

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL



“Remoción de plomo en el Río Santa (Recuay) utilizando un biofiltro prototipo con las dosis 40 Gr/L y 80Gr/L de ceniza de cáscara de naranja (Citrus Sinensis Linn Osbeck)-2020”

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Morales Córdova, Plinio

Asesor:

Castañeda Gamboa, Rogelio

Chimbote – Perú

2020

PALABRAS CLAVE:

Tema	Tratamiento de agua
Especialidad	Hidráulica

KEY WORDS:

Topic	Water treatment
Specialization	Hydraulics

LINEA DE INVESTIGACIÓN:

Línea De Investigación	HIDRAULICA
Área	2. Ingeniería y Tecnología
Sub área	2.1 Ingeniería Civil
Disciplina	Ingeniería Civil

Título de la investigación

“Remoción de plomo en el Río Santa (Recuay) utilizando un biofiltro prototipo con las dosis 40 Gr/L Y 80 Gr/L de ceniza de cáscara de naranja (Citrus Sinensis Linn Osbeck) -2020”

Resumen

En la presente investigación se estudió la remoción de plomo en las aguas del tramo del Río Santa -Recuay (Pasivo Ambiental Minero), *Ticapampa en la provincia de Recuay – Ancash* con cenizas de cáscara de naranja.

Así mismo, se tomaron muestras de agua y se simuló un filtro prototipo con aplicación de cenizas de naranja para determinar su influencia sobre la capacidad biosorbente sobre los metales presentes en las muestras.

En primer lugar se analizó la composición química de la cáscara de naranja con el método, EFRX (Efluorescencia de Rayos X), encontrándose una composición al componente CaO como mayoritario (40.42%) seguido del K₂O (37.95%), Al₂O₃ (8.84%) entre otros. Se determinaron las características químicas de la cáscara de naranja mediante los métodos de calorimetría diferencial de barrido (DSC) y análisis termogravimétrico (TGA), encontrándose características endotérmicas en el material.

También se determinó la capacidad biosorbente de plomo en las muestras de agua por efecto de la ceniza de cáscara de naranja bajo las concentraciones de 80g/L y 40 g/L reduciendo un 68.33% y 43.33% de plomo, respectivamente, estos valores estuvieron por debajo del límite permisible de plomo en agua. Finalmente, se determinó que las cenizas de naranja influyeron sobre el pH de las muestras de agua tratadas de 10.35 a 10.10 y 9.93 para una concentración de 40 g/L y 80 g/L, respectivamente.

Se concluye que este tipo de metodología puede ser utilizada para remover metales pesados en agua de Río Santa -Recuay con una eficiencia relativamente elevada y poder proyectarlos en escenarios como la biorremediación de aguas contaminadas.

Abstract

In the present investigation, the removal of lead in the waters of the Santa-Recuay River (Mining Environmental Liability), *Ticapampa in Recuay-Ancash* province was studied with orange peel ash.

Likewise, water samples were taken and a prototype filter with the application of orange ash was simulated to determine its influence on the biosorbent capacity on the metals present in the samples.

In the first place, the chemical composition of the orange peel was analyzed with the method, EFRX (X-ray Efluorescence), finding a composition to the CaO component as the majority (40.42%) followed by K₂ O (37.95%), Al₂ O₃ (8.84 %) among others. The chemical characteristics of the orange peel were determined by means of differential scanning calorimetry (DSC) and thermogravimetric analysis (TGA) methods, finding endothermic characteristics in the material.

The lead biosorbent capacity was also determined in the water samples due to the effect of orange peel ash under the concentrations of 80g / L and 40 g / L, reducing lead by 68.33% and 43.33%, respectively, these values were by below the allowable limit for lead in water. Finally, it was determined that the orange ashes influenced the pH of the treated water samples from 10.35 to 10.10 and 9.93 for a concentration of 40 g / L and 80 g / L, respectively.

