

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**Remoción de arsénico de las aguas del rio Pelagatos
utilizando ceniza de paja de trigo**

Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil

Autor

Quijano Carranza, Dony Antony

Asesor

Cerna Chávez, Rigoberto

Chimbote - Perú

2019

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**Remoción de arsénico de las aguas del rio Pelagatos
utilizando ceniza de paja de trigo**

Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil

Autor

Quijano Carranza, Dony Antony

Asesor

Cerna Chávez, Rigoberto

Chimbote - Perú

2019

PALABRAS CLAVES

Tema	<i>Ceniza de paja de trigo</i>
Especialidad	<i>Hidráulica</i>
Objetivo	<i>Remoción</i>
Método	<i>Experimental</i>

KEYWORDS

Theme	<i>wheat straw ash</i>
Specialty	<i>Hydraulic</i>
Objective	<i>Removal</i>
Method	<i>Experimental</i>

LINEAS DE INVESTIGACION

Programa	<i>Ingeniería civil</i>
Línea de investigación	<i>Hidráulica</i>
OCDE	<i>Ingeniería y Tecnología</i>
	<i>Ingeniería civil</i>
	<i>Ingeniería de la construcción</i>
Campos de investigación	<i>Fuentes y tratamiento de recursos hídricos</i>
	<i>Gestión de los recursos Hídricos</i>

**REMOCIÓN DE ARSÉNICO DE LAS
AGUAS DEL RIO PELAGATOS
UTILIZANDO CENIZA DE PAJA DE
TRIGO**

RESUMEN

El proyecto de investigación de ceniza de paja de trigo (Dosis 2g, 2.5g, 3g) fue efectivo para la remover el arsénico en las aguas del rio Pelagatos Distrito de Pampas/Provincia de Pallasca/Departamento De Ancash, con coordenada UTM en la zona 18L Este: 189651 y Norte: 9095598 con una Altitud: 3964.

La metodología de la siguiente investigación es experimental, el primer proceso fue la calcinación de la paja de trigo, el segundo proceso fue la activación de las cenizas de paja de trigo, el tercer proceso fue el ensayo de juego de jarras, colocar las 4 muestras, el patrón, y las 3 experimentales (Dosis 2g, 2.5g, 3g) El tiempo de contacto de las muestras de agua con el material compuesto fue el primer tiempo de 100rpm a 3 minutos (brusco) y el segundo tiempo de 50 rpm a 15 minutos (lento) y el tiempo de reposo fue de 15 minutos.

El resultado encontrado para la remoción de arsénico fue, muestra n°1 (0.014 mg/L) removió el 39% con respecto al patrón (0.023 mg/L), muestra n°2 (0.010 mg/L) removió el 56% con respecto al patrón (0.023 mg/L), muestra n°3 (0.007 mg/L) removió el 70% con respecto al patrón (0.023 mg/L). fue efectivo la remoción de arsénico en las muestras n°2 y n°3, estando en los parámetros para el consumo humano según ECA.

ABSTRACT

The research project of wheat straw ash (Dosage 2g, 2.5g, 3g) was effective for the removal of arsenic in the waters of the Pelagatos River Pampas District / Pallasca Province / Department of Ancash, with UTM coordinate in the area 18L East: 189651 and North: 9095598 with an Altitude: 3964.

The methodology of the following research is experimental, the first process was the calcination of the wheat straw, the second process was the activation of wheat straw ash, the third process was the jar game test, placing the 4 samples, the pattern, and the 3 experimental ones (Dosage 2g, 2.5g, 3g) The contact time of the water samples with the composite material was the first time from 100rpm to 3 minutes (abrupt) and the second time of 50rpm to 15 minutes (slow) and the rest time was 15 minutes.

The result found for the removal of arsenic was, sample n ° 1 (0.014 mg / L) removed 39% with respect to the standard (0.023 mg / L), sample n ° 2 (0.010 mg / L) removed 56% with with respect to the standard (0.023 mg / L), sample No. 3 (0.007 mg / L) removed 70% with respect to the standard (0.023 mg / L). the removal of arsenic was effective in samples n ° 2 and n ° 3, being in the parameters for human consumption according to ECA.

INDICE

PALABRAS CLAVE: en español e inglés – Línea de investigación	i
TITULO DE INVESTIGACION	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
INDICE	v
INDICE DE TABALAS	v
INDICE DE FIGURAS	vi
I: INTRODUCCION	1
II: METODOLOGÍA	23
III: RESULTADOS	25
IV: ANALISIS Y DISCUSION	33
V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	35
VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
VII: AGRADECIMIENTO	39
VIII: ANEXOS Y APENDICES	40

TABLAS

Tabla 1	Cultivos con mayor área sembrada en el Perú	4
Tabla 2	Datos Estadísticos	5
Tabla 3	Resultados del ensayo de pH del agua del río Pelagatos	29
Tabla 4	Remoción del arsénico del agua del río Pelagatos para una muestra de 1lt	29
Tabla 5	Solidos Totales Disueltos del agua del río Pelagatos para una muestra de 1lt	29
Tabla 6	Conductividad del agua del río Pelagatos para una muestra de 1lt	30
Tabla 7	PH del agua según proporciones de ceniza de paja de trigo en diferentes momentos. Río Pelagatos, Distrito de Pampas/Provincia de Pallasca/Departamento De Ancash, 2019.	30
Tabla 8	Arsénico del agua según proporciones de ceniza de paja de trigo en diferentes momentos. Río Pelagatos, Distrito de Pampas/Provincia de Pallasca/Departamento De Ancash, 2019.	31
Tabla 9	Solidos totales disueltos del agua según proporciones de ceniza de paja de trigo en diferentes momentos. Río Pelagatos, Distrito de Pampas/Provincia de Pallasca/Departamento De Ancash, 2019.	31
Tabla N°10	Conductividad eléctrica del agua según proporciones de ceniza de paja de trigo en diferentes momentos. Río Pelagatos,	32

Distrito de Pampas/Provincia de Pallasca/Departamento De Ancash, 2019.

FIGURAS

Figura 1	Esquema del punto de monitoreo-ANA (2013)	3
Figura 2	Partes de la Planta de Trigo	6
Figura 3	Paja de trigo extraída de Pampas	7
Figura 4	Proceso de intercambio iónico	14
Figura 5	Origen del arsénico en restos minerales	17
Figura 6	Curva de pérdida de masa- Análisis Termo gravimétrica	25
Figura 7	Curva Calorimétrica	26
Figura 8	Cenizas de paja de trigo activadas a 600° por 45 minutos	26
Figura 9	Composición elemental de la ceniza de paja de trigo	27
Figura 10	Parámetros Fisicoquímicos de Muestra patrón del Rio Pelagatos	27
Figura N°11	Parámetros Fisicoquímicos de Muestra Experimental 2,0g ceniza de paja de trigo en agua del Rio Pelagatos	28
Figura N°12	Parámetros Fisicoquímicos de Muestra Experimental 2,5g ceniza de paja de trigo en agua del Rio Pelagatos	28
Figura N°13	Parámetros Fisicoquímicos de Muestra Experimental 3,0g ceniza de paja de trigo en agua del Rio Pelagatos	28

I. INTRODUCCIÓN

La presencia de arsénico en aguas para consumo humano constituye una amenaza para la salud pública; el valor máximo admisible recomendado por la Organización Mundial de la Salud es de 0,01 mg As/L. El consumo frecuente de agua contaminada con arsénico podría producir cáncer a la vejiga, pulmón, piel, riñón, hígado y próstata¹.

En América Latina, por lo menos cuatro millones de personas en Argentina, Chile, México, El Salvador, Perú y Bolivia beben en forma permanente agua con niveles de arsénico que sobrepasan el valor máximo admisible, que ponen en riesgo su salud. El origen natural del arsénico en América Latina está relacionado con el volcanismo y la actividad hidrotermal asociada de la cordillera de los Andes que atraviesa de norte a sur muchos países, entre ellos, el Perú.

El arsénico es un elemento natural que pertenece al Grupo V de la tabla periódica, su número atómico es 33 y su peso atómico es 74.9. Los compuestos de arsénico se catalogan en orgánicos e inorgánicos, dependiendo de la ausencia o presencia de enlaces arsénico-carbono (Tchounwou *et al.*, 1999).

Las tecnologías utilizadas actualmente a nivel internacional para la remoción de arsénico son coagulación, adsorción, intercambio iónico, electrodiálisis y ósmosis inversa [Cheng, et al., 2014].

Dentro de los antecedentes y fundamentación científica tenemos:

Vitela V. (2011), del Instituto Potosino de Investigación Científica A.C México, El objetivo de la investigación fue examinar las características de adsorción del carbón activado, alguno de los precursores para el carbón activado fueron: bagazo, cascara de coco, paja de trigo, paja de avena y mazorcas, para poder estudiar la viabilidad de su uso como absorbente de bajo costo. Se concluyó que comparando estos materiales con otros materiales reportados se observó que éstos poseen capacidades de adsorción superiores, por lo tanto, pueden ser una alternativa viable para remover arsénico a mayor escala.

Quiñones et al. (2013), realizaron su investigación en el Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Cartagena Colombia El propósito de este trabajo fue identificar las biomásas que están siendo utilizadas actualmente en la remoción de cromo en aguas residuales contaminadas, su capacidad de remoción y la cinética aplicada en los experimentos. Se concluyó que los bioadsorbentes más usados incluyen cortezas de árboles, residuos de madera, semillas y hojas de diferentes árboles, cáscaras de frutos, residuos de cereales, flores, y cítricos. Se concluyó que se halló para la remoción de cromo, el cual mostro la máxima capacidad de adsorción fue la paja de trigo con 322,58 mg/g, mientras que, para las cascaras de naranja con 74.87 mg/g

Aguilar et. al., (2016) investigaron el uso del carbón activado a partir de los derivados de cereales como cascara de arroz, paja trigo, cascara de plátano y zapallo para eliminación de agentes contaminantes encontrados como turbidez, arsénico, coliformes, etc. La metodología que se desarrolló en este proyecto fue la recolección de cascara de arroz y paja de trigo, luego se secó y tamizo por la malla #200 luego se activó térmicamente se lavó nuevamente y seco a temperatura ambiente y por último se seleccionó la cantidad que se utilizaría para la remoción, luego se procedió a realizar el ensayo de juego de jarras de los 3 materiales por separados y se concluyó que la paja de trigo removió un 90% y la cascara de arroz removió 98% de turbidez

Esta investigación tiene por finalidad remover el arsénico que se encuentra en el rio pelagatos en la subcuenca Tablachaca con coordenada UTM en la zona 18L Este: 189651 y Norte: 9095598 con una Altitud: 3964, con ceniza de paja de trigo como un método innovador y de bajo costo.

La ceniza de paja de trigo podría servir como un buen adsorbente del arsénico, ya que este metal en su forma inorgánica es muy toxico, por tanto, beneficiaria a los pobladores del distrito de Pampas y alrededores regenerando las aguas contaminadas por este químico (As) a un precio económico y accesible para todos lo que lo quieran utilizar.

