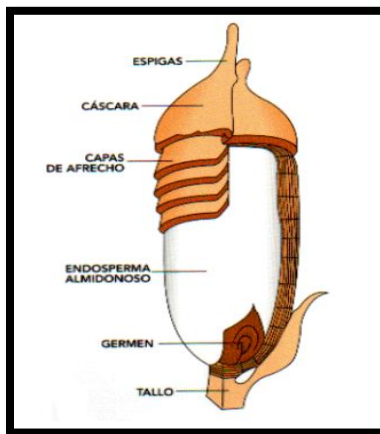


Figura 16: Morfología de la cascara de arroz

Fuente: Corporación arrocera nacional, 2006

ENSAYO DE JARRAS:

Según Andia (2000) la prueba del ensayo de jarras es la técnica más usualmente usada para determinar la dosis indicada de químicos y otros parámetros para la potabilización del agua, en ella se trata de simular los procesos de la coagulación, floculación y sedimentación a nivel de laboratorio.

Hay una gran variedad de equipos para las pruebas de jarras, pero en toda su versatilidad debe radicar en utilizar una serie de ensayos de jarras al mismo tiempo la posibilidad de variación de la velocidad de agitación (rpm) en este proceso influyen varios factores químicos e hidráulicos. Entre ellos tenemos:

- pH
- Temperatura
- Concentración de coagulante
- Secuencia de aplicación de las sustancias químicas
- Grado de agitación
- Tiempo de sedimentación

El pH tiene una función importante en el estudio de los fenómenos de coagulación, floculación, es así como una parte de la carga de las partículas coloidales que han absorbido iones OH- queda destruida por un aumento de la concentración de iones H₃O⁺ que ocasiona una disminución de la estabilidad de la suspensión coloidal.

Especialmente el pH debe quedar dentro de la zona que corresponde al mínimo de solubilidad de los iones metálicos del coagulante utilizado.

La temperatura del agua también influye grandemente en la efectividad de la coagulación y en la velocidad de formación del floculo. El tiempo de mezclado del coagulante en el agua a tratar será el necesario en la que el producto usado se difunda en la mayor rapidez posible.

Las condiciones de pruebas de jarras:

Por motivo al ensayo de jarras es solo una simulación del proceso eso es necesario mantener las condiciones operacionales que existe en el proceso como es el gradiente hidráulico y en el tiempo de la mezcla lenta y rápida, punto de aplicación de los reactivos, el orden y el tiempo de dosificación de los mismos.

A.- Mezcla rápida

El objetivo de la mezcla rápida es crear la turbulencia o movimiento necesario en el líquido contenido en la jarra para poner en contacto los reactivos con las partículas coloidales del agua, modo de neutralizar sus cargas, desestabilizarlas y hacer que se aglomeren en un corto periodo de tiempo. El tiempo de aplicación de la mezcla rápida depende de la clase del coagulante.

B.- Mezcla lenta

Generalmente el tiempo de mezcla no excede de 15 min. Un tiempo excesivo puede crear calentamiento de la muestra originando una floculación más eficiente, pero a su vez una pobre sedimentación, ya que ocurre la liberación de los gases disueltos en el agua formando burbujas que se adhieren a los floculos y los hacen flotar.

C.- Reposo (Sedimentación)

Durante este tiempo los coloides sedimentan por gravedad y se obtiene el agua clorificada.

CONCEPTUALIZACION Y OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

VARIABLE DEPENDIENTE:

- DEFINICIÓN CONCEPTUAL

Tabla 6: Variable Dependiente

➤ CANTIDAD DE ARSENICO

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	INDICADOR
Cantidad de arsénico de las aguas del Río Cabana	Es la cantidad de arsénico que contiene estas aguas superficiales	ml / litro

- DEFINICIÓN OPERACIONAL

La cantidad de arsénico de las aguas del Río Cabana; es el porcentaje de remoción que se puede extraer de estas aguas.

El arsénico es un elemento químico de la tabla periódica que pertenece al grupo de los metaloides, también conocido como semimetales, se le puede encontrar de diversas maneras, aunque raramente se encuentran en estado sólido. El arsénico inorgánico soluble es extremadamente muy toxico, dañino para el organismo humano.

VARIABLE INDEPENDIENTE:

- DEFINICIÓN CONCEPTUAL

Tabla 7: Variable Independiente

➤ **CASCARILLA DE ARROZ**

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	INDICADOR
Cascarilla de arroz	Es un material activado.	Gr.

- DEFINICIÓN OPERACIONAL

Las cenizas de cascara de arroz es un material de puzolana con origen industrial donde su puede usar como adición mineral al concreto. El uso de esta adición mineral activa en la industria del cemento y del concreto se viene desarrollando aceleradamente en la mayoría de las partes del mundo en razón de las regulaciones ambientales y la evolución del mercado y la normativa internacional. Lo bueno de incorporar esta adición genera el ahorro de energía no renovable, debido a que se utilizaría menos cemento y por consiguiente menor energía, apoyando a la protección y conservación del medio ambiente y su uso mejora las propiedades del cemento y la durabilidad del concreto.

La cascarilla de arroz es el recubrimiento del grano de arroz, su tamaño oscila entre los 5 y 11 mmm. Su apariencia superficial es irregular con un patrón de ranuras longitudinales (superficie dentada) que le confieren propiedades altamente abrasivas.

HIPOTESIS:

El dióxido de Silicio obtenida de la activación térmica de la cascara de arroz removería el arsénico de las aguas del Rio Cabana

OBJETIVOS:

A. OBJETIVO GENERAL:

- ✓ Determinar el nivel de remoción de arsénico de las aguas del Río Cabana usando cenizas de cascara de arroz.

B. OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- ❖ Activar térmicamente las cenizas de cascara de arroz
- ❖ Determinar los Óxidos de las cenizas de cascara de arroz, mediante el análisis de fluorescencia de rayos X.
- ❖ Determinar el pH antes del ensayo y después del ensayo de juego de jarras.
- ❖ Determinar el TDS antes del ensayo y después del ensayo de juego de jarras.
- ❖ Determinar la Conductividad antes del ensayo y después del ensayo de juego de jarras.
- ❖ Determinar la cantidad de arsénico que existe en las muestras del agua del Río Cabana antes y después de utilizar el ensayo de juego de jarras.
- ❖ Determinar y Comparar la dosis optima de remoción con el patrón antes y después del ensayo de juego de jarras.

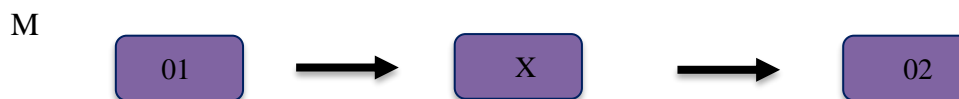
METODOLOGIA

TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACION

Tipo y Diseño:

- Tipo y nivel de investigación : Aplicada y Explicativa
- Diseño de investigación : Experimental
- Diseño experimental : Pre experimental con un grupo
Medido una vez antes 3 después.

Siendo el esquema del diseño de investigación el siguiente:



Donde:

M= muestra de agua

O1 = observación de arsénico antes de pasar el material compuesto

O2 = observación de arsénico después de pasar el material compuesto

X = aplicación del material cenizas de cascara de arroz

ENFOQUES DE LA INVESTIGACION:

Cuantitativo, porque utilicé la recolección de datos para probar nuestra hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones comportamiento y probar teorías, y a su vez estudiar las variables y sus indicadores objetivamente midiendo y registrando sus valores respuesta en los instrumentos de recolección de datos (guías de observación). Se empleó el método de la Observación porque se tomaron datos mediante una Guía de Observación.

POBLACION Y MUESTRA

✓ **Población**

Muestra de agua superficial (Rio Cabana) en estado natural.

• **MUESTRA**

Están constituidos por 6 unidades de un litro de agua cada uno.

3: Antes de pasar por el material compuesto (patrón)

3: Después de aplicar el material de las cenizas de cascara de arroz.

TÉCNICA E INSTRUMENTO DE INVESTIGACION

Tabla 8: Técnica e Instrumento de evaluación

TÉCNICA	INSTRUMENTO
Observación	Guía de observación - Fichas técnicas de las pruebas a aplicarse.
Antecedentes	- Reporte del análisis del agua.

PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.

El proceso se realizó con los programas Excel y SPSS. Para efectos de clasificar, procesar y resumir información que se ha obtenido a través de la técnica e instrumento de recolección aplicada, utilicé métodos estadísticos tanto en su fase descriptiva como en su fase inferencial.

Se elaboró tablas y gráficos estadísticos para analizar y visualizar el comportamiento de la variable estudiada como por ejemplo una gráfica de barras. Por otro lado, para efectos de mostrar y contrastar la hipótesis de trabajo planteada se usó la metodología estadística inferencial para la cual se utilizó de la aplicación prueba de hipótesis; en este caso se usó t-student para muestras relacionadas.

RESULTADOS

En esta parte vamos a proceder al tratamiento de datos y los resultados obtenidos son graficados para realizar el análisis respectivo.

ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL: Es una técnica de análisis térmico que mide las transiciones tanto endotérmicas como exotérmicas como función de la temperatura de la ceniza a utilizar. Se muestran en la figura N°08 y Figura N°09.