It is concluded that this type of methodology can be used to remove heavy metals in the water of Río Santa-Recuay with a relatively high efficiency and to be able to project them in scenaRíos such as the bioremediation of contaminated waters.

Índice

Palabra clave : en español e ingles - Línea de investigación	i
Título de la investigación	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
Índice	v
Índice de tablas.....	vi
Índice de figuras	vii
Índice de anexos	viii
I. Introducción	1
II. Metodología	30
III. Resultados	35
IV. Análisis y discusión.....	39
V. Conclusiones y recomendaciones	41
VI. Agradecimiento.....	42
VII. Referencias bibliográficas.....	43
VIII. Anexo y apéndices	46

Índice de tablas

Tabla 1. Valores químicos de tipo inorgánico de alto riesgo para la salud	4
Tabla 2. Características botánicas de naranja.....	5
Tabla 3. Producción de naranja por departamento en el año 2013.....	7
Tabla 4. Composición físico – química de la cáscara de naranja (Citrus sinensis L. Obseck). .	8
Tabla 5. Tipo de poro de acuerdo al tamaño del poro.	9
Tabla 6. Principales parámetros con los que se especifica un carbón activado granular para el tratamiento de agua.	13
Tabla 7. Propiedades físico - químicas del elemento plomo.	19
Tabla 8. Métodos empleados para la remoción de plomo en aguas residuales	26
Tabla 9. Características notables de las tecnologías empleadas para la remoción de metales pesados en efluentes industriales.	27
Tabla 10. Composición de la cáscara de naranja.....	35
Tabla 11. Efecto de la aplicación de ceniza de cáscara de naranja en agua de Río.	38
Tabla 12. Resultados de pH en los ensayos a nivel de muestra patrón y experimentales.	39

Índice de figuras

Figura 1. Estructura de naranja	6
Figura 2. Producción de naranja en el Perú desde el año 2002 al 2013.	7
Figura 3. Flujograma general de la producción de carbón Activado	10
Figura 4. Variación de la cantidad total de importaciones y exportaciones de carbón activado en el Perú, desde el año 2000 al año 2016.	16
Figura 5. Evolución de mercados de procedencia del carbón activado importado por el Perú del 2012 al 2016 (Miles USD FOB).	16
Figura 6. Usos del Plomo.	20
Figura 7. Diagrama de distribución de especies de plomo.....	24
Figura 8. Procedimiento experimental.	34
Figura 9. Espectro FRXDE de cáscara de naranja	36
Figura 10. Análisis calorimétrico (DSC)	37
Figura 11. Análisis termogravimétrico.....	37

Índice de anexos

Anexo 1. Plano de biofiltro	46
Anexo 2. Plano de isométrico	48
Anexo 3. Registro fotográfico.....	50
Anexo 4. Análisis Térmico Diferencial DTA	50
Anexo 5. Espectroscopia de Fluorescencia de Rayos X.	54
Anexo 6. Informe de ensayo para la verificación de metales.	59
Anexo 7. Informe de ensayo - muestra patrón.	62
Anexo 8. Informe de ensayo de pH en ceniza de cáscara de naranja.....	65
Anexo 9. Informe de ensayo -muestra experimental N° 01 Y pH.	67
Anexo 10. Informe de ensayo - muestra experimental N° 02 Y Ph.....	70

I. Introducción

La minería es una de las actividades principales en nuestro país, es una importante fuente de trabajo y economía para la población en nuestro país. En esta investigación nos remitiremos a la provincia de Recuay, en el departamento de Ancash, en donde la actividad minera siempre ha creado escenarios económicos positivos mas no saludables ni creados protocolos en cuanto a sus pasivos ambientales. La zona de Ticapampa y Recuay han sido sectores de claro desarrollo minero años atrás, pero en el presente estos distritos han quedado duramente afectados por los relaves mineros como consecuencia de este sector industrial. Por esta situación nos vemos en la obligación de crear un filtro ecológico a partir del carbón activo de cáscara de naranja con el proceso de remoción de plomo.