Un estudio realizado por la dirección de gestión de la calidad de recurso hídricos (DGCRH) en coordinación con la Autoridad Nacional del Agua (ANA) quien llevo a cabo el monitoreo participativo de la calidad del agua de la subcuenca del río Tablachaca con coordenada UTM en la zona 18L Este: 189651 y Norte: 9095598 con una Altitud: 3964, con la finalidad de evaluar el estado actual del agua. Se analizaron puntos de monitorio a lo largo de la subcuenca del río Tablachaca y en esta se presenta algunos puntos de monitoreo.

Se informó que desde su naciente 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 Pelagatos modificando sus características.

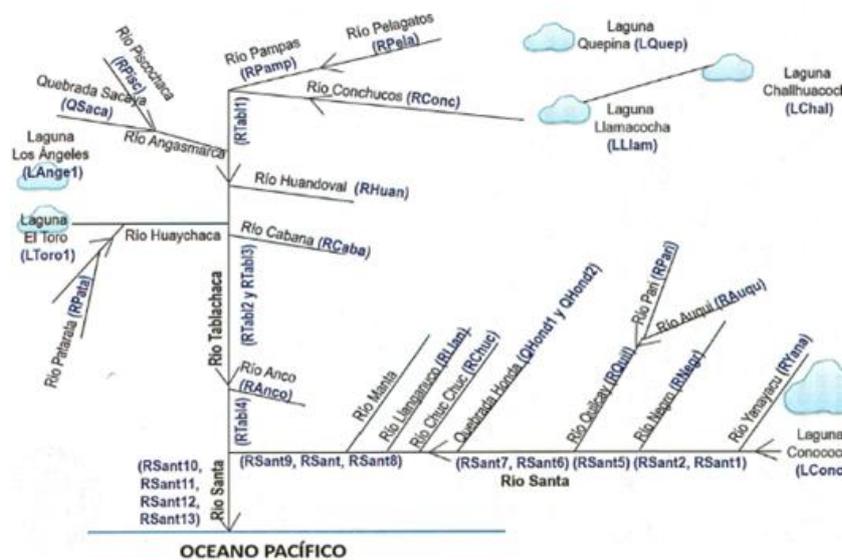


Figura 1: Esquema del punto de monitoreo

Fuente: Ministerio de Agricultura y Riego (MINAG)

Por lo expuesto nos plantearon el siguiente problema de investigación:

¿En qué medida el uso de la ceniza de la paja de trigo removería el arsénico en el agua dulce superficial del río Pelagatos?

Después de haber formulado la problemática es necesario conceptualizar y operacionalizar las variables.

PRODUCCION DEL TRIGO (*Triticum sativum*)

Etimológicamente proviene del vocablo latino triticum, que significa triturado o trillado, refiriéndose a la actividad que se hace para obtener el grano de trigo separado de la cascarilla que lo cubre o envuelve. (Wikipedia, s.f).

El trigo es una planta cereal de tallo hueco, con hojas alargadas con una vaina que abraza el tallo, una inflorescencia en espiga de cuatro o más hileras de granos y fruto, puede alcanzar hasta 1 metro de altura. La palabra trigo designa tanto a la planta como a sus semillas comestibles.

El trigo puede ser aprovechado por completo, por ejemplo, el grano es usado como harina, para preparar productos derivados tales como el pan, fideos, galletas y otros productos alimenticios. Asimismo, para consumo directo en la preparación de platos de comida. Este producto además está entre los tres cereales más importantes producidos en el mundo, de la mano del maíz y el arroz.

En nuestro país se encuentra una gran área de superficie cosechada de este producto, estando entre los principales, después del arroz, papa, maíz y cebada.

Tabla 1: Cultivos con mayor área sembrada en el Perú

Cultivos Alimenticios	Superficie Cosechada
Arroz	315, 117
Papa	257, 341
Maiz amilaceo	207, 150
Cebada	151, 007
Trigo	138, 155
Platano	133, 083
Yuca	83, 714
Frejol	58, 011

Fuente: Cultivo de trigo en el Perú y sus requerimientos hídricos (MINAG)

Como lo expresa el Ministerio de Agricultura, 2013, en los principales aspectos de la Cadena Agro productiva: en el En el Perú, este cereal fue introducido por los españoles en forma casual alrededor del año 1540. El trigo forma parte del consumo básico de la población peruana, pero la producción es deficitaria. El 97% de la superficie cultivada se encuentra ubicada en la sierra y el 3% en la costa. El 90% del área sembrada en el país se realiza en secano. La producción del cereal se desarrolla mayormente sobre los 2 mil hasta 4 mil metros de altitud, en suelos pedregosos y superficiales, en laderas donde no prosperan otros cultivos. En estas zonas no se dispone de semillas certificadas ni asistencia técnica que garanticen calidad y productividad. La población campesina depende de este grano para su alimentación y su economía.

Dentro de los datos estadísticos acerca de la producción, superficie cosechada, rendimiento y precio al año 2014 en Ancash, de acuerdo al MINAG, tenemos:

Tabla 2: Datos estadísticos agrícolas

ACTIVIDAD	Unidad de medida	Cantidad
Producción	Toneladas	18109
Superficie cosechada	Hectáreas	18007
Rendimiento	Kg/Ha	1006
Precio	S/. nuevos soles	1.95

Fuente: Series Históricas de Producción Agrícola (MINAG)

El trigo es una planta que tiene las siguientes partes:

Raíz: Posee una raíz con numerosas ramificaciones, las cuales pueden alcanzar una profundidad de 25 cm, llegando algunas de ellas hasta un metro de profundidad.

Tallo: Es una caña hueca con 6 nudos que se alargan hacia la parte superior, alcanzando entre 0.5 a 2 metros de altura, es poco ramificado.

Hojas: Tienen una forma alargadas, rectas y terminadas en punta (linear-lanceolada), con vaina, lígula y aurículas bien definidas.

Inflorescencia: Espiga compuesta por un eje escalonado o tallo central de entrenudos cortos, sobre el cual van dispuestas de 20-30 espiguillas en forma alterna, laxa o compacta, llevando cada una nueve flores, la mayoría termina rodeada por glumas, glumillas o glomélulas.

Granos: De forma ovalada con sus extremos redondeados. El germen sobresale en uno de ellos y en el otro hay un mechón de pelos finos. El resto del grano, denominado endospermo, es un depósito de alimentos para el embrión, que representa el 82 % del peso del grano. El grano de trigo contiene una parte de la proteína que se llama gluten. Los granos se obtienen en la trilla. Elemento que es más usado, por lo cual las demás partes de la planta resultan ser desechos entre los cuales se encuentran la paja de trigo.

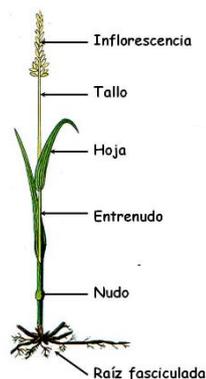


Figura 2: Partes de la Planta de Trigo

Fuente: Ministerio de Agricultura y Riego (MINAG)

Según Suarez y Folgueras (s.f). las pajas del trigo están compuestas de S, Cl, Na, K y otros componentes minoritarios, en proporciones variadas de agua, proteínas, aceite, material fibroso extraíble, pentosa, celulosa, lignina y ceniza.

El hierro es un mineral que nuestro organismo necesita para su correcto funcionamiento y se puede encontrar en los alimentos. A través del siguiente enlace, podrás encontrar una lista de alimentos con hierro.



Figura 3: Paja de trigo extraída de Pampas
Fuente: Propia

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 6,5 y 8,5. 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.

SOLIDOS TOTALES DISUELTOS (TDS)

Sólidos totales disueltos TDS por sus siglas en inglés (Total Dissolved Solids) son la cantidad total de iones móviles cargados (positivos y negativos), incluyendo minerales, sales o metales disueltos en un volumen determinado de agua, expresada en unidades de mg por unidad de volumen de agua (mg/L), también conocidos como partes por millón (ppm). TDS está directamente relacionada con la pureza del agua y

la calidad de los sistemas de purificación de agua y afecta a todo lo que consume, vive o utiliza el agua, ya sea orgánico o inorgánico, ya sea para bien o para mal.

Algunos sólidos disueltos provienen de fuentes orgánicas como hojas, sedimentos, plancton, y los desechos industriales y aguas residuales. Otras fuentes provienen de la escorrentía de las zonas urbanas de los fertilizantes y pesticidas usados en céspedes y granjas.

Los sólidos disueltos también vienen a partir de materiales inorgánicos tales como rocas y de aire que puede contener bicarbonato de calcio, de nitrógeno, de fósforo de hierro, azufre, y otros minerales

El agua también puede recoger los metales, como el plomo o el cobre, etc., a medida que viajan a través de tuberías que se utilizan para distribuir el agua a los consumidores.

Tenga en cuenta que la eficacia de los sistemas de purificaciones de agua en la eliminación de los sólidos disueltos totales se reducirá con el tiempo, por lo que es muy recomendable para monitorear la calidad de un filtro o membrana y reemplazarlos cuando sea necesario.

El Reglamento secundario EPA aconsejan un nivel de contaminación máximo de 500mg/L (500 partes por millón (ppm)) para los TDS. Numerosas reservas de agua superan este nivel. Cuando los niveles de TDS excedan 1.000 mg/L en general se considera no apta para el consumo humano.

Un nivel alto de TDS es un indicador de posibles problemas, y merece una mayor investigación. Muy a menudo, los altos niveles de TDS son causados por la presencia de potasio, cloruros y de sodio. Estos iones tienen poco o ningún efecto a corto plazo, pero los iones tóxicos (plomo-arsénico, cadmio, nitrato y otros) también se pueden disolver en el agua.

CONDUCTIVIDAD

La conductividad es una variable que se controla en muchos sectores, desde la industria química hasta la agricultura. Esta variable depende de la cantidad de sales disueltas presentes en un líquido y es inversamente proporcional a la resistividad del mismo.

La conductividad se define como la capacidad de una sustancia de conducir la corriente eléctrica y es lo contrario de la resistencia.

Conductividad del agua

Agua pura: 0.055 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Agua destilada: 0.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Agua de montaña: 1.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Agua para uso doméstico: 500 a 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Máx. para agua potable: 1600 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Agua de mar: 52 mS/cm

Factores que influyen

terreno que atraviesa el agua (posibilidad de disolución de rocas y materiales), tipo de sales presentes, pH, temperatura, gases disueltos, etc

DIOXIDO DE SILICIO

Arcos, Macíaz & Rodríguez (2007) La sílice forma parte de numerosos vegetales, principalmente para cumplir funciones estructurales o para aumentar la resistencia de las mismas. Además, se conoce que en la mayoría de las plantas la sílice se toma del medio como un componente inerte y luego se concentra en ciertas zonas específicas, incluso puede participar en el metabolismo y conformación de compuestos orgánicos. La sílice se encuentra distribuida a través de la estructura de las plantas, especialmente

en los tallos, para reforzarlas y endurecerlas; ejemplos de ello son los tallos de pastos y granos, el bambú, la cáscara de las nueces, las espinas duras de algunas plantas como la ortiga y ciertas especies de madera.