I- Curva de pérdida de masa - Análisis Termo gravimétrico.

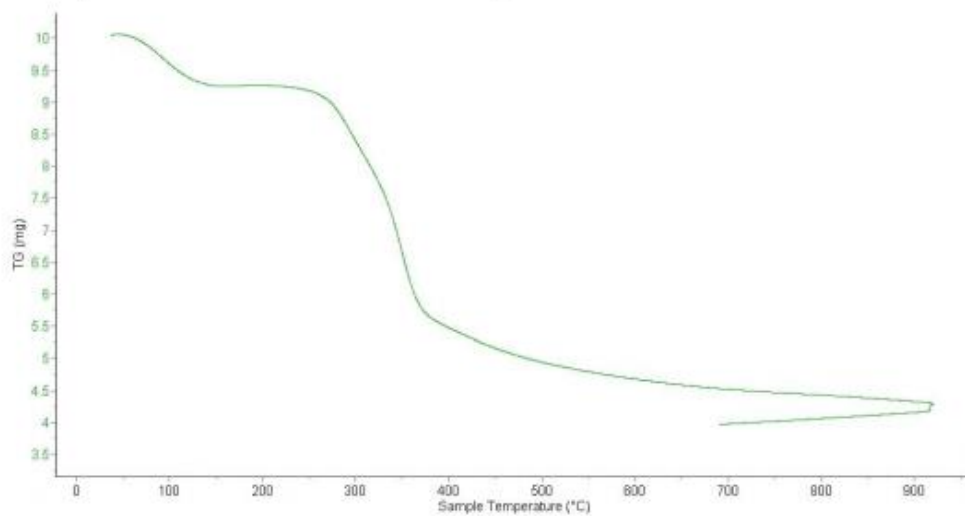


Figura 17: Curva de pérdida de masa - Análisis Termo gravimétrico

Fuente: realizado en el laboratorio de polímero de la Universidad Nacional de Trujillo.

II- Curva Calorimétrica DSC

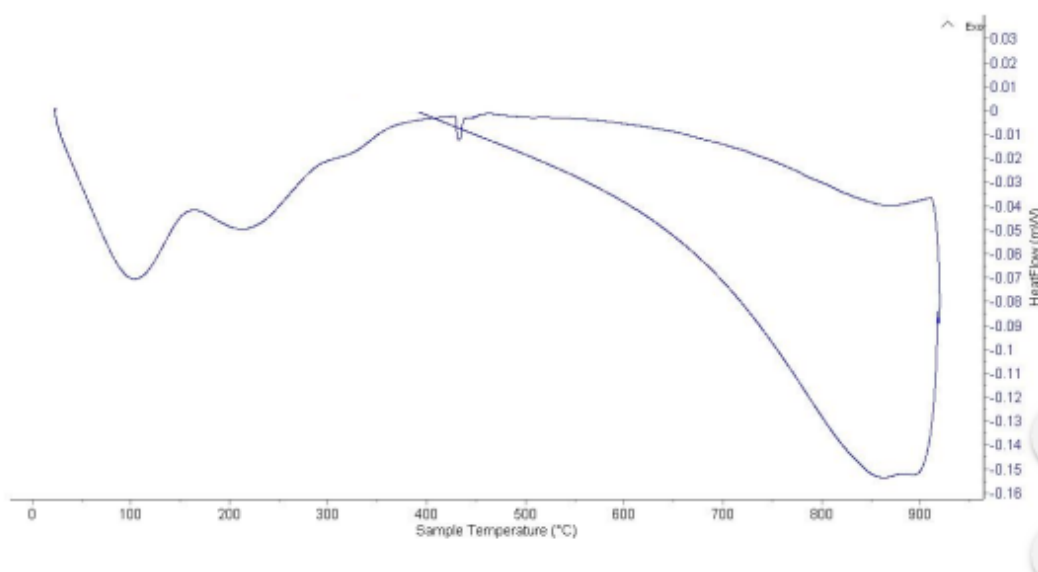


Figura 18: Curva calorimétrica

Fuente: DSC realizado en el laboratorio de polímero de la Universidad Nacional de Trujillo.

PARAMETROS FISICOQUIMICOS

Los parámetros fisicoquímicos definen las características del como es el agua que van a responder a los sentidos de la vista. el tacto, el gusto y el olfato como también pueden ser los sólidos disueltos, pH, color, sabor, olor, conductividad y en este caso el arsénico.

Tabla 9: Composición química de la cáscara de arroz

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADOS (%)	MÉTODO UTILIZADO
Silicio (SiO ₂).	93.48	<i>Espectrometría de Fluorescencia de rayos- X</i>
Óxido de Azufre (SO ₃).	0.575	
Cloro (ClO ₂).	0.584	
Potasio (K ₂ O).	4.302	
Cal libre (CaO).	0.765	
Titanio (TiO ₂).	0.015	
Manganeso (MnO).	0.129	
Hierro (Fe ₂ O ₃).	0.120	
Nitrato (Ni ₃ O ₄).	0.002	
Cobre (CuO).	0.008	
ZnO	0.011	
SrO	0.002	
ZrO ₂	0.005	

Fuente: Laboratorio de Archeometria de la San Marcos

**RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE ARSENICO
(MG AS/L); PH; SOLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/L); CONDUCTIVIDAD
(uS/cm);**

MUESTRA PATRON

Tabla 10 : Parámetros Fisicoquímicos de Muestra patrón del Rio Cabana

ENSAYOS	MUESTRA RIO CABANA
Ph	7.84
Solidos Totales disueltos (mg/L)	1292
Conductividad (uS/cm)	1963
Arsénico (mg/L)7.84	0.028

Fuente: Colecbi S.A.C. (Laboratorio Certificado).

**RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE ARSENICO
(MG AS/L); PH; SOLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/L); CONDUCTIVIDAD
(uS/cm);**

MUESTRA EXPERIMENTAL N° 1

Tabla 11 : Parámetros Físicoquímicos de Muestra Experimental 1.5 gr ceniza de cascarilla de arroz en agua del Rio Cabana

ENSAYOS	<u>MUESTRA</u>
	AGUA DE RIO CABANA CON CENIZAS DE CASCARILLA DE ARROZ (1.5 gr)
Ph	8.84
Solidos Totales disueltos (mg/L)	380
Conductividad (uS/cm)	584
Arsénico (mg/L)	0.020

Fuente: Colecbi S.A.C. (Laboratorio Certificado)

**RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE ARSENICO
(MG AS/L); PH; SOLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/L); CONDUCTIVIDAD
(uS/cm);**

MUESTRA EXPERIMENTAL N° 2

Tabla 12: Parámetros Fisicoquímicos de Muestra Experimental 2.0 gr ceniza de cascarilla de arroz en agua del Rio Cabana

ENSAYOS	<u>MUESTRA</u>
	AGUA DE RIO CABANA CON CENIZAS DE CASCARILLA DE ARROZ (2.0 gr)
Ph	9.56
Solidos Totales disueltos (mg/L)	2.60
Conductividad (uS/cm)	474
Arsenico (mg/l)	0.013

Fuente: Colecbi S.A.C. (Laboratorio Certificado)

**RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE ARSENICO
(MG AS/L); PH; SOLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/L); CONDUCTIVIDAD
(uS/cm);**

MUESTRA EXPERIMENTAL N° 3

Tabla 13: Parámetros Físicoquímicos de Muestra Experimental 2.5 gr ceniza de cascarilla de arroz en agua del Rio Cabana

ENSAYOS	<u>MUESTRA</u>
	AGUA DE RIO CABANA CON CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ (2.5 gr)
Ph	10.26
Solidos Totales disueltos (mg/L)	140
Conductividad (uS/cm)	332
Arsénico (mg/L)	0.007

Fuente: Colecbi S.A.C. (Laboratorio Certificado)

Tabla N° 14: Resultados del ensayo de pH del agua del río Cabana

MUESTRA	MATERIAL	DOSIS (g)CCA	ENSAYO (PH)
1	PATRON		7.84
2	EXPERIMENTAL 1	1.5	8.84
3	EXPERIMENTAL 2	2.0	9.56
4	EXPERIMENTAL 3	2.5	10.26

Fuente: Colecbi S.A.C. (Laboratorio Certificado)

Tabla N° 15: Resultados del ensayo de TDS del agua del río Cabana para una muestra de 1lt.

MUESTRA	MATERIAL	DOSIS (g)CCA	ENSAYO TDS	% REMOCION DE TDS
1	PATRON	1.5	1292	
2	EXPERIMENTAL 1	2.0	380	71
3	EXPERIMENTAL 2		260	80
4	EXPERIMENTAL 3	2.5	140	89

Fuente: Colecbi S.A.C. (Laboratorio Certificado)

Tabla N° 16: Resultados del ensayo de Conductividad del agua del Río Cabana para una muestra de 1lt.