Fernández y Flores, (2019) En su trabajo “Remoción de metales pesados de efluentes minero-metalúrgico mediante filtro bioadsorbente con fibras lignocelulósicas en Santa Rosa Quives, Lima”. El objetivo de este trabajo es evaluar el porcentaje de eficiencia de remoción de metales pesados en el efluente minero compañía artesanal santa rosa con filtros de cáscara de naranja, plátano y coco, para remover metales como (Pb, Fe y Cu).la metodología consistió en un tiempo de contacto de 3 horas con un pH de 7,3 y el tamaño de partícula fue de 0.250 mm. En conclusión, la cáscara de naranja con 100 gr/l de tuvo mayor remoción de plomo (Pb) al (97.34%) también.

Ruiz, (2018) “Obtención de carbón activado a partir de cáscara de naranja (*Citrus sinensis* L. Obseck) y su aplicación como adsorbente de plomo (II) en disolución acuosa”. Para ello se analizó contenido de humedad, densidad aparente, contenido de carbono fijo, contenido de materia volátil, también se estudió la impregnación de los carbones activados en base a su rendimiento obtenidos. dando como resultado la remoción del 98,85% del metal pesado contenido en la muestra en condiciones de laboratorio óptimas.

Pacheco, Pimentel y Roque, (2018) Estudiaron “Cinética de la bioadsorción de iones cadmio (II) y plomo (II) de soluciones acuosas por biomasa residual de café (*Coffea arabica* L.)”. Como objetivo descubrir la cantidad y porcentaje de remoción de plomo por el método intercambio iónico utilizando con el procedimiento de prueba de jarras. Se comprobaron también las velocidades angulares más eficaces para la remoción de plomo. Como resultado de su

investigación obtuvo los resultados con 50 mg/L de residuos de café se removió 60,50% de plomo y con 70 mg/L se redujo el 48,75% de remoción de plomo.

Ramírez, (2016) Trabajo en “Bioadsorción de cobre, cadmio, plomo y manganeso con cáscara de naranja de las aguas de la laguna colquicocha”, Trabajó en la remediación de la laguna colquicocha ubicada en el Distrito de Oyón, Provincia de Oyón, la que tiene una incidencia muy alta en contaminación de metales lo cual dificultan el desarrollo normal de la vida acuática. Desarrollando una investigación Tecnológica y aplicada el cual utiliza la cáscara de naranja como materia experimental para demostrar la biosorción de dichos metales. Lo cual se desarrolló en etapa experimental con muestras de la laguna en laboratorio con condiciones óptimas similares de la laguna ($\text{pH} = 7,5$ y $t^\circ = 7^\circ\text{C}$); se concluyó exitosamente la reducción de cobre en 0,02 mg/L que significa el 66,7% con respecto a la concentración inicial y en el caso de cadmio bajo hasta en 0,041mg/L que demuestra una reducción del 84% con respecto a los datos iniciales y el magnesio hasta en 3,68mg/L que nos refleja una reducción de 53.97% con respecto al porcentaje inicial.

Aguilar y Flores, (2018) En su tesis “Evaluación de la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) como material adsorbente natural de ion metálico Cu(II)” tuvo como objetivo investigar la biosorción de Cu(II) usando como material biosorbente la cáscara de naranja “*Citrus sinensis*” pretratada. Se tomaron variables independientes como el PH, tamaño de la partícula, el tiempo de contacto para obtener el resultado de remoción obteniendo las isothermas de langmuir y freundlich. concluyendo que el tiempo ideal de contacto es de 2 horas, para remover el Cu(II).

Justificación

Según estudios recopilados en el año 2013, se realizó un diagnóstico de residuos sólidos en el Perú lo cual nos indica que más del 50% de los residuos sólidos tienen una composición física, residuos sólidos domiciliarios y no domiciliarios bajo esta situación nos vemos en optar por metodologías