ADSORCION Y ABSORCION

Según ingeniería de tratamiento y acondicionamiento de aguas (2009). La adsorción es diferente a la absorción ya que absorción implica el paso de una sustancia, inicialmente en suspensión, a la parte interna del material absorbente. Por ejemplo: el agua en una esponja.

Adsorción es diferente en el sentido de que el material removido se adhiere físicamente o químicamente a la superficie del material adsorbente, sin penetrar en su estructura física. La adsorción se cree que implica fuerzas de atracción del tipo dipolo/dipolo, fuerzas de London o fuerzas de Van Der Waals, entre las moléculas de la sustancia adsorbida y de la superficie del material que adsorbe éstas.

La alta efectividad en remoción o adsorción de compuestos, se debe a que el carbón activado tiene una gran área o superficie disponible para que puedan interactuar las moléculas de la sustancia que se adsorbe.

Esta gran superficie se adquiere cuando el material carbonáceo se somete a altas temperaturas y se inyecta súbitamente vapor de agua, nitrógeno, bióxido de carbono, argón o algún otro gas inerte. Este repentino cambio en la estructura interna del material provoca un gran número de huecos de tamaño microscópico, cuya superficie es receptiva a la retención de moléculas con una cierta estructura o estereoquímica. Quiere decir lo siguiente:

Cuando una sustancia se adhiere a una superficie se habla de adsorción, es este caso, la sustancia se adhiere a la superficie interna del carbón activo.

Cuando la sustancia es absorbida en un medio diferente esto es llamado absorción.

Cuando un gas es atraído dentro de una solución se habla de absorción.

LA ADSORCIÓN

Según **Myers (2004)**: Es un proceso por el cual átomos, iones o moléculas son atrapadas en la superficie de un material, en contraposición a la absorción, que es un fenómeno de volumen, es decir es un proceso en el cual un contaminante soluble (adsorbato) es eliminado del agua por contacto con una superficie sólida (adsorbente). El proceso inverso a la adsorción se conoce como desorción. Entre los adsorbentes más habituales se encuentran las arcillas, alúminas, sílices, los carbones activos y las zeolitas.

Mecanismos de adsorción

Ramírez & García (2010) 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 interface 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. Cuando dos moléculas neutras que carecen de dipolos permanentes se aproximan, una polarización débil es inducida debido a las interacciones de mecánica cuántica entre sus distribuciones de carga. El efecto neto es una atracción débil entre moléculas, conocido como la interacción de dispersión o la fuerza de London-Van der Waals. En el tratamiento del agua hay un interés frecuente en la adsorción de un adsorbato orgánico desde un solvente polar (agua) a un adsorbente no polar (carbón activado).

En general, la atracción entre el adsorbato y un solvente polar es más débil para adsorbatos de menor naturaleza polar; un adsorbato no polar es menos estabilizado por el dipolo-dipolo o el enlace de hidrógeno al agua. Los compuestos no polares por lo tanto se adsorben más fuertemente a los adsorbentes no polares. Esto se conoce como enlace hidrofóbico, los compuestos hidrofóbicos se adsorberán más fuertemente sobre el carbón. Por ejemplo, la adsorción de ácidos grasos sobre el carbón es más fuerte conforme se incrementa el tamaño de la molécula debido a que cadenas hidrocarbonadas más largas son menos polares.

Adsorción química: La 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, tiene fuerzas y energías de enlace más débiles, opera a distancias más largas, y es más reversible. En la quimisorción, la atracción entre el adsorbente y el adsorbato será de acuerdo con el enlace covalente o con el enlace electrostático químico entre átomos, con longitudes de enlace más cortas y más altas energías de enlace.

Los adsorbatos están limitados por la quimisorción a una superficie que generalmente no puede acumular más que una capa molecular, o monocapa, 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. Una clase de enlace químico del adsorbato a sitios de superficie específica son las reacciones ácido-base en un grupo funcional. Un ejemplo es la reacción de iones metálicos hidratados desde la solución con sitios de hidróxido sobre óxidos metálicos: donde R es el ión metálico (adsorbato) y S es el óxido metálico (adsorbente).

Adsorción de iones: Para la adsorción de especies iónicas a superficies, el mecanismo más importante es la atracción electrostática, el cual depende fuertemente del pH y la fuerza iónica. La adsorción de iones puede usarse 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 neutral y ionizada de estos compuestos pueden adsorberse sobre el carbón, las formas ionizadas tienden a estabilizarse por la atracción con el agua polar. Como 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 desempeñan un importante papel en el medio natural. Los adsorbentes industriales 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

Ingeniería civil y medio ambiente (2001): Es un proceso físico y químico, en el cual los iones de una especie dada son desplazados de un material insoluble de intercambio (resina) por otros iones que se encuentran en solución.

Remueve efectivamente el arsénico en el rango de pH entre 8 y 9. No obstante, el selenio, fluoruro, nitrato y sólidos disueltos totales compiten con el arsénico y afectan la duración del proceso. Las consideraciones que se tiene en este proceso comprenden el pH, iones competitivos, tipo de resina, alcalinidad, concentración de arsénico en el afluente, disposición de la resina y los regenerantes usados, efectos secundarios de la calidad del agua y los parámetros de diseño de la operación.

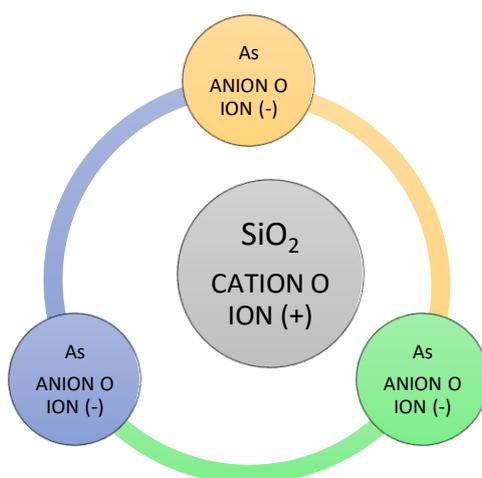


Figura 4: Proceso de intercambio ionico
Fuente: Appelo & Postma (1993)

ARSENICO

El arsénico es un elemento químico de la tabla periódica que pertenece al grupo de los metaloides, también llamados semimetales, se puede encontrar de diversas formas, aunque raramente se encuentra en estado sólido.

El arsénico inorgánico soluble es extremadamente tóxico. La ingesta de arsénico inorgánico durante un período prolongado puede conducir a una intoxicación crónica (arsenicosis). (Organización Mundial de Salud, 2012).

Contaminación del agua por Metales Pesados

Los metales se encuentran entre los contaminantes más tóxicos de las aguas tanto naturales como industriales. Su toxicidad es muy elevada debida principalmente al

largo tiempo de residencia en disolución, dado que en las aguas superficiales no existen las condiciones adecuadas para su conversión en sustancias insolubles.

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 y para la mayoría de formas de vida.

Las aguas residuales no tratadas provenientes de minas y fábricas llegan a los ríos, mientras los desechos contaminan las aguas subterráneas, contaminando también el subsuelo y toda la flora aledaña.

La peligrosidad de los metales pesados es mayor al no ser química ni biológicamente degradables, y se acumula en el agua y subsuelo a concentraciones tóxicas para las plantas, animales y seres humanos.

Una vez emitidos pueden permanecer en el ambiente durante cientos de años. Además, su concentración en los seres vivos aumenta a medida que son ingeridos por otros, por lo que la ingesta de plantas o animales contaminados puede provocar síntomas de intoxicación.

El peligro de estos metales pesados altamente tóxicos es su combinación e ingreso a la cadena alimenticia, donde pueden causar mucho daño a los consumidores. Los efectos se ven reflejados en problemas de salud, tales como: retrasos en el desarrollo, varios tipos de cáncer, daños en el riñón, problemas en el hígado, infertilidad, alteración del sistema nervioso, y hasta casos de muerte.

Efectos del Arsénico sobre la salud

El arsénico existe tanto en forma orgánica como inorgánica. Los compuestos de arsénico inorgánico (como los que se encuentran en el agua) son extremadamente tóxicos, en tanto que los compuestos de arsénico orgánico (como los que se encuentran en pescados y mariscos) son menos perjudiciales para la salud. (Organización Mundial de Salud, 2012)

Efectos agudos

Los síntomas inmediatos de intoxicación aguda por arsénico incluyen vómitos, dolor abdominal y diarrea. Seguidamente, aparecen otros efectos, como entumecimiento u hormigueo en las manos y los pies o calambres musculares y, en casos extremos, la muerte.

Efectos a largo plazo

Los primeros síntomas de la exposición prolongada a altos niveles de arsénico inorgánico (por ejemplo, a través del consumo de agua y alimentos contaminados) se observan generalmente en la piel e 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 cinco años y pueden ser precursores de cáncer de piel.

Además de cáncer de piel, la exposición prolongada al arsénico también puede causar cáncer de vejiga y de pulmón.

El Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC) ha clasificado el arsénico y los compuestos de arsénico como cancerígenos para los seres humanos; el arsénico presente en el agua de bebida también ha sido incluido en esa categoría por el CIIC.

Entre los demás efectos perjudiciales para la salud que se pueden asociar a la ingesta prolongada de arsénico destacan los que siguen: problemas relacionados con el desarrollo, neurotoxicidad, diabetes y enfermedades cardiovasculares.

En China (Provincia de Taiwán), la exposición al arsénico se ha vinculado a la «enfermedad del pie negro», una afección grave de los vasos sanguíneos que causa gangrena. Sin embargo, esta enfermedad no se ha observado en otras partes del mundo; es posible que la malnutrición contribuya a su desarrollo. (Organización Mundial de Salud, 2012)

Respuesta de la Organización Mundial de Salud (OMS)

El arsénico es una de las 10 sustancias químicas que la OMS considera 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.