MUESTRA	MATERIAL	DOSIS (g) CCA	ENSAYO CONDUCTI VIDAD	% REMOCION DE CONDUCTIVIDA D
1	PATRON		1963	
2	EXPERIMENTAL 1	1.5	584	70
3	EXPERIMENTAL 2	2.0	474	76
4	EXPERIMENTAL 3	2.5	332	83

Fuente: Colecbi S.A.C. (Laboratorio Certificado)

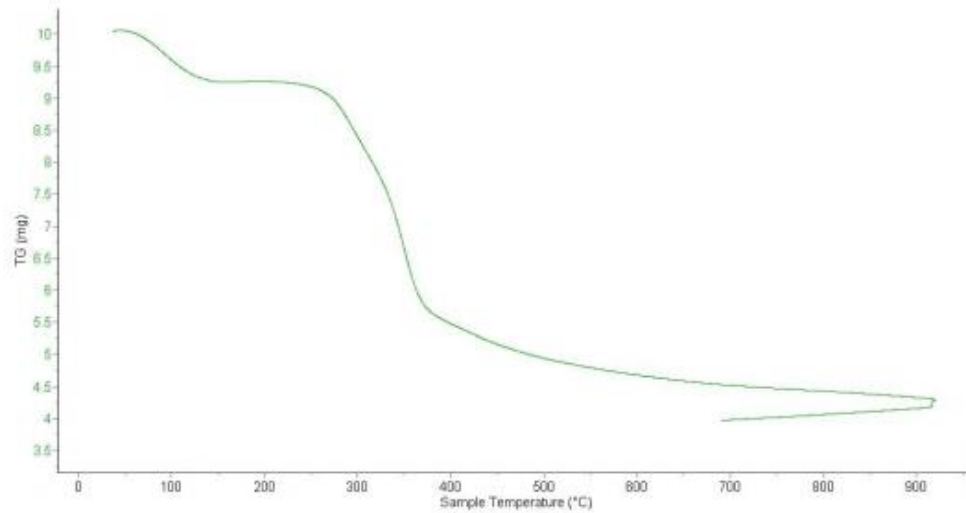
Tabla N° 17: Remoción del arsénico del agua del Río Cabana para una muestra de 1lt.

MUESTRA	MATERIAL	DOSIS (g)	Arsénico (mg/L)	% REMOCION DE ARSENICO
1	PATRON		0.028	
2	EXPERIMENTAL 1	1.5	0.020	29
3	EXPERIMENTAL 2	2.0	0.013	54
4	EXPERIMENTAL 3	2.5	0.007	75

Fuente: Colecbi S.A.C. (Laboratorio Certificado)

- El análisis térmico diferencial que nos brindó el laboratorio fue de 325°C, con un

I- Curva de pérdida de masa - Análisis Termo gravimétrico.



tiempo de residencia de 45 minutos, tomado de la revista

Figura 19: Curva de pérdida de masa

Fuente: Análisis Termo gravimétrico realizado en el laboratorio de polímero de la universidad nacional de Trujillo.

Interpretación:

Según el análisis Termo gravimétrico se muestra dos caídas de la masa, la primera se da en un rango entre 80 y 130°C y la segunda se da entre 270 y 350°C, posteriormente la caída es lenta, hasta llegar a perder un total de 55% de su masa inicial aproximadamente cuando se ha alcanzado su máxima temperatura de ensayo.

II- Curva Calorimétrica DSC

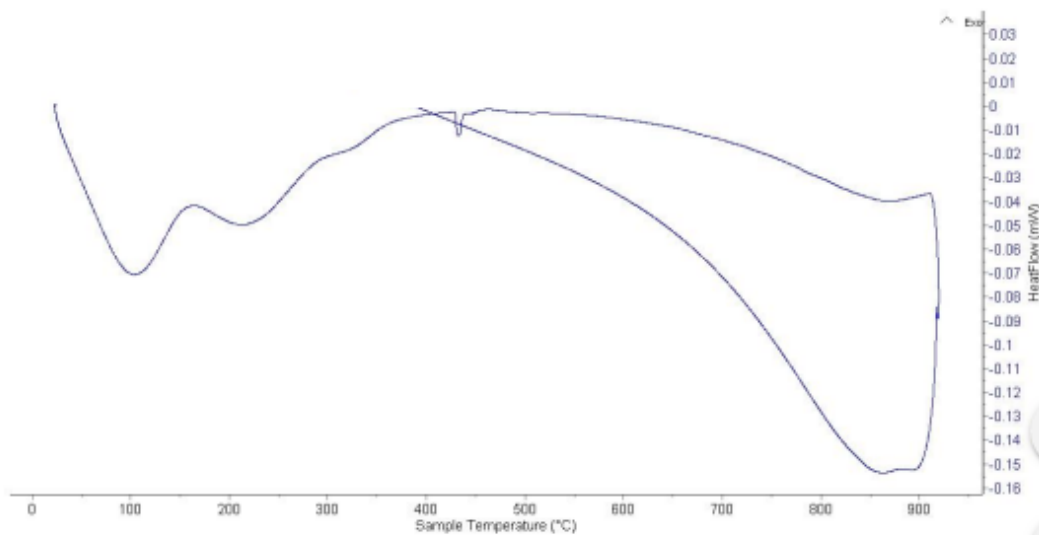


Figura 20: Curva calorimétrica

Fuente: DSC realizado en el laboratorio de polímero de la universidad nacional de Trujillo.

Interpretación:

De acuerdo al análisis calorimétrico, se puede mostrar picos endotérmicos en 100°C y 210°C y posteriormente, más adelante, se muestra un ligero pico de absorción térmica a 440°C que es una temperatura de cambio estructural y de las características del material.

➤ **Activación Térmica en la USP.**



Figura 21: Cenizas de cascara de arroz activadas a 325° por 45 minutos

Fuente: Universidad San Pedro

➤ En la tabla se muestra los resultados del análisis elemental de la ceniza de cascarilla de arroz en porcentajes en términos de óxido, el porcentaje más relevante fue 93.48% de Oxido de Silicio (SiO₂)

Tabla 18: Composición elemental de la ceniza de Cascara de arroz

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADOS (%)	MÉTODO UTILIZADO
Silicio (SiO ₂).	93.48	<i>Espectrometría de Fluorescencia de rayos- X</i>
Óxido de Azufre (SO ₃).	0.575	
Cloro (ClO ₂).	0.584	
Potasio (K ₂ O).	4.302	
Cal libre (CaO).	0.765	
Titanio (TiO ₂).	0.015	
Manganeso (MnO).	0.129	
Hierro (Fe ₂ O ₃).	0.120	
Nitrato (Ni ₃ O ₄).	0.002	
Cobre (CuO).	0.008	
ZnO	0.011	
SrO	0.002	
ZrO ₂	0.005	

Fuente: Laboratorio de Arqueometria de la San Marcos

 **Resultados del ensayo de pH de agua de Rio Cabana**

Tabla 19: Resultados del ensayo de pH de agua de Rio Cabana antes y después del ensayo de jarras.

MUESTRA	MATERIAL	DOSIS (g) CCA	ENSAYO PH
1	PATRON		7.84
2	EXPERIMENTAL 1	1.5	8.84
3	EXPERIMENTAL 2	2.0	9.56
4	EXPERIMENTAL 3	2.5	10.26

Fuente: Colecbi S.A.C. (Laboratorio Certificado)

Tabla 20: Resultado del ensayo de pH de la ceniza de cascara de arroz.

MUESTRA	ENSAYO PH
CENIZAS DE CASCARILLA DE ARROZ	11.18

Fuente: Colecbi S.A.C. (Laboratorio Certificado)

INTERPRETACION: Según los cuadros de la muestra patrón y la muestras experimental 1 del ensayo fisicoquímico se puede apreciar la cantidad de pH del agua del Rio Cabana lo cual está en los límites permitidos del ECA (6,5-8,5) y en la muestra experimental 2 y 3 se obtuvo cantidades ligeramente por encima de los límites permitidos del ECA , esto debido al pH. de la ceniza de cascarrilla de arroz (ver tabla 17.1) de 11.18 y al unir con el agua del

rio Cabana con un pH. de 7.84 se obtuvieron como resultados en los experimentales los siguientes pH (ver tabla 17), además con el proceso de adsorción se observó la concentración o acumulación de sustancias en la superficie del recipiente (de las jarras).