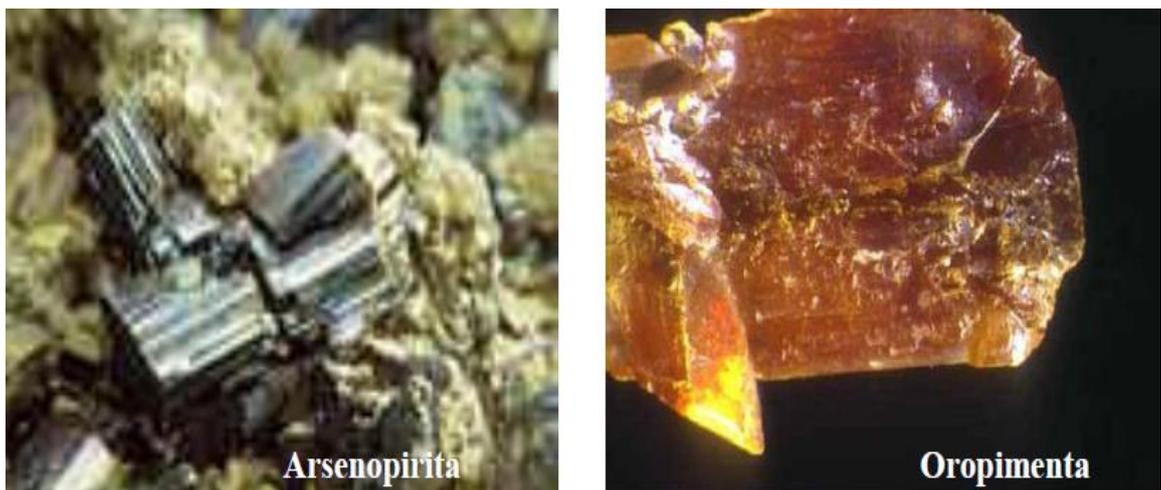


Figura 5: Origen del arsénico en restos minerales
Fuente: Peters y Blum, 2013; Scareck *et al.*, 2014

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.

Membranas

Ósmosis inversa / nano filtración / ultrafiltración / microfiltración. Estos procesos de separación utilizan membranas semipermeables que permiten el paso de agua y separan ciertos solutos. Existen distintos tipos de membranas tales como microfiltración,

ENSAYO DE JARRAS

Andia (2000) la prueba de jarras es la técnica más extensamente usada para determinar la dosis de químicos y otros parámetros para la potabilización del agua. En ella se tratan de simular los procesos de coagulación floculación y sedimentación a nivel de laboratorio.

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

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

Condiciones de pruebas de Jarras

Debido a que la prueba de jarras es solo una simulación del proceso, es necesario mantener las condiciones operacionales que existen en el proceso como son gradiente hidráulico y tiempo en la mezcla lenta y rápida, punto de aplicación de los reactivos, el orden y el tiempo de dosificación de los mismos.

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.

Mezcla Lenta

Generalmente, el tiempo de la 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 flóculos y lo hacen flotar.

Reposo (Sedimentación)

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

Las Variables planteadas son:

Variable dependiente

Cantidad de arsénico de las aguas del río Pelagatos

Definición conceptual

Es la cantidad de arsénico que contiene estas aguas superficiales del Río Pelagatos

Definición operacional

Es el porcentaje de remoción que se puede extraer de las aguas superficiales del Río Pelagatos. Para generar los valores o resultados. Decreto que aprueba los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua – Minam ECA.

Indicador

Es litros

Variable independiente

Ceniza de paja de Trigo

Definición conceptual

Sub producto de calcinación con características capas de remover arsénico u otro tipo de metales

Definición operacional

La ceniza se aplicará por cada unidad de litro de agua

Indicador

Es gramos

La Hipótesis planteada en la tesis es:

Removería la cantidad del arsénico utilizando la ceniza de paja de trigo de las aguas del río Pelagatos.

Se plantea como Objetivo General:

Determinar la Remoción de Arsénico de las aguas del río Pelagatos utilizando ceniza de paja de trigo

De manera siguiente los Objetivos Específicos:

Determinar la temperatura de calcinación de la paja de trigo, mediante un análisis térmico diferencial, para luego activarlo térmicamente.

Determinación de la composición química de la ceniza de paja de trigo por fluorescencia de Rayos x.

Determinar el pH, antes y después del ensayo de juego de jarras

Determinar la conductividad, antes y después del ensayo de juego de jarras

Determinar los sólidos totales disueltos, antes y después del ensayo de juego de jarras

Determinar la cantidad de arsénico, antes y después del ensayo de juego de jarras

Determinar y comparar la remoción de arsénico con la ceniza de paja de trigo con el patrón antes y después del ensayo de juego de jarras.

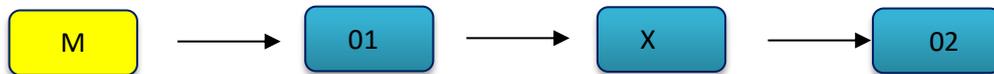
II. METODOLOGIA

El tipo de Investigación, es Aplicada, porque está orientada a lograr un nuevo conocimiento destinado a procurar soluciones a fin de conocer que las cenizas de la paja de trigo removieron el arsénico encontrada en el agua.

En coherencia con el fin de la ciencia se trata de una investigación Explicativa, porque los datos serán obtenidos por observación de fenómenos condicionados por el investigador. Se utiliza la experimentación.

El diseño de investigación es experimental por que se analizó unas Muestras dos veces antes y después del tratamiento, es un proceso en el cual analizamos el agua extraída del rio y también el análisis después del ensayo de juego de jarras en el laboratorio de química donde el investigador estará en contacto con los ensayos a realizar obteniendo resultados de acuerdo a lo planeado en sus objetivos.

Siendo el esquema del diseño de investigación el siguiente:



Donde:

M= muestra

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

Las muestras de agua fueron tomadas del Rio Pelagatos ubicada a 3964 m.s.n.m, en el Distrito de Pampas, Provincia de Pallasca, Departamento de Ancash, las muestras fueron conformadas por 4 botellas de 2 litros, para tal fin se tomó como técnica la observación y como instrumento la guía de observación resumen.

Por ser un proyecto de investigación con un Nivel de Investigación aplicada y al ensayar en un laboratorio las muestras, se opta por usar como Técnica de Investigación: “LA OBSERVACION CIENTÍFICA”, porque queremos mediante este instrumento en una primera instancia reconocer, apreciar y comparar las principales características del agua por eso tenemos dos grupos: Control, donde tenemos las muestras de soluciones de agua inicial y el Experimental donde están las Muestras de agua adicionando la ceniza de paja de trigo en proporciones 2 gramos, 2,5 gramos y 3 gramos las que serían las muestras finales.

Los materiales a emplearse en esta investigación fueron la ceniza de paja de trigo que fue recolectada de la localidad de Pampas, perteneciente al Distrito de Pampas, Provincia de Pallasca, Departamento de Ancash, En el mes de mayo del 2018.

Para la preparación de las muestras, en el caso de la paja de trigo se procedió de la siguiente manera. Para poder eliminar la arena presente en el material se efectuó una limpieza ayudándonos con la malla organza para que te permita pasar la arena y suciedad y retenga la paja de trigo, luego se procedió a incinerar la paja de trigo.

Los ensayos realizados para la caracterización de las muestras fueron: DTA, análisis térmico diferencial, para saber a qué temperatura se activaran las cenizas de paja de trigo, en el laboratorio de ingeniería de materiales en la universidad nacional de ingeniería, se activó térmicamente a 600 °C en el laboratorio de suelos de la universidad san pedro, para determinar la composición Química de la ceniza de paja de trigo realizamos el ensayo de Fluorescencia de Rayos X (FRX) en el Laboratorio de Arqueometria en la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Para determinar la cantidad de arsénico y propiedades físico químicas en el laboratorio de Ensayos Clínicos, Biológicos e Industriales COLECBI. De esta manera medimos el arsénico del agua del Rio Pelagatos ubicada a 3964 m.s.n.m, en el Distrito de Pampas, Provincia de Pallasca, Departamento de Ancash

El proceso se realizó con los programas Excel. Para efectos de clasificar, procesar y resumir información que sea obtenida a través de la técnica e instrumento de

recolección aplicada, utilizaremos métodos estadísticos tanto en su fase descriptiva como en su fase inferencial.

Se elaboraron 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 usarán la metodología estadística inferencial para la cual se dará el uso de la aplicación prueba de hipótesis; en este caso se usará t-student. Para muestras relacionadas.

III. RESULTADOS

En este capítulo se procede 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 11 y Figura 12.

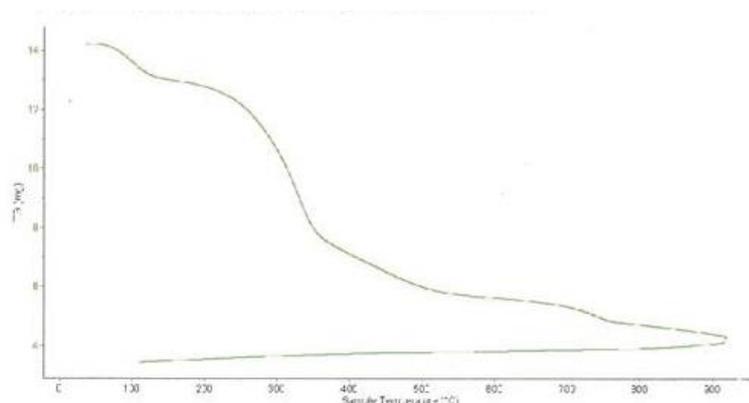


Figura 6: Curva de pérdida de masa- Análisis Termo gravimétrica
Fuente: Universidad Nacional Mayor de San Marcos

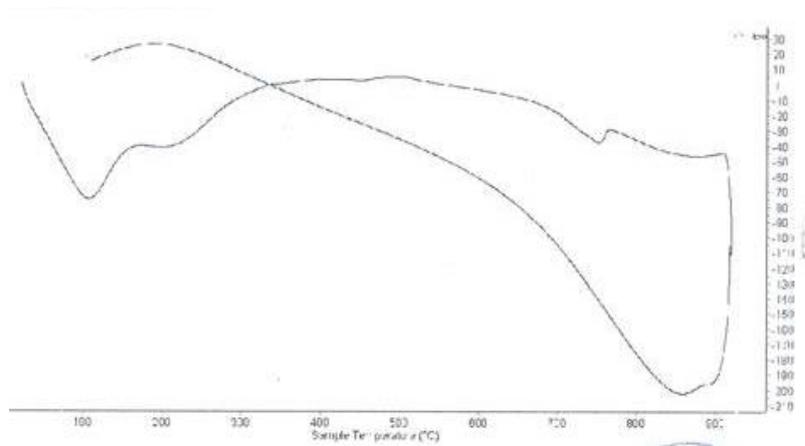


Figura 7: Curva Calorimétrica
Fuente: Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Se realizó la activación térmica a una temperatura 600°C por 45 minutos



Figura 8: Cenizas de paja de trigo activadas a 600° por 45 minutos
Fuente: Universidad San Pedro

FLUORESCENCIA DE RAYOS X

Este ensayo permite detectar la presencia de elementos químicos de la ceniza de paja de trigo

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al ₂ O ₃	3.114	2.969
SiO ₂	84.413	80.480
P ₂ O ₅	2.931	2.795
SO ₂	0.309	0.295
ClO ₂	0.960	0.916
K ₂ O	7.947	7.577
CaO	4.519	4.308
TiO ₂	0.050	0.048
MnO	0.094	0.090
Fe ₂ O ₃	0.507	0.483
CuO	0.009	0.008
ZnO	0.024	0.023
BrO	0.014	0.046
Total	104.887	100.00

Figura 9: Composición elemental de la ceniza de paja de trigo
Fuente: Universidad Nacional Mayor de San Marcos