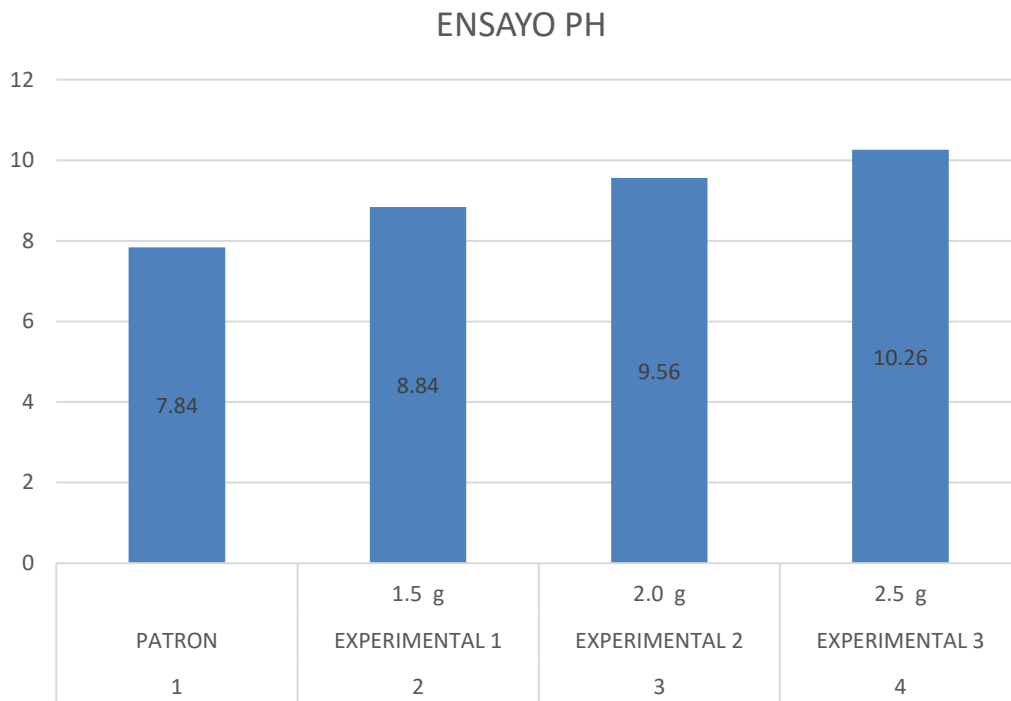


Figura 22.- Resultados del ensayo de pH de agua de Rio Cabana antes y después del ensayo de jarras.

 **Resultados del ensayo de Solidos Totales Disueltos de Rio Cabana**

Tabla 21: Resultados del ensayo de Solidos Totales Disueltos de Rio Cabana.

MUESTRA	MATERIAL	DOSIS (g) CCA	ENSAYO TDS	% REMOCION DE TDS
1	PATRON		1292	
2	EXPERIMENTAL 1	1.5 g	380	71 %
3	EXPERIMENTAL 2	2.0 g	260	80 %
4	EXPERIMENTAL 3	2.5 g	140	89 %

INTERPRETACION : Según el cuadro de la muestra patrón del ensayo fisicoquímico se puede apreciar la cantidad de solidos totales disueltos de agua del Río Cabana lo cual supera los límites máximos del ECA (<1000 mg/l), donde nos indica que cuando los niveles de TDS exceden a 1000 mg /L en general se considera no apta para el consumo humano y en función a nuestros resultados se deberá hacer un tratamiento previo antes de su uso ya que su contenido es alto y no es apto para el consumo humano.

En las muestras Experimentales M1 ;M2 y M3 se obtuvo cantidades que si cumple los límites permitidos del ECA. observamos que el TDS van disminuyendo su cantidad en función a la cantidad de dosis de CCA agregada **esto debido a la composición química que tiene las cenizas de cascarilla de arroz en su alto contenido de silicio y su alta porosidad iniciando el proceso de adsorción donde se observo la concentración o acumulación de sustancias en la superficie del recipiente (de las jarras) en una capa monomolecular.**

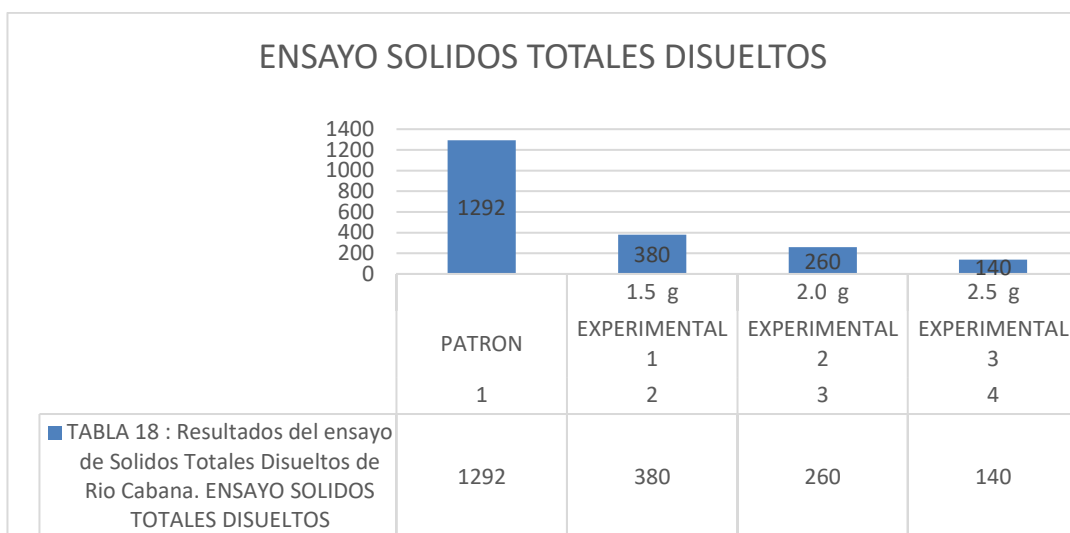


Figura 23 : Resultado del Ensayo de Solidos Totales Disueltos

✚ Resultados del ensayo de Conductividad de Rio Cabana

Tabla 22: Resultados del ensayo de Conductividad de Rio Cabana antes y después del ensayo de jarras

MUESTRA	MATERIAL	DOSIS (g) CCA	ENSAYO CONDUCTIVIDAD	% REMOCION DE CONDUCTIVIDAD
1	PATRON		1963	
2	EXPERIMENTAL 1	1.5 g	584	70 %
3	EXPERIMENTAL 2	2.0 g	474	76 %
4	EXPERIMENTAL 3	2.5 g	332	83 %

INTERPRETACION : Según el cuadro de la muestra patrón del ensayo fisicoquímico se puede apreciar la cantidad de Conductividad de agua del Río Cabana lo cual está por encima de los límites máximos del ECA (<1600 uS/cm), donde nos indica que cuando los niveles de Conductividad exceden a 1600 uS/cm en general se considera no apta para el consumo humano y en función a nuestros resultados se deberá hacer un tratamiento previo antes de su uso ya que su contenido es alto y no es apto para el consumo humano y en las muestras Experimentales M1 ; M2 ; M3 se obtuvo cantidades que si cumple los límites permitidos del ECA.

En las muestras Experimentales M1 ;M2 y M3 se obtuvo cantidades que si cumple los límites permitidos del ECA observamos que los niveles de conductividad van disminuyendo su cantidad en función a la cantidad de dosis de CCA agregada **esto debido a la composición química que tiene las cenizas de cascarilla de arroz en su alto contenido de silicio y a su alta porosidad iniciando el proceso de adsorción donde se observo la concentración o acumulación de sustancias en la superficie del recipiente (de las jarras) donde una sustancia se transporta desde una fase líquida a la superficie del sólido y queda atrapada por fuerzas físicas o químicas.**

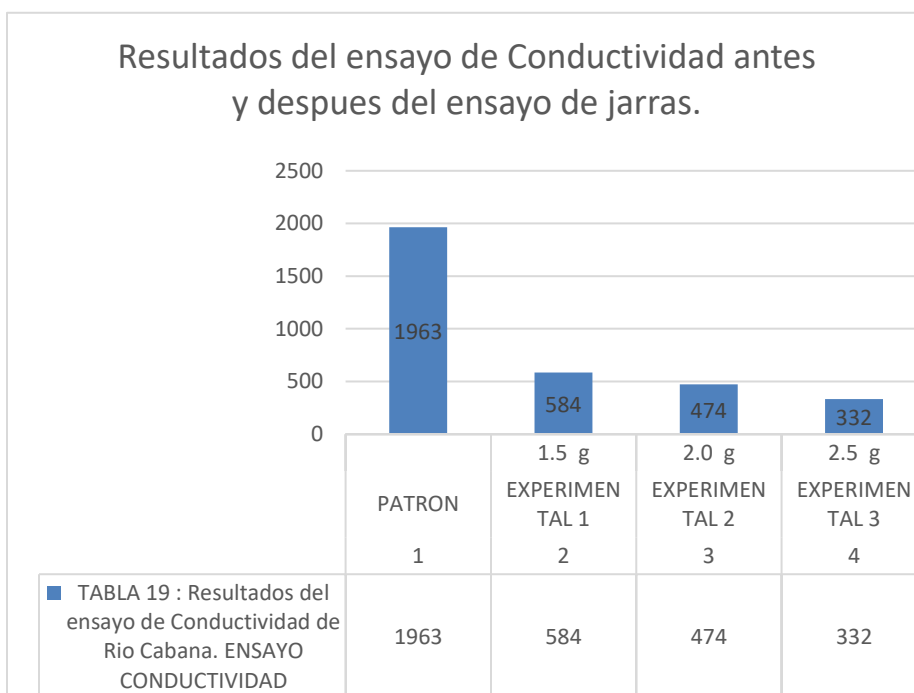


Figura 24: Resultado del Ensayo de Conductividad.

REMOCION DEL ARSENICO

TABLA 23 : Análisis del Arsénico del agua del Rio Cabana antes y después de jarras.

MUESTRA	MATERIAL	DOSIS (g)	Arsénico (mg/L)	% REMOCION DE ARSENICO
1	PATRON		0.028	
2	EXPERIMENTAL 1	1.5 g	0.020	29 %
3	EXPERIMENTAL 2	2.0 g	0.013	54%
4	EXPERIMENTAL 3	2.5 g	0.007	75%

INTERPRETACION : Según el cuadro de la muestra patrón y las muestras experimentales del ensayo fisicoquímico se puede apreciar la cantidad de Arsénico del agua del Río Cabana lo cual está en los límites máximos del ECA (<0.01 mg/L), donde nos indica que cuando las cantidades de Arsénico exceden a 0.01 mg/L en general se considera no apta para el consumo humano y en función a nuestros resultados se deberá hacer un tratamiento previo antes de su uso ya que su contenido es alto además no es apto para el consumo humano.

En las muestras Experimentales M1 ; M2;M3 observamos que la remoción de arsénico está en función a la cantidad de dosis de CCA agregada esto debido a la composición química que tiene las cenizas de cascarilla de arroz (alto contenido de silicio), es decir mientras más es la dosis de CCA mas será la Remoción de Arsénico.

➤ **La remoción se desarrolló bajo el posible mecanismo de adsorción física, sabiendo que las cenizas de cascara de arroz tiene como compuesto principal el dióxido de silicio con carga positiva y el agua del rio tiene arsénico con carga negativa, que al juntarse con las cenizas capturan el arsénico encontrado.**

Además con el proceso de adsorción se observo la concentración o acumulación de

substancias en la superficie del recipiente (de las jarras).

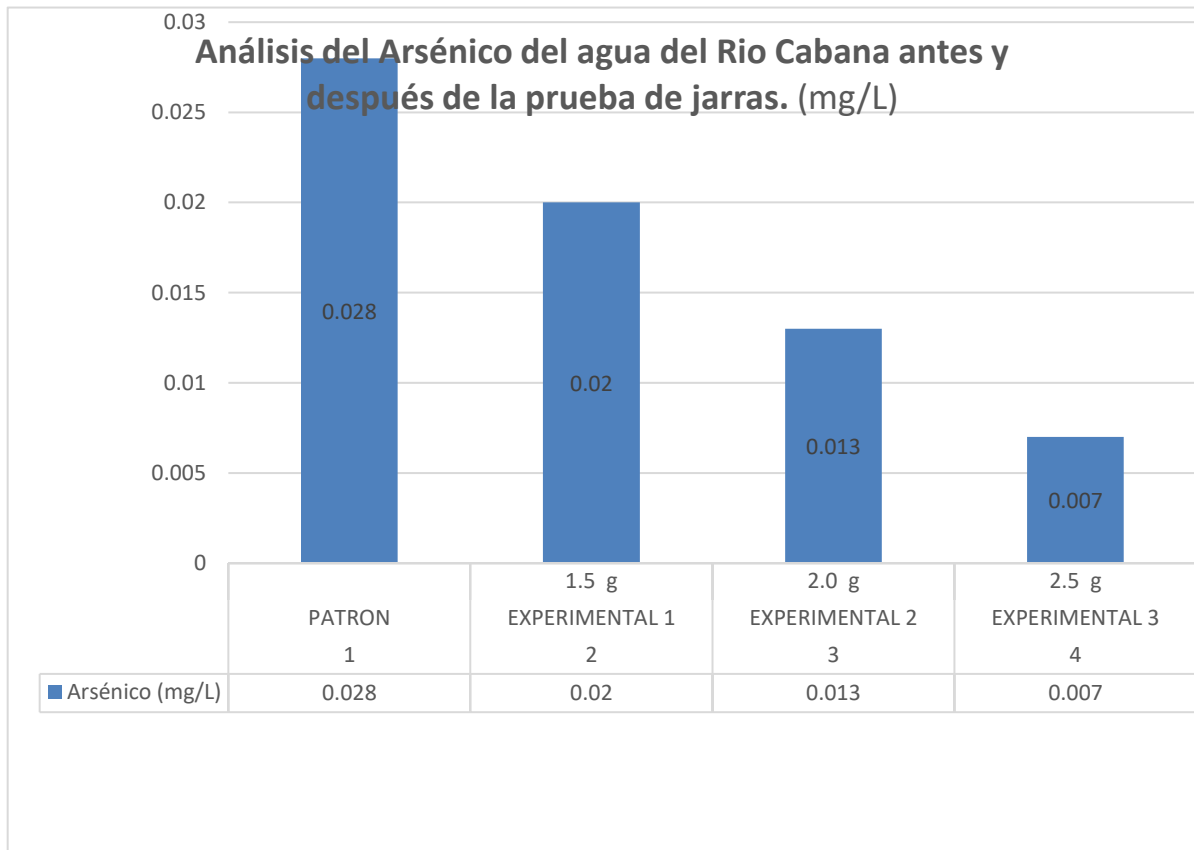


Figura 25 : Resultado del Ensayo de Remoción de Arsénico.

INTERPRETACIÓN: De los resultados obtenidos en la Prueba de metales por espectrometría de absorción atómica la cantidad de arsénico en el agua, podemos observar que en la muestra patrón (agua antes del tratamiento) la muestra M-P (0.028mg/L) presentan una alta concentración de Arsénico superando los límites permisibles del ECA. Asi mismo en la muestra Experimental (agua después del tratamiento) de las muestras M1, M2 del grupo experimental contiene un porcentaje de arsénico que esta sobre el limite permisibles ECA, por lo tanto no es apta para consumo humano y la muestra M3 (0.007) del grupo experimental presentan una baja concentración de Arsénico (remoción en 75 %) que esta dentro de los límites permisibles para ECA. Esto debido al tratamiento experimental que se utilizó en estas muestras para disminuir la cantidad de arsénico.

ANALISIS Y DISCUSION

❖ El análisis térmico diferencial que nos brindó el laboratorio fue de 325°C, con un tiempo de residencia de 45 minutos, tomado de la revista (Uso potencial de pellets para el tratamiento de aguas contaminadas con arsénico en comunidades de Xichú, México)

Según el análisis Termo gravimétrico se muestra dos caídas de la masa, la primera se da en un rango entre 80 y 130°C y la segunda se da entre 270 y 350°C, posteriormente la caída es lenta, hasta llegar a perder un total de 55% de su masa inicial aproximadamente cuando se ha alcanzado su máxima temperatura de ensayo.

❖ De acuerdo al análisis calorimétrico, se puede mostrar picos endotérmicos en 100°C y 210°C y posteriormente, más adelante, se muestra un ligero pico de absorción térmica a 440°C que es una temperatura de cambio estructural y de las características del material.

❖ En los resultados de Espectrometría de Fluorescencia de rayos X, se muestra los resultados del análisis elemental de la ceniza de cascarilla de arroz en porcentajes en términos de óxido, el porcentaje más relevante fue 93.48% de Oxido de Silicio (SiO₂)

❖ En los resultados que he obtenido del ensayo de pH de agua de Rio Cabana, Según los cuadros de la muestra patrón y la muestras experimental 1 del ensayo fisicoquímico se puede apreciar la cantidad de pH del agua del Rio Cabana lo cual está en los límites permitidos del ECA (6,5-8,5) y en la muestra experimental 2 y 3 se obtuvo cantidades ligeramente por encima de los límites permitidos del ECA , esto debido al pH. de la ceniza de cascarilla de arroz (ver tabla 17.1) de 11.18 y al unir con el agua del rio Cabana con un pH. de 7.84 se obtuvieron como resultados en los experimentales los siguientes pH (ver tabla 17), además con el proceso de adsorción se observo la concentración o acumulación de sustancias en la superficie del recipiente (de las jarras).

❖ En los Resultados del ensayo de Sólidos Totales Disueltos de Río Cabana Según el cuadro de la muestra patrón del ensayo físicoquímico podemos apreciar la cantidad de sólidos totales disueltos de agua del Río Cabana lo cual supera los límites máximos del ECA (<1000 mg/l), donde nos indica que cuando los niveles de TDS exceden a 1000 mg /L en general se considera no apta para el consumo humano y en función a nuestros resultados se deberá hacer un tratamiento previo antes de su uso ya que su contenido es alto además no es apto para el consumo humano.

En las muestras Experimentales M1 ;M2 y M3 se obtuvo cantidades que si cumple los límites permitidos del ECA. observamos que el TDS van disminuyendo su cantidad en función a la cantidad de dosis de CCA agregada **esto debido a la composición química que tiene las cenizas de cascarilla de arroz en su alto contenido de silicio y su alta porosidad iniciando el proceso de adsorción donde se observo la concentración o acumulación de sustancias en la superficie del recipiente (de las jarras) en una capa monomolecular.**

❖ Resultados del ensayo de Conductividad de Río Cabana, Según el cuadro de la muestra patrón del ensayo físicoquímico se puede apreciar la cantidad de Conductividad de agua del Río Cabana lo cual está por encima de los límites máximos del ECA (<1600 uS/cm), donde nos indica que cuando los niveles de Conductividad exceden a 1600 uS/cm en general se considera no apta para el consumo humano y en función a nuestros resultados se deberá hacer un tratamiento previo antes de su uso ya que su contenido es alto además no es apto para el consumo humano y en las muestras Experimentales M1 ; M2 ; M3 se obtuvo cantidades que si cumple los límites permitidos del ECA.