PARAMETROS FISICOQUIMICOS

Son los que definen las características del agua que responden a los sentidos de la vista, del tacto, gusto y olfato como pueden ser los sólidos totales disueltos, ph, color, sabor, olor, conductividad y en este caso el arsénico

RESULTADOS	
ENSAYOS	MUESTRA Río Pelagatos
pH	6,57
Sólidos Totales Disueltos (mg/L)	897
Conductividad (uS/cm)	1292
Arsénico (mg/L)	0,023

Figura N°10: Parámetros Físicoquímicos de Muestra patrón del Río Pelagatos
Fuente: Colecibi S.A.C. (Laboratorio Certificado)

RESULTADOS	
ENSAYOS	MUESTRA Agua Superficial del Rio Pelagatos con Ceniza de Paja de Trigo 2,0g
pH	6,98
Sólidos Totales Disueltos (mg/L)	583
Conductividad (uS/cm)	673
Arsénico (mg/L)	0,014

Figura 11: Parámetros Físicoquímicos de Muestra Experimental 2,0g ceniza de paja de trigo en agua del Rio Pelagatos
Fuente: Colecbi S.A.C. (Laboratorio Certificado)

RESULTADOS	
ENSAYOS	MUESTRA Agua Superficial del Rio Pelagatos con Ceniza de Paja de Trigo 2,5g
pH	7,27
Sólidos Totales Disueltos (mg/L)	433
Conductividad (uS/cm)	561
Arsénico (mg/L)	0,010

Figura N°12: Parámetros Físicoquímicos de Muestra Experimental 2,5g ceniza de paja de trigo en agua del Rio Pelagatos
Fuente: Colecbi S.A.C. (Laboratorio Certificado)

RESULTADOS	
ENSAYOS	MUESTRA Agua Superficial del Rio Pelagatos con Ceniza de Paja de Trigo 3,0g
pH	7,96
Sólidos Totales Disueltos (mg/L)	283
Conductividad (uS/cm)	391
Arsénico (mg/L)	0,007

Figura N°13: Parámetros Físicoquímicos de Muestra Experimental 3,0g ceniza de paja de trigo en agua del Rio Pelagatos
Fuente: Colecbi S.A.C. (Laboratorio Certificado)

Tabla 3: Resultados del ensayo de pH del agua del río Pelagatos

MUESTRA	MATERIAL	DOSIS (g)	ENSAYO DE pH
1	PATRON		6,57
2	M 1 (CPT)	2,0g	6,98
3	M 2 (CPT)	2,5g	7,27
4	M 3 (CPT)	3,0g	7,96

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

Tabla 4: Remoción del arsénico del agua del río Pelagatos para una muestra de 1lt

MUESTRA	MATERIAL	DOSIS (g)	ENSAYO ARSENICO (mg/L)	% REMOCION DE ARSENICO
1	PATRON		0.023	
2	M 1 (CPT)	2,0g	0.014	39%
3	M 2 (CPT)	2,5g	0.010	56%
4	M 3 (CPT)	3,0g	0.007	70%

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

Tabla 5: Solidos Totales Disueltos del agua del río Pelagatos para una muestra de 1lt

MUESTRA	MATERIAL	DOSIS (g)	ENSAYO TDS (mg/L)	% REMOCION DE TDS
1	PATRON		897	
2	M 1 (CPT)	2,0g	583	35%
3	M 2 (CPT)	2,5g	433	51%
4	M 3 (CPT)	3,0g	283	68%

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

Tabla 6: Conductividad del agua del río Pelagatos para una muestra de 1lt

MUESTRA	MATERIAL	DOSIS (g)	ENSAYO CONDUCTIVIDAD (μ S/cm)	% REMOCION DE CONDUCTIVIDAD
1	PATRON		1292	
2	M 1 (CPT)	2,0g	673	47%
3	M 2 (CPT)	2,5g	561	56%
4	M 1 (CPT)	3,0g	391	69%

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

RESULTADOS ESTADISTICOS

RESULTADO AL APLICAR LA PRUEBA DE HIPÓTESIS T-STUDENT

Tabla 7: PH del agua según proporciones de ceniza de paja de trigo en diferentes momentos. Río Pelagatos, Distrito de Pampas/Provincia de Pallasca/Departamento De Ancash, 2019.

Tratamiento	Momento		
	Antes	Después	Diferencia
M 1	6,57	6,98	0,410
M 2	6,57	7,27	0,700
M 3	6,57	7,96	1,390
Media	6.570	7.40333	0,83333

Fuente: Elaboración propia

$$t = -2.867 \quad p=0.103 \quad p>0.05$$

Después de aplicar la prueba de hipótesis t- Student para muestras relacionadas y $p>0.05$ podemos decir que la media de las diferencias antes y después de aplicar la ceniza de paja de trigo no es significativamente diferente de cero ($p=0.103$), por lo que podemos indicar que la adición de ceniza de paja de trigo no hay diferencia para el nivel de PH en el agua del río Pelagatos, distrito de Pampas, Pallasca – Ancash. 2019.

Tabla 8: Arsénico del agua según proporciones de ceniza de paja de trigo en diferentes momentos. Río Pelagatos, Distrito de Pampas/Provincia de Pallasca/Departamento De Ancash, 2019.

Tratamiento	Momento		Diferencia
	Antes	Después	
M 1	0,023	0,014	-0,009
M 2	0,023	0,01	-0,013
M 3	0,023	0,007	-0,016
Media	0,02300	0.010333	- 0,012667

Fuente: Elaboración propia

$$t = 6.247 \quad p=0.025 \quad p<0.05$$

Después de aplicar la prueba de hipótesis t- Student para muestras relacionadas y $p<0.05$ podemos decir que la media de las diferencias antes y después de aplicar la ceniza de paja de trigo es significativamente diferente de cero ($p=0.025$), por lo que podemos indicar que la adición de ceniza de paja de trigo es efectiva para la remoción del arsénico en el agua del río Pelagatos, distrito de Pampas, Pallasca – Ancash. 2019.

Tabla 9: Solidos totales disueltos del agua según proporciones de ceniza de paja de trigo en diferentes momentos. Río Pelagatos, Distrito de Pampas/Provincia de Pallasca/Departamento De Ancash, 2019.

Tratamiento	Momento		Diferencia
	Antes	Después	
M 1	897	583	-314,000
M 2	897	433	-464,000
M 3	897	283	-614,000
Media	897.00	433.00	-464.000

Fuente: Elaboración propia

$$t = 5.358 \quad p=0.033 \quad p<0.05$$

Después de aplicar la prueba de hipótesis t- Student para muestras relacionadas y $p < 0.05$ podemos decir que la media de las diferencias antes y después de aplicar la ceniza de paja de trigo es significativamente diferente de cero ($p = 0.002$), por lo que podemos indicar que la adición de ceniza de paja de trigo es efectiva para la cantidad de sólidos en el agua del río Pelagatos, distrito de Pampas, Pallasca – Ancash. 2019.

Tabla 10: Conductividad eléctrica del agua según proporciones de ceniza de paja de trigo en diferentes momentos. Río Pelagatos, Distrito de Pampas/Provincia de Pallasca/Departamento De Ancash, 2019.

Tratamiento	Momento		
	Antes	Después	Diferencia
M 1	1292	673	-619,000
M 2	1292	561	-731,000
M 3	1292	391	-901,000
Media	1292.00	541.67	-750.3333

Fuente: Elaboración propia

$$t = 9.153 \quad p = 0.012 \quad p < 0.05$$

Después de aplicar la prueba de hipótesis t- Student para muestras relacionadas y $p < 0.05$ podemos decir que la media de las diferencias antes y después de aplicar la ceniza de paja de trigo es significativamente diferente de cero ($p = 0.012$), por lo que podemos indicar que la adición de ceniza de paja de trigo es efectiva para reducir la conductividad en el agua del río Pelagatos, distrito de Pampas, Pallasca – Ancash. 2019.

IV. ANALISIS Y DISCUSION

El análisis térmico diferencial que nos brindó el laboratorio fue de 600°C, con un tiempo de residencia de 45 minutos (Figura 5), según **Aguilar et. al., (2016)** investigaron el uso del carbón activado a partir de los derivados de cereales como paja de trigo y otros, activo su material a 600°C en 30 minutos dando buenos resultados en óxido de silicio preguntándose si daría mejor resultados con más tiempo y más temperatura para la eliminación de arsénico, turbidez, etc.

Según el análisis Termo gravimétrico se muestra dos caídas de la masa, la primera se da en un rango entre 80 y 120°C y la segunda se da entre 210 y 340°C, posteriormente la caída es gradual y lentamente, hasta llegar a perder un total de 53% de su masa inicial aproximadamente cuando se ha alcanzado su máxima temperatura de ensayo. (Figura 5)

De acuerdo al análisis calorimétrico, se puede mostrar un pico endotérmico en torno a 100°C posteriormente se muestra un ligero pico de absorción térmica a 750°C que es una temperatura de cambio estructural y de las características del material. (Figura 6)

En la tabla (Figura 8) se muestra los resultados del análisis elemental de la ceniza de paja de trigo en porcentajes en términos de óxido, el porcentaje más relevante fue 80.48% de Oxido de Silicio (SiO_2), Según **Quiñones E. (2013)** quien investigo la Remoción de aguas contaminadas con cromo, identifico que las biomásas con mayor porcentaje de óxido de silicio, tienen mayor capacidad de remoción de metales y metaloides

Según el cuadro (Figura 4) de la muestra patrón y las muestras experimentales del ensayo fisicoquímico se puede apreciar la cantidad de pH del agua del rio Pelagatos lo cual está en los límites permitidos del ECA (6,5 – 8.5), y lo reportado por **Vitela V. (2011)**, sostiene que el pH de su muestra es de 7.4, por lo que en el antecedente se reporta que es una alcalina apropiada para la remoción de arsénico

Según el cuadro de la muestra patrón y las muestras experimentales del ensayo fisicoquímico se puede apreciar la cantidad de solidos totales disueltos del agua del rio Pelagatos lo cual está en los límites máximos del ECA (<1000 mg/l). Se deberá hacer un tratamiento previo antes de su uso ya que su contenido es alto y no es apto para el consumo humano (Tabla 5) y lo reportado por Quiñones E. (2013), sostiene que los sólidos totales disueltos de su muestra son mayores a los establecido en los límites máximo al ser aguas residuales por lo que en el antecedente y en la investigación el material activado (ceniza de paja de trigo) removió los sólidos totales disueltos

Según el cuadro (Tabla 6) de la muestra patrón y las muestras experimentales del ensayo fisicoquímico se puede apreciar la cantidad de conductividad del agua del rio Pelagatos lo cual está en los límites máximos del ECA (1600 μ S/cm). Se deberá hacer un tratamiento previo antes de su uso ya que su contenido es alto y no es apto para el consumo humano

Según el cuadro (Tabla 4) de la muestra patrón resultante del ensayo fisicoquímico se puede apreciar la cantidad de contenido de arsénico (0.023mg/l) del agua del rio Pelagatos lo cual es mayor a los límites máximos de la ECA (0.01mg/l). Se deberá hacer un tratamiento previo antes de su uso ya que su contenido de arsénico es alto y no es apto para el consumo humano.