En las muestras Experimentales M1 ;M2 y M3 se obtuvo cantidades que si cumple los límites permitidos del ECA observamos que los niveles de conductividad van disminuyendo su cantidad en función a la cantidad de dosis de CCA agregada esto debido a la composición química que tiene las cenizas de cascarilla de arroz en su alto contenido de silicio y a su alta porosidad iniciando el proceso de adsorción donde se observo la concentración o acumulación de sustancias en la superficie del recipiente (de las jarras) en la que una sustancia es transportada desde la fase líquida a la superficie de un sólido y quedan atrapadas por fuerzas físicas o químicas.

- ❖ En los resultados de la remoción del Arsénico en la muestra patrón y las muestras experimentales del ensayo fisicoquímico se puede apreciar la cantidad de Arsénico del agua del Río Cabana lo cual está en los límites máximos del ECA (<0.01 mg/L), donde nos indica que cuando las cantidades o porciones de Arsénico exceden a 0.01 mg/L en general se considera no apta para el consumo humano y en función a nuestros resultados se deberá hacer un tratamiento previo antes de su uso ya que su contenido es alto y no es apto para el consumo humano.
- ❖ En las muestras Experimentales M1; M2; M3 observamos que la remoción de arsénico está en función a la cantidad de dosis de CCA agregada esto debido a la composición química que tiene las cenizas de cascarilla de arroz (alto contenido de silicio), es decir mientras más es la dosis de CCA mas será la Remoción de Arsénico.
- ❖ La remoción se produce bajo el posible mecanismo de adsorción física, sabiendo que las cenizas de cascara de arroz tiene como compuesto principal el dióxido de silicio con carga positiva y el agua del rio tiene arsénico con carga negativa, que al juntarse con las cenizas capturan el arsénico encontrado.

Además, con el proceso de adsorción se observo la concentración o acumulación de sustancias en la superficie del recipiente (de las jarras).

- ❖ De los resultados obtenidos en la Prueba de metales por espectrometría de absorción atómica la cantidad de arsénico en el agua, podemos observar que en la muestra patrón (agua antes del tratamiento) la muestra M-P (0.028 mg/L) presentan una alta concentración de Arsénico superando los límites permisibles del ECA. Así mismo en la muestra Experimental (agua después del tratamiento) de las muestras M1, M2 del grupo experimental contiene un porcentaje de arsénico que esta sobre el limite permisibles ECA, por lo tanto, no es apta para consumo humano y la muestra M3 (0.007) del grupo experimental presentan una baja concentración de Arsénico (remoción en 75 %) que se encuentran dentro de los límites permisibles para ECA. Esto debido al tratamiento experimental que se utilizó en estas muestras para disminuir la cantidad de arsénico.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Se logró activar térmicamente las cenizas de cascara de arroz a una temperatura de 325°C por 45 minutos bajo un exhaustivo cuidado, ya que en Análisis Termo gravimétrico realizado en el laboratorio de polímero de la Universidad Nacional de Trujillo nos da un rango de la temperatura de calcinación para así obtener un compuesto uniforme y sólido al entrar en contacto con el agua.
- La composición química de las cenizas de la cascara de arroz muestra que el porcentaje más relevante fue de 93.48 % de Dióxido de silicio (SiO_2) es decir nuestro proceso de pre calcinación y posterior activación térmica nos ha permitido obtener un material con alto porcentaje de Dióxido de Silicio.
- La cantidad de pH para la muestra patrón (pH =7.84) y la muestras experimental 1 (pH=7.08), muestra experimental 2 (pH =6.81), muestra experimental 3 (pH=6.60) del ensayo fisicoquímico se puede apreciar la cantidad de pH del agua del Rio Cabana lo cual está en los límites permitidos del ECA (6,5-8,5) y en la muestra experimental 1,2,y 3 se obtuvo cantidades dentro de los límites permitidos del ECA, esto debido al pH. de la ceniza de cascarilla de arroz (ver tabla 17.1) de 11.18 y al unir con el agua del rio Cabana con un pH. de 7.84 se obtuvieron como resultados en los experimentales los siguientes pH (ver tabla 17), además con el proceso de adsorción se observo la concentración o acumulación de sustancias en la superficie del recipiente (de las jarras).
- La cantidad de TDS para la muestra patrón (TDS = 1292) del ensayo fisicoquímico se puede observar la cantidad de solidos totales disueltos de agua del Río Cabana lo cual supera los límites máximos del ECA (<1000 mg/l),donde nos indica que cuando los niveles de TDS exceden a 1000 mg /L en general se considera no apta para el consumo humano y los resultados de las muestras experimentales M1 ;M2 y M3 se obtuvo cantidades que si cumple los límites permitidos del ECA ,esto debido a que con el proceso de adsorción se observo la concentración o acumulación de sustancias en la superficie del recipiente (de las jarras).

- La cantidad de Conductividad para la muestra patrón del ensayo fisicoquímico se puede apreciar la cantidad de Conductividad de agua del Río Cabana (1963 uS/cm) lo cual está sobre los límites máximos del ECA (<1600 uS/cm), donde nos indica que cuando los niveles de Conductividad exceden a 1600 uS/cm en general se considera no apta para el consumo humano y en función a nuestros resultados se deberá hacer un tratamiento previo antes de su uso ya que su contenido es alto y no es apto para el consumo humano y en las muestras Experimentales experimentales M1 ;M2 y M3 se obtuvo cantidades que si cumple los límites permitidos del ECA, esto debido a la composición química que tiene las cenizas de cascarilla de arroz en su alto contenido de silicio y a su alta porosidad iniciando el proceso de adsorción donde se observo la concentración o acumulación de sustancias en la superficie del recipiente (de las jarras) dado que la sustancia es transportada desde la fase líquida a la superficie de un sólido y queda atrapada por fuerzas físicas o químicas.
- La cantidad de arsénico en el agua, podemos observar que en la muestra patrón (agua antes del tratamiento) la muestra M-P (0.028mg/L) presentan una alta concentración de Arsénico superando los límites permisibles del ECA. Así mismo en la muestra Experimental (agua después del tratamiento) de las muestras M1, M2 del grupo experimental contiene un porcentaje de arsénico que esta sobre el limite permisibles ECA, por lo tanto no es apta para consumo humano y la muestra M3 (0.007) del grupo experimental presentan una baja concentración de Arsénico (75 % de remoción) que se encuentran dentro de los límites permisibles para ECA. Esto debido al tratamiento experimental que se utilizó en estas muestras para disminuir la cantidad de arsénico.
- La remoción se produce bajo el posible mecanismo de adsorción física, sabiendo que las cenizas de cascara de arroz tiene como compuesto principal el dióxido de silicio con carga positiva y el agua del rio tiene arsénico con carga negativa, que al juntarse con las cenizas capturan el arsénico encontrado.

Además con el proceso de adsorción se observo la concentración o acumulación de sustancias en la superficie del recipiente (de las jarras).

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda utilizar el método de juego de jaras para la remoción de arsénico, pero a un tiempo de 100*6rpm (brusco) y 50*20rpm (lento) con un tiempo de reposo de 30 minutos.
2. Se recomienda utilizar dosis más altas en cascarilla de arroz, donde se removerá más porcentaje de arsénico así alcance los límites permisibles del ECA.
3. Se recomienda activar la ceniza de la cascarilla de arroz a una mayor temperatura y comprobar si se obtiene mejores resultados en la remoción de arsénico disuelto en el agua.

AGRADECIMIENTO

A nuestros docentes del curso de titulación, por la orientación y ayuda que nos brindaron para la realización de esta tesis, por su apoyo y amistad que nos permitieron aprender mucho más que lo estudiado en el proyecto.

A mi madre Teresa Ramírez Serrano, *por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien*, a mi padre, esposo por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar y a mis hijos que son mi adoración.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Asif, Z. & Chen, Z. (2015). Removal of arsenic from drinking water using rice husk. Springer.
- Borano, T. & Boonchai, W. (2015) “La modificación de materiales naturales comunes como adsorbentes de bajo costo para la adsorción de arsénico”. Revista Internacional de Ciencias del Medio Ambiente y Desarrollo
- Blum, P. (2013) Ingeniería de Tratamiento de Aguas Residuales. Mecanismos depurativos típicos en tratamientos de Fito depuración.
- Bravo, N. (2004), “Utilización de adsorbentes para la eliminación de contaminantes en aguas y efluentes líquidos”. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales-Argentina.
- Carja, G. (2011) “La aplicación de adsorbentes de bajo costo para la eliminación de arsénico”. Departamento de Ingeniería Química-Rumania.
- Chur, G. (2010), “Cascarilla de arroz: Propiedades y Usos” Universidad Complutense (Madrid).
- Flanagan, S. & Johnston R. (2012). Arsenic in tube well water in Bangladesh: health and economic impacts and implications for arsenic mitigation. Organización Mundial de Salud
- Suyón, X. (2017) Remoción de arsénico del agua superficial dulce del Río Tablachaca utilizando cenizas de cascara de arroz. Universidad San Pedro de Chimbote, Perú.
- Villanueva, R. (2012) “Adaptación de la Gestión de los Recursos Hídricos en la cuenca del Río Santa ante la incidencia del Cambio Climático” de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN SUR).