Según el cuadro de las muestras M1, M2, M3 resultante del ensayo fisicoquímico se puede apreciar la cantidad de contenido de arsénico las cuales están por debajo de los límites máximos del ECA esto debido al tratamiento experimental que se utilizó en estas muestras para disminuir la cantidad de arsénico, y lo reportado por Vitela V. (2011), Quiñones E. (2013), Aguilar et. al., (2016), sostienen que la remoción de arsénico de su muestra se debe a que el material de investigación tiene un alto porcentaje en oxido de silicio, y esto ayuda a la adsorción del arsénico y otros metales y metaloides.

Se debe a que entre los principales materiales para procesos de adsorción existe la zeolita, son materiales cristalinos que contiene cationes alcalinos como el silicio, potasio, magnesio y calcio. Estos materiales contienen poros y forman cavidades de

dimensiones que van desde 3Å (ángstrom) hasta 15Å (ángstrom), es una unidad de longitud para expresar distancias moleculares y atómicas mide diez mil millonésimas parte de metro (0.000,000,000,1 metros), es decir en 1 centímetro caben 100 millones de ángstrom. La zeolita ayuda a regular pH ya que evita la dispersión de los iones ácidos. Además, la zeolita es quien contiene una carga eléctrica negativa capaz de atrapar los metales pesados que normalmente presentan una carga positiva

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. El análisis térmico diferencial realizado en la Universidad Nacional de Trujillo, determinó que la activación térmica de la ceniza de paja de trigo se realice a través de una temperatura de calcinación de 600°C por 45 minutos, bajo un exhaustivo control del tiempo.
2. Del análisis por Fluorescencia de Rayos X realizado en la Universidad Nacional Mayor de san Marcos se determinó que la ceniza de paja de trigo contiene un 80% de óxido de silicio.
3. Analizando el pH antes y después del ensayo de juego de jarras donde se utilizó 3 dosis de 2 gr, 2,5gr y 3gr se obtuvo de pH 6.98, 7.27, 7.96. Este nivel de pH está en los límites máximos del ECA ya que el pH del agua potable es de 6.5 a 8.5
4. La mayor eficiencia de remoción en solidos totales disueltos es la M 3 con 68% respecto al patrón, la dosis más óptima para la remoción fue de 3.0 gr de ceniza de paja de trigo, cumple el limite permisible del ECA (<1000 mg/l) que para agua potable es de 500 mg/l
5. La mayor eficiencia de remoción en conductividad es la M 3 con 69% respecto al patrón, la dosis más óptima para la remoción fue de 3.0 gr de ceniza de paja de trigo, cumple el limite permisible del ECA (1600µS/cm) para que el agua sea de consumo humano debe ser de 500 a 800

6. La cantidad de arsénico disuelto en el agua de la muestra patrón es 0.023 Mg/L sobrepasa el máximo permisible de arsénico para el ECA (0.01Mg/L), mientras que la cantidad de arsénico disuelto en el agua de las muestras más elevadas del grupo experimental es de M3= <0.0007 Mg/L y M2= 0.01 mg/L y se encuentran dentro de los límites permisibles para ECA (0.10 Mg/L).

7. Realizando una comparación entre los resultados de las muestras de agua del grupo experimental podemos concluir que se disminuyó la cantidad de arsénico disuelto en un 70% de la muestra M3 de 3 gr de ceniza de paja de trigo, tomando como referencia la muestra patrón

RECOMENDACIONES

1. Activar la ceniza de paja de trigo a una mayor temperatura y comprobar si se obtiene mejores resultados en la remoción de arsénico disuelto en el agua.
2. Elaborar una combinación entre ceniza de paja de trigo y ceniza de cascara de arroz y comprobar su eficiencia para comparar con los ensayos actuales y determinar cuál de los dos compuestos tiene una mejor capacidad de remoción de los ensayos fisicoquímicos y presentar mejores resultados.
3. En vez de limpiar la paja de trigo sería mejor realizar un lavado de la paja de trigo cuidadosamente después de su extracción para eliminar impurezas presentes en ella para tener unos óptimos resultados en los análisis posteriores a realizar para la remoción del arsénico disuelto en el agua.
4. Se recomienda utilizar el método de juego de jarras 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.
5. Se recomienda utilizar la muestra 3 (3 gramos de ceniza de paja de trigo) para la remoción de arsénico; ya que su porcentaje de absorción es de 70%.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar, A., Navarrete, D., Quijano, N., Vélez, C. y Menéndez, J. (2016). Remoción de contaminantes presentes en aguas superficiales empleando carbón activado generado a partir de materiales de desecho agroindustrial. *Engineering Innovations for Global Sustainability*, 20(22), 1-6. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/307090107_Remocion_de_contaminantes_presentes_en_aguas_superficiales_empleando_carbon_activado_generado_a_partir_de_materiales_de_desecho_agroindustrial

Asif, Z. & Chen, Z. (2015). Removal of arsenic from drinking water using rice husk. Springer. *Applied Water Science*, 7(3), 1449-1458. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/s13201-015-0323-x>

Agencias para sustancias tóxicas y el registro de enfermedades (2005). Recuperado de https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs2.html

Garduño Anaya, M., & Martínez, J. (2012). CALIDAD Y NORMATIVIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Recuperado de <http://www.pnuma.org/recnat/esp/documentos/cap5.pdf>

Ingeniería de Tratamiento de Aguas Residuales, (2009). Mecanismos depurativos típicos en tratamientos de fitodepuración. Recuperado de http://www.life.trelaghi.it/files/spagnolo/6_meccanismi%20depurativi.pdf

Lucrecia M. (2000). Mejoramiento de la calidad nutricional del trigo por ingeniería genética. Universidad Nacional del Rosario. Recuperado de <https://repositorio.ipicyt.edu.mx/handle/11627/97>

Myers, A. (2004). Thermodynamics of Adsorption, pp. 243-255. Recuperado de <https://www.seas.upenn.edu/~amyers/CHAPTER21.pdf>

Quiñones E., Tejada C. y Ruiz V. (2014). Remediación de aguas contaminadas con cromo utilizando diferentes biomateriales residuales utilizando diferentes biomateriales residuales. Ciencias e Ingeniería al Día, 9(1),2 5-42. Recuperado de <http://repositorio.unicartagena.edu.co:8080/jspui/bitstream/11227/5202/1/Remedacion%20de%20aguas%20contaminadas.pdf>

Ramírez, E. & García, J. (2010) Apuntes de clase. Posgrado de Ingeniería Ambiental-UNAM. Campus Morelos, México. Recuperado de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/5084/Tesis.pdf?sequence=1>

Vitela V. (2011). Remoción de arsénico por medio de carbón activado modificado con nanopartículas de hidróxido de hierro. Instituto potosino de investigación científica C.A. Mexico. Recuperado de <https://ipicyt.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1010/562/3/TMIPICYTV5R42011.pdf>

VII. AGRADECIMIENTOS

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 mis padres Carlos Quijano y Eva Carranza, como muestra de mi afecto incondicional, por lo significativo que su cariño y compañía me trasmite en lograr mis objetivos

QUIJANO CARRANZA DONY ANTONY

VIII. ANEXOS Y APENDICES.

AVANCE METODOLOGICO



Figura 14: Paja de trigo de uno de los sectores agrícola de Pampas



Figura 15: Limpieza de la paja de trigo



Figura 16: Moliendo la paja de trigo



Figura 17: Pasando por organza la paja de trigo molida



Figura 18: Llevando la muestra a la UNT a lab. de materiales para el DTA



Figura 19: Cenizas de paja de trigo



Figura 20: Pasando la ceniza molida de paja de trigo por la organza



Figura 21: Pesando antes de la activación



Figura 22: Pesando 5.012 kg



Figura 23: Activar la ceniza de paja de trigo



Figura 24: Preparando la activación de la ceniza



Figura 25: Activando a 600°C durante 45 minutos

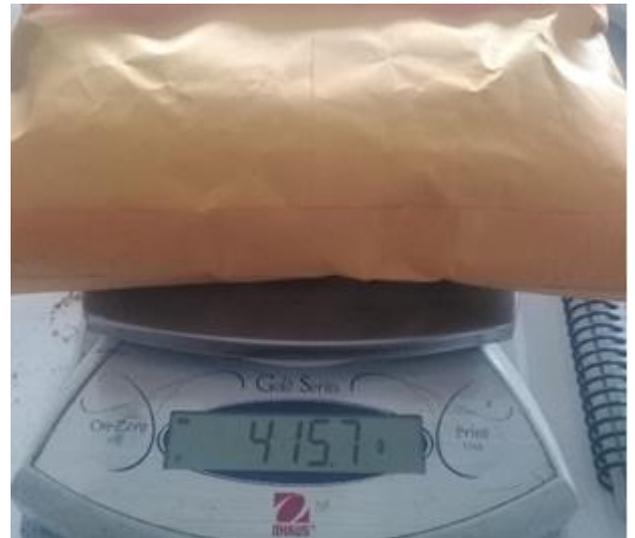


Figura 26: Pesando después de la activación 4.15kg



Figura 27: Pasando por la malla #200 para FRX en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos



Figura 28: Facultad de Ciencias Físicas para el ensayo de FRX



Figura 29: Municipalidad Local Distrital de Pampas



Figura 30: Laguna Pelagatos

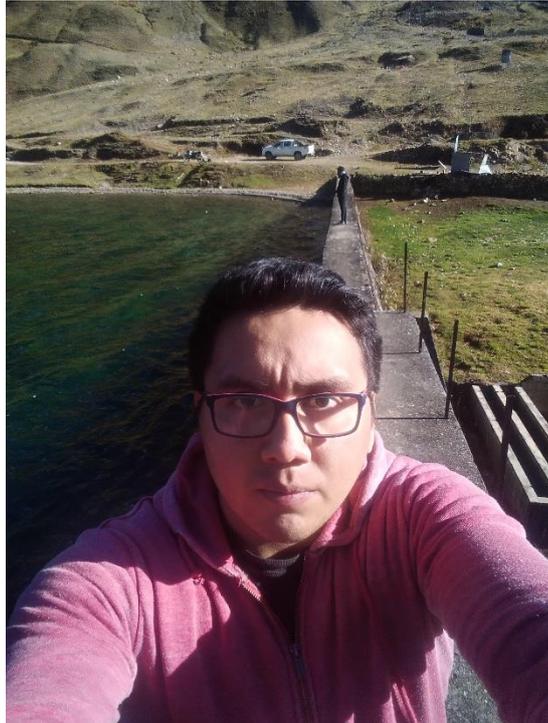


Figura 31: Represa de la laguna Pelagatos



Figura 32: Desembocadura de la laguna Pelagatos



**Figura 33: Ubicando el punto GPS
donde analizo el ANA**



**Figura 34: Punto ubicado por el
ANA zona 18L Este: 189651 y
Norte: 9095598 con una Altitud:
3964**



**Figura 35: Punto ubicado por
tesista zona 18L Este: 189654.2 y
Norte: 9095597.8 con una Altitud:
3964**



**Figura 36: Ubicado aguas debajo de los
pasivos mineros de Pushaquilca, donde se
evidencia piedra y sedimento con tonalidad
Parduzca**



Figura 37: Colocación de la muestra de agua en el recipiente

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

- ✓ **Fecha:** 27-06-2018
- ✓ **Las muestras de agua extraídas fueron colocadas en 3 jarras de 1000ml.**

Se agregó 2,0 gr de ceniza de paja de trigo (Jarra A)

Se agregó 2,5 gr de ceniza de paja de trigo (Jarra B)

Se agregó 3,0 gr de ceniza de paja de trigo (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 38: muestras de agua para realizar el experimento con el asesor y el técnico del laboratorio



Figura 39: Pesando 2,0 gr de ceniza de paja de trigo para la prueba de jarras



Figura 40: Pesando 2,5 gr de ceniza de paja de trigo para la prueba de jarras



Figura 41: Pesando 3,0 gr de ceniza de paja de trigo para la prueba de jarras



Figura 42: Con el apoyo del asesor agregamos la ceniza de paja de trigo



Figura 43: Encendido del equipo del juego de iarra.