ANEXOS

AVANCE METODOLOGICO



Figura N° 26 : Limpieza de la cascarilla de arroz



Figura 27: Limpieza de la cascarilla de arroz



Figura 28 : calcinación artesanal



Figura 29: calcinación artesanal

DATOS DE LA ZONA:

- **Ubicación** : Río Cabana
- **Provincia** : Pallasca
- **Departamento** : Áncash
- **Coordenadas:**
ESTE: 815671.00 E
NORTE: 9073945.00 S

- **Elevación:** 1276 m.s.n.m.



Figura 30: Ubicación de la zona en donde se muestrea el agua.

- Las muestras de agua fueron extraídas del Río Cabana.
- Se almacenaron en tres galones de PVC de 4 litros c/u. para su posterior utilización
- El traslado de la muestra fue en un culer cubierto con bolsas de hielo en gel.



Figura 31 : ubicación in situ según coordenadas del ANA.



Figura 32: Extracción de las muestras de agua del rio Cabana



Figura 33: Extracción de las muestras de agua del rio Cabana



Figura 34: extracción de las muestras de agua del rio Cabana

ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL (ATD)



Figura 35: En la UNT; en el ensayo de ATD.



Figura 36: En la UNT; en el ensayo de ATD.

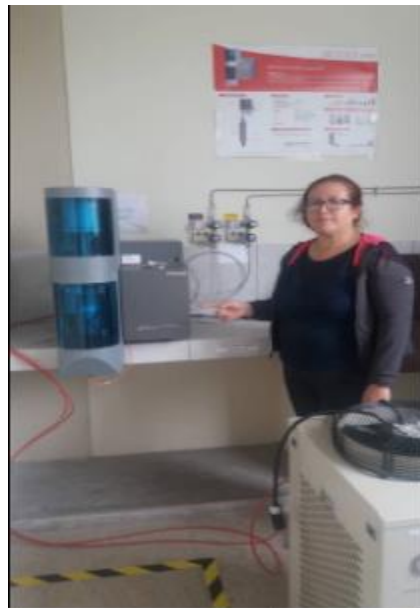


Figura 37: Ensayo de ATD.

ACTIVACION TERMICA



Figura 38: Activación térmica de la muestra a unos 325° C por 45 minutos.

➤ ENSAYO DE JARRAS:

**REALIZANDO EL ENSAYO DE JUEGO DE JARRAS EN EL
LABORATORIO DE QUIMICA DE LA UNIVERSIDAD SAN PEDRO CON LAS
MUESTRAS DE AGUA DEL RIO CABANA**

- ✓ **Fecha:** 27-06-2018
 - ✓ **Las muestras de agua extraídas fueron colocadas en 3 jarras de 500ml.**
- Se agregó 1.5 gr de ceniza de cascarilla de arroz (Jarra A)
- Se agregó 2,0 gr de ceniza de cascarilla de arroz (Jarra B)
- Se agregó 2.5 gr de ceniza de cascarilla de arroz (Jarra C)

- ✓ El tiempo de contacto de las muestras de agua con el material compuesto fue:
 - 1° tiempo: 100*3 rpm (brusco)
 - 2° tiempo: 50*15 rpm (lento)
- ✓ El tiempo de reposo fue de 15 minutos.



Figura 39: Pesando 2,5 gr de ceniza de cascarilla de arroz para la prueba de jarras



Figura 40: Pesando 1,5 gr de ceniza de cascarilla de arroz para la prueba de jarras



Figura 41: Pesando 2,0 gr de ceniza de cascarilla de arroz para la prueba de jarras



Figura 42-43 : presentación de las dosis experimentales



Figura 44: Con el apoyo del asesor agregamos la ceniza de cascarilla de arroz



**Figura 45
: Presentamos las dosis en gramos de las cenizas de cascarilla de arroz**



Figura 46-47: Las muestras de agua que serán colocadas al equipo de juego de jarras junto al asesor y al técnico de laboratorio.

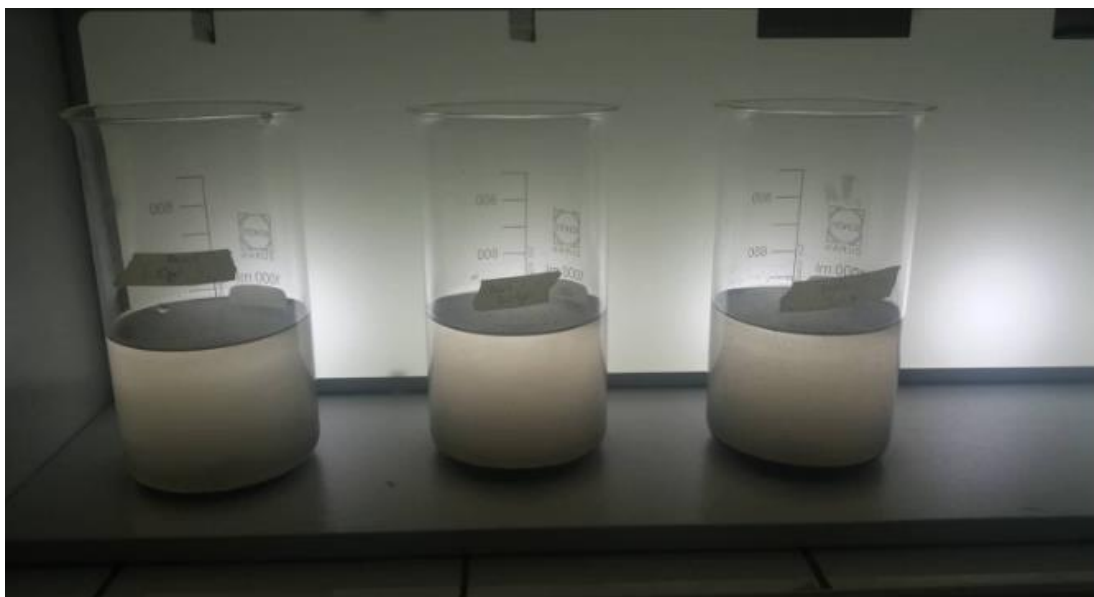


Figura 48: Presentación de las muestras en el equipo de juego de jarras.



Figura 49: Extrayendo el agua después del ensayo de jarras para llevar al laboratorio certificado



Figura 50: Extrayendo el agua después del ensayo de jarras para llevar al laboratorio certificado



Figura 51: Laboratorio certificado COLECBI S.A.C. donde se realizó los exámenes para los parámetros fisicoquímicos.

INFORMES DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS
CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES

“COLECBI” S.A.C.

REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE

INFORME DE ENSAYO N° 20170522-011

PÁG. 1 DE 1

SOLICITADO POR	ROSA VASQUEZ RAMIREZ
DIRECCIÓN	Miraflores Bajos - Leoncio Prado 1821 Chimboce
PRODUCTO DECLARADO	ABAJO INDICADOS
CANTIDAD DE MUESTRA	54 muestras
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA	En bolsa de polietileno cerrada
FECHA DE RECEPCIÓN	2017-05-22
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO	2017-05-22
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO	2017-05-23
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	En buen estado
ENSAYOS REALIZADOS EN	Laboratorio de Físico Químico
CÓDIGO COLECBI	SS 170522-18

RESULTADOS

MUESTRA	ENSAYOS
	pH
Ceniza de Caecora de Arroz 10g	11.18

METODOLOGÍA EMPLEADA


pH : Potenciométrico.

NOTA:

- Este informe de ensayo emite en base a resultados realizados por COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o bajo cualquier otro sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Nuevo Chimbote, Mayo 23 del 2017.

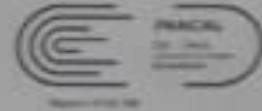
DVY/jwr


Genia M. Vargas Yápez
Jefe de Laboratorio
Físico Químico
COLECBI S.A.C.

LC/AM/ARE
Rev. 04
Fecha 2015-11-30

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME
SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 - 1 Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752
Nextel: 839*2193 - RPA # 902995 - Apartado 127
e-mail: colecol@speedy.com.pe / med.ambiente_colecbi@speedy.com.pe
Web: www.colecbi.com



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 2018IN7-007

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR	ROSA TERESA VASQUEZ RAMIREZ
DIRECCIÓN	Protección Leona Prado 1821 Miraflores - San Cristóbal
PROYECTO DECLARADO	AGUA NATURAL SUPERFICIAL (AGUA DE RIO)
CANTIDAD DE MUESTRA	04 Muestras
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA	Frasco de plástico con tapa
FECHA DE RECEPCIÓN	2018-05-23
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO	2018-05-27
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO	2018-07-01
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	En buen estado. Refrigerada
ENSAYOS REALIZADOS EN	Laboratorio Falso Químico
CÓDIGO COLECI	SE 10042-2

SUMARIO

ENSAYOS	MUESTRA
	Río Cabana
pH	7.34
Sólidos Totales Disueltos (mg/L)	1.282
Conductividad (µS/cm)	1.902
(*) Aniones (mg/L)	0.000

METODOLOGÍA EMPLEADA

pH - SAE/ISO 4714:2002/ISO 4714:2002 Part 4550-44 - 8.22nd Ed. 2012 pH Value, Determination Method.
 Conductividad - SAE/ISO 4714:2002/ISO 4714:2002 Part 2510-9 - 2014 Ed. 2011 Conductivity, Laboratory Method.
 Sólidos Totales Disueltos - SAE/ISO 4714:2002/ISO 4714:2002 Part 2540 C - 2014 Ed. 2012 Solids, Total Dissolved Solids, Dried at 180°C.
 Aniones - EPA 256.0

NOTAS

- Este informe de ensayo es válido e intransferible solamente para COLECI S.A.C., sobre muestras ingresadas por el solicitante.
- Este laboratorio de ensayos no tiene por objeto una certificación de conformidad con normas de productos o con el certificado de calidad de la entidad que lo produce.
- Este informe es válido e intransferible por ser la muestra. Prohibida su reventa.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Julio del 2018.
 DVM/ym

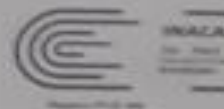
A. Gustavo Vasquez Ramirez
 Gerente de Operaciones
 C.E. VASQUEZ RAMIREZ
 COLECI S.A.C.

COLECI S.A.C.
 No. 04
 Pucallpa 07111-01

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO OFICIAL DE UN LABORATORIO ACREDITADO
 SEGUN EL REGISTRO N° LE 046 DE INACAL

COLECI S.A.C.

Urb. Buenos Aires N° A - L1 7 - Eléazar - Nuevo Chimbote - Telfax: 043-010752
 Móvil: 839-2093 - RPM: 8 002995 - Apartado 127
 e-mail: coleccion@speedy.com.pe; medic@70-entel.com.pe; coleccion@speedy.com.pe



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20180627-016

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR	ROSA TERESA VASQUEZ RIVERA
DIRECCIÓN	Protección Litoral Prado 1821 Miraflores Bajo Chimbote
PRODUCTO DECLARADO	AGUA NATURAL SUPERFICIAL, (AGUA DE RÍO)
CANTIDAD DE MUESTRA	04 muestras.
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA	Frasco de plástico con tapa
FECHA DE RECEPCIÓN	2018-06-27
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO	2018-06-27
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO	2018-07-03
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	En buen estado. Refrigerada.
ENSAYOS REALIZADOS EN	Laboratorio Físico Químico
CÓDIGO COLECB	SS 180627-02

RESULTADOS

ENSAYO	MUESTRA
	Agua del Río Cahuasa con Centro de Coarctación de Arena (1 kg)
(*) pH	5,34
Sólidos Totales Disueltos (mg/L)	380
Conductividad (µS/cm)	504
(*) Anéxico (mg/L)	0,000

MÉTODOS Y/OA EMPLEADOS

pH : SMC/WW/AFHA/WWA-WET Part 4500-H+ B, 22nd Ed. 2012. pH Value. Colorimetric Method.
 Conductividad : SMC/WW/AFHA/WWA-WET Part 2510 G, 23rd Ed. 2017. Conductivity. Laboratory Method.
 Sólidos Totales Disueltos : SMC/WW/AFHA/WWA-WET Part 2540 C, 23rd Ed. 2012. Solids, Total Dissolved Solids. Direct at 180°C.
 Anéxico : EPA 200.8

NOTA

- Informe de ensayo emitido en base a resultados realizados por COLECBI S.A.C., sobre muestras ingresadas en el laboratorio.
- Estos resultados de ensayo, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto a menos que el sistema de control de la entidad que lo produce.
- No afecta el proceso de denuncia por ser la muestra Prueba Perseón.

Fecha de Emisión: Huancabamba, Julio 04 del 2018.

GUSTAVO

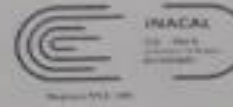
A. Gustavo Vasquez Rivera
 Gerente de Laboratorio
 C.B. 307
 COLECBI S.A.C.

LE 046-000
 2018-06-27
 Físico Químico

PROCESO DE ACREDITACIÓN N° 0001-2018-01-000001
 LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO DE COLECBI S.A.C.

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires N° A - Lt. 7 - Etapa - Huancabamba - Tarma 363-010750
 Huancabamba 3302850 - RPN 4 302295 - Apartado 02
 e-mail: colecbi@comedy.com.pe; info@comedy.com.pe; colecbi@comedy.com.pe



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20180627-019

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR:	ROSA TERESA VANGUEZ RAMIREZ
DIRECCIÓN:	Hydrogación Leoncio Prado 1621 Miraflores Bajo Chimbote
PRODUCTO DECLARADO:	AGUA NATURAL SUPERFICIAL (AGUA DE PIEDRA)
CANTIDAD DE MUESTRA:	04 muestras
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA:	Frasco de plástico con tapa
FECHA DE RECEPCIÓN:	2018-06-27
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO:	2018-06-27
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO:	2018-07-03
CONDICIÓN DE LA MUESTRA:	En buen estado. Refrigerada
ENSAYOS REALIZADOS EN:	Laboratorio Falso Chimbote
CÓDIGO COLECHI:	SS 180627-12

RESULTADOS

ENSAYOS	MUESTRA
	Agua del Río Carama con Centro de Cascadas de Arroyo Largo
pH	6.98
Sólidos Totales Disueltos (mg/L)	269
Conductividad (µmhos/cm)	474
(*) Aniónico (mg/L)	0.012

METODOLOGÍA EMPLEADA

pH : SMO-WW-APHA-WWA-WRF Part 4520-H-0, 22nd Ed. 2012. pH Value. Electrodeic method
 Conductividad : SMO-WW-APHA-WWA-WRF Part 2570 B, 23rd Ed. 2017. Conductivity. Laboratory Method.
 Sólidos Totales Disueltos : SMO-WW-APHA-WWA-WRF Part 2540 C, 22nd Ed. 2012. Solids, Total Dissolved Solids On-Filter at 180°C
 Aniónico : EPA 230-B

NOTA:

- Este informe de ensayo emite en base a resultados realizados por COLECHI S.A.C. sobre muestras ingresadas por el solicitante
- Este resultado de ensayo, en sí mismo, no constituye una certificación de conformidad con normas de producción o calidad verificadas del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- No afecta al proceso de Dirección por ser la muestra Producto Frecuente

Fecha de Emisión : Nueva Chimbote Julio 04 de 2018

GVR/psr



LC-014-001
Rev. 04
Fecha: 2017-11-01

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20180627-019

COLECHI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A-1-7 | Etapa - Nuevo Chimbote - | Telefax: 043-010750
 Móvil: 910-2253 - RPN: 8 902995 - Apartado 127
 e-mail: coleda@tpa.edu.com.pe | medicombente_colechi@tpa.edu.com.pe



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 046



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20180627-024

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR	ROSA TERESA VASQUEZ RAMIREZ
DIRECCIÓN	Protección Lomas Prado 1521 Miraflores Papo Chiriqui
PRODUCTO DECLARADO	AGUA NATURAL SUPERFICIAL (AGUA DE RÍO)
CANTIDAD DE MUESTRA	04 muestras
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA	Frasco de plástico con tapa
FECHA DE RECEPCIÓN	2018-06-27
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO	2018-06-27
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO	2018-07-01
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	En buen estado, Refrigerada
ENSAYOS REALIZADOS EN	Laboratorio Físico Químico
CÓDIGO COLECHI	SS 180627-02

RESULTADOS

ENSAYOS	MUESTRA
	Agua del Río Cabana con Carga de Coliformes de Agua (2 kg)
(*) pH	7.26
Sólidos Totales Disueltos (mg/L)	140
Conductividad (µS/cm)	327
(**) Amovibles (mg/L)	0.007

METODOLOGIA EMPLEADA

pH : SMO/WW-APHA-AWWA-WEF Part 405-H B, 2012 Ed. 2012. pH Value. Potentiometric Method
 Conductividad : SMO/WW-APHA-AWWA-WEF Part 2510-B, 2012 Ed. 2012. Conductivity. Laboratory Method.
 Sólidos Totales Disueltos : SMO/WW-APHA-AWWA-WEF Part 2540-C, 2012 Ed. 2012. Solids, Total Dissolved Solids Dried at 180°C.
 Amovibles : EPA 200.6

NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados realizados por COLECHI S.A.C., sobre material e ingresado por el solicitante.
- Si los resultados de ensayos, no deben ser utilizados como una declaración de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- No aplica al proceso de Denuncia por ser la Variable Producida Perseuata.

Fecha de Emisión: Nueva Chimora, Julio 04 del 2018.
 GURQ/04

A. Gustavo M. Pacheco
 Gerente del Laboratorio
 L. O. J. COLECHI S.A.C.

CC 0001-0001
 Rev. 04
 Pagina 02 de 11-02

INFORME DE VERIFICACION TOTAL Y RESULTADO DE ESTE INFORME
 INCLUIDO EN EL PROCESO DE EMISION DE VALORES OFICIALES

COLECHI S.A.C.

Urb. Buenos Aires No. A - Lt. 7 - Estero - Nuevo Chimbote - Telfax: 043-310732
 Noche: 830*2893 - RPN e 902995 - Apartado 127
 e-mail: cochi@cochedy.com.pe / info@cochedy.com.pe / cochedy@cochedy.com.pe