Figura 44: Las muestras de agua que serán colocadas al equipo de iniego de iarras junto al asesor v al técnico de laboratorio.

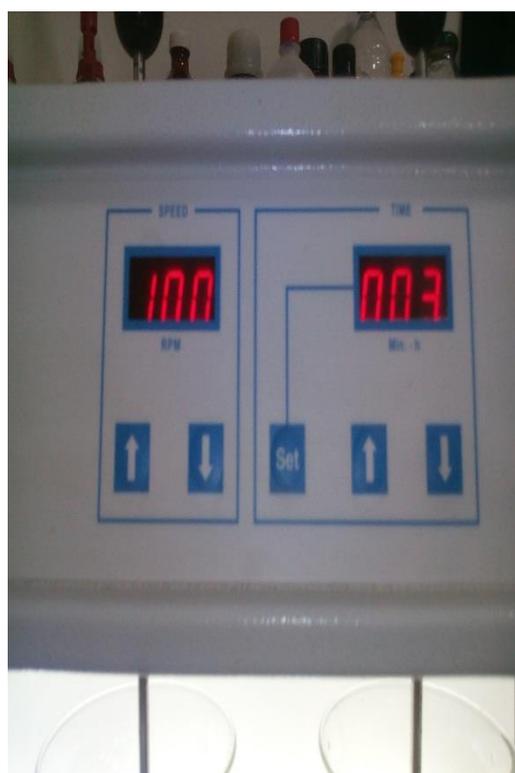


Figura 45: 1º Tiempo de contacto



Figura 46: 2º Tiempo de contacto



Figura 47: Extrayendo el agua después del ensayo de jarras para llevar al



Figura 48: Laboratorio certificado COLECBI S.A.C. donde se realizará los exámenes para

Tabla : Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (MINAM)

PARAMETROS	UNIDAD	Agua superficiales destinadas a las produccion de agua notable			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	“

Fuente: página www. elperuano.com.pe



Trujillo, 16 de mayo del 2018

INFORME N° 145 - ABR-18

Solicitante: Quijano Carranza Dony – Universidad San Pedro

RUC/DNI:

Supervisor:

1. MUESTRA: Paja de Trigo (1.5 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	PT-145 MA	12.2 mg

2. ENSAYOS A APLICAR

- Análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/ Análisis térmico Diferencial DTA.
- Análisis Termogravimétrico TGA.

3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- Analizador Térmico simultáneo TG_DTA_DSC Cap. Máx.: 1600°C SetSys_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/min
- Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min
- Rango de Trabajo: 25 – 900 °C.
- Masa de muestra analizada: 12.2 mg.

Jefe de Laboratorio: Ing. Danny Chávez Novoa

Analista responsable: Ing. Danny Chávez Novoa



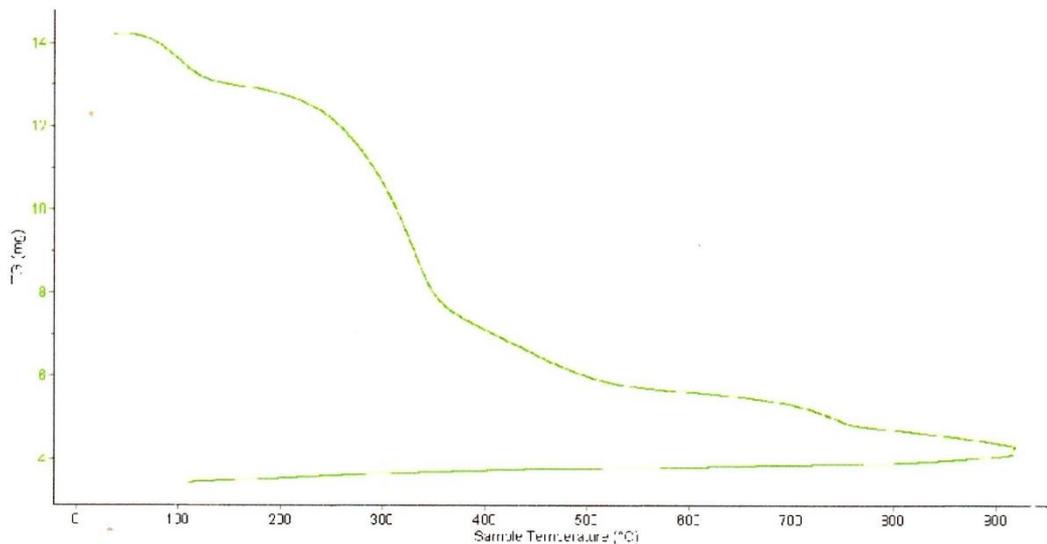


Trujillo, 16 de mayo del 2018

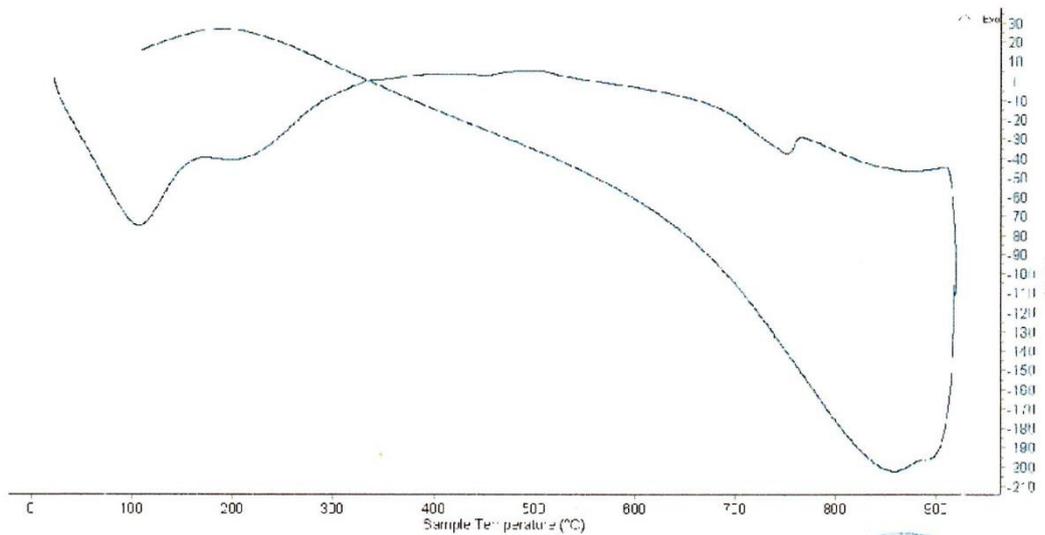
INFORME N° 145 - ABR-18

4. Resultados:

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



II- Curva Calorimétrica DSC



Tel.: 44-203510/949790880/958669003 danchavez@hotmail.com / Av. Juan Pablo II s/n - Ciudad Universitaria / Trujillo - Perú

LABORATORIO DE POLÍMEROS DPTO. IMA
JEFATURA
[Signature]



Trujillo, 16 de mayo del 2018

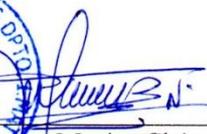
INFORME N° 145 - ABR-18

5. CONCLUSION:

1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra dos caídas de la masa, la primera se da en un rango entre 80 y 120°C y la segunda se da entre 210 y 340°C, posteriormente la caída es gradual y lentamente, hasta llegar a perder un total de 53% de su masa inicial aproximadamente cuando se ha alcanzado su máxima temperatura de ensayo.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, se puede mostrar un pico endotérmico en torno a 100°C posteriormente se muestra un ligero pico de absorción térmica a 750°C que es una temperatura de cambio estructural y de las características del material.

Trujillo, 16 de mayo del 2018




Ing. Danny Mesías Chávez Novoa
Jefe de Laboratorio de Polímeros
Departamento Ingeniería de Materiales - UNT



Informe N°67-LAQ/2018

Análisis de ceniza de paja de trigo por FRXDE

Introducción.

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de ceniza de paja de trigo a pedido del Sr. **Quijano Carranza, Dony Anthony**, alumno de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

“Remoción de Arsénico de las Aguas del Río Pelagatos Utilizando Ceniza de Paja de Trigo.”

La muestra ha sido activada por calentamiento hasta 600°C por 45 min y está en forma de polvo de grano fino de color plomo.

Arreglo experimental.

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 15 μ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 3520 cts/s.

Esta técnica de FRXDE permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Mg (Z=12) no pueden ser registrados en el espectro.

La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0 a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo L y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos.. Como



consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales: una componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra de acuerdo a los elementos que contiene..

La presencia en el espectro de los rayos-X de oro dispersados por la muestra interfiere con la detección de los rayos-X característicos de elementos como germanio y selenio, a menos que se encuentren en altas concentraciones.

El análisis elemental de la muestra se hace primero de manera cualitativa para identificar la presencia de elementos en la muestra. Para el análisis cuantitativo se utiliza un programa que se basa en el método de parámetros fundamentales y simula todo el arreglo experimental incluyendo: composición elemental de la muestra, geometría experimental, distribución espectral de los rayos-X que emite la fuente y su interacción con la muestra y el proceso de detección. En esta etapa se puede identificar la presencia de picos de rayos-X característicos que pudieron haber pasado inadvertidos en la parte cualitativa por superponerse a picos más intensos. Este programa se calibra usando una muestra de referencia certificada denominada "Suelo de San Joaquín" adquirida de la NIST.

Resultados.

En la Figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de ceniza de paja de trigo. La línea roja representa el espectro experimental y la línea azul el espectro calculado. Cubre el rango de energías de 1 a 18 keV que es el rango de interés en este estudio. En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos. En general, cada pico identifica un elemento químico, comenzando por la izquierda con el pico de Al, seguido del pico de Si y así sucesivamente a medida que aumentan el número atómico del elemento y la energía del rayo-X.

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta sustancia. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que



se pueden formar en un proceso de calcinación. La suma en términos de contenido de óxidos es algo mayor que 100%. Es probable que la muestra esté constituida en parte por compuestos diferentes de óxidos, y/o hay una deficiencia en la calibración del instrumento. Para mayores detalles sobre la composición estructural de la muestra se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X.

Tabla 1. Composición elemental de ceniza de paja de trigo en % de masa.

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al ₂ O ₃	3.114	2.969
SiO ₂	84.413	80.480
P ₂ O ₅	2.931	2.795
SO ₂	0.309	0.295
ClO ₂	0.960	0.916
K ₂ O	7.947	7.577
CaO	4.519	4.308
TiO ₂	0.050	0.048
MnO	0.094	0.090
Fe ₂ O ₃	0.507	0.483
CuO	0.009	0.008
ZnO	0.024	0.023
BrO	0.014	0.046
Total	104.887	100.00

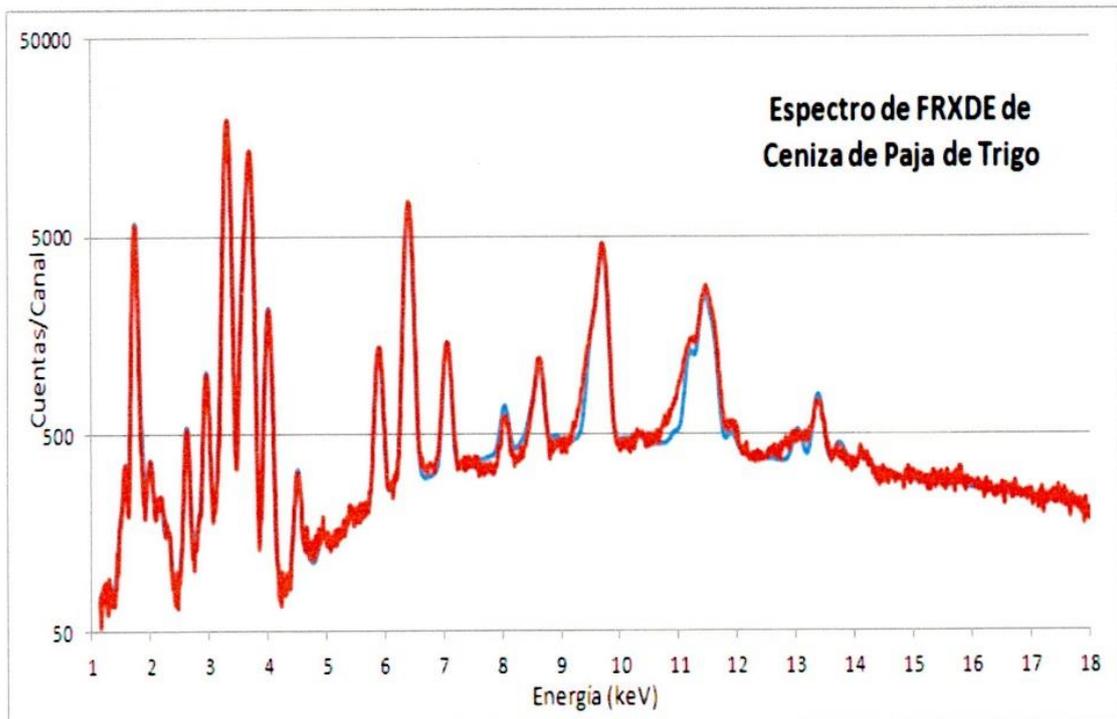


Figura 1. Espectro de FRXDE de ceniza de paja de trigo en escala semi logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos
Laboratorio de Arqueometría



Lima, 06 de junio del 2018



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20180627-008

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : DONY ANTONY QUIJANO CARRANZA.
DIRECCIÓN : Jr. Saenz Peña 544 Chimbote.
PRODUCTO DECLARADO : AGUA NATURAL SUPERFICIAL. (AGUA DE RÍO).
CANTIDAD DE MUESTRA : 04 muestras.
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : Frasco de vidrio 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. Refrigeradas.
ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio Físico Químico.
CÓDIGO COLECBI : SS 180627-3

RESULTADOS

ENSAYOS	MUESTRA
	Río Pelagatos
pH	6,57
Sólidos Totales Disueltos (mg/L)	897
Conductividad (uS/cm)	1292
Arsénico (mg/L)	0,023

METODOLOGÍA EMPLEADA

pH : SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 22nd Ed. 2012. pH Value. Electrometric Method.

Conductividad : SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed. 2017. Conductivity. Laboratory Method.

Sólidos Totales Disueltos : SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 C, 22nd Ed. 2012. Solids. Total Dissolved Solids Dried at 180°C.

Arsénico : EPA 200.8

NOTA :

- Informe de ensayo emitido en base a resultados realizados por COLECBI S.A.C., sobre muestras ingresadas por el solicitante.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- No afecta al proceso de Dirimencia por ser la muestra Producto Perecible.

Fecha de Emisión : Nuevo Chimbote, Julio 04 del 2018.

GVR/jms

A. Gustavo Vargas Ramos
Gerente de Laboratorios
C.B. P. 329
COLECBI S.A.C.

LC-MP-HRIE
Rev. 04
Fecha 2015-11-30

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

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752

Nextel: 839*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127

e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe

Web: www.colecbi.com



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20180627-017

Pág 1 de 1

SOLICITADO POR : DONY ANTONY QUIJANO CARRANZA.
DIRECCIÓN : Jr. Saenz Peña 544 Chimbote.
PRODUCTO DECLARADO : AGUA NATURAL SUPERFICIAL. (AGUA DE RÍO).
CANTIDAD DE MUESTRA : 04 muestras.
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : Frasco de vidrio 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. Refrigeradas.
ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio Físico Químico.
CÓDIGO COLECBI : SS 180627-13

RESULTADOS

ENSAYOS	MUESTRA
	Agua Superficial del Río Pelagatos con Ceniza de Paja de Trigo 2,0g
pH	6,98
Sólidos Totales Disueltos (mg/L)	583
Conductividad (uS/cm)	673
Arsénico (mg/L)	0,014

METODOLOGÍA EMPLEADA

pH : SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 22nd Ed. 2012. pH Value. Electrometric Method.

Conductividad : SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed. 2017. Conductivity. Laboratory Method.

Sólidos Totales Disueltos : SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 C, 22nd Ed. 2012. Solids. Total Dissolved Solids Dried at 180°C.

Arsénico : EPA 200.8

NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados realizados por COLECBI S.A.C., sobre muestras ingresadas por el solicitante.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- No afecto al proceso de Dirimencia por ser la muestra Producto Perecible.

Fecha de Emisión : Nuevo Chimbote, Julio 04 del 2018.

GVR/jms

A. Gustavo Vargas Ramos
Gerente de Laboratorios
C.B.P. 328
COLECBI S.A.C.

LC-MP-HRIE
Rev. 04
Fecha 2015-11-30

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME
SIN LA AUTORIZACION ESCRITA DE COLECBI S A C


COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752

Nextel: 839*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127

e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe

Web: www.colecbi.com



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20180627-020

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : DONY ANTONY QUIJANO CARRANZA.
DIRECCIÓN : Jr. Saenz Peña 544 Chimbote.
PRODUCTO DECLARADO : AGUA NATURAL SUPERFICIAL. (AGUA DE RÍO).
CANTIDAD DE MUESTRA : 04 muestras.
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : Frasco de vidrio 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. Refrigeradas.
ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio Físico Químico.
CÓDIGO COLECBI : SS 180627-13

RESULTADOS

ENSAYOS	MUESTRA
	Agua Superficial del Río Pelagatos con Ceniza de Paja de Trigo 2,5g
pH	7,27
Sólidos Totales Disueltos (mg/L)	433
Conductividad (uS/cm)	561
Arsénico (mg/L)	0,010

METODOLOGÍA EMPLEADA

pH : SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 22nd Ed. 2012. pH Value. Electrometric Method.

Conductividad : SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed. 2017. Conductivity. Laboratory Method.

Sólidos Totales Disueltos : SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 C, 22nd Ed. 2012. Solids. Total Dissolved Solids Dried at 180°C.

Arsénico : EPA 200.8

NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados realizados por COLECBI S.A.C., sobre muestras ingresadas por el solicitante.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Informe de ensayo emitido en base a resultados realizados por COLECBI S.A.C., sobre muestras ingresadas por el solicitante.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- No afecto al proceso de Dirimencia por ser la muestra Producto Perecible.

Fecha de Emisión : Nuevo Chimbote, Julio 04 del 2018.

GVR/jms

A. Gustavo Vargas Ramos
Gerente de Laboratorios
C B P 328
COLECBI S.A.C

LC-MP-HRIE
Rev 04
Fecha 2015-11-30

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME
SIN LA AUTORIZACION ESCRITA DE COLECBI S A C

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752
Nextel: 839*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127
e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
Web: www.colecbi.com



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20180627-022

Pág 1 de 1

SOLICITADO POR : DONY ANTONY QUIJANO CARRANZA.
DIRECCIÓN : Jr. Saenz Peña 544 Chimbote.
PRODUCTO DECLARADO : AGUA NATURAL SUPERFICIAL. (AGUA DE RÍO).
CANTIDAD DE MUESTRA : 04 muestras.
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : Frasco de vidrio 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. Refrigeradas.
ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio Físico Químico.
CÓDIGO COLECBI : SS 180627-13

RESULTADOS

ENSAYOS	MUESTRA
	Agua Superficial del Río Pelagatos con Ceniza de Paja de Trigo 3,0g
pH	7.96
Sólidos Totales Disueltos (mg/L)	283
Conductividad (uS/cm)	391
Arsénico (mg/L)	0,007

METODOLOGÍA EMPLEADA

pH : SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 22nd Ed. 2012. pH Value. Electrometric Method.

Conductividad : SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed. 2017. Conductivity. Laboratory Method.

Sólidos Totales Disueltos : SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 C, 22nd Ed. 2012. Solids. Total Dissolved Solids Dried at 180°C.


Arsénico : EPA 200.8

NOTA :

- Informe de ensayo emitido en base a resultados realizados por COLECBI S.A.C., sobre muestras ingresadas por el solicitante.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- No afecta al proceso de Dirimencia por ser la muestra Producto Percible.

Fecha de Emisión : Nuevo Chimbote, Julio 04 del 2018.

GVR/jms


A. Gustavo Vargas Ramos
Gerente de Laboratorios
C.B.P. 326
COLECBI S.A.C.

LC-MP-HRIE
Rev 04
Fecha 2015-11-30

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

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 I Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752
Nextel: 839*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127
e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
Web: www.colecbi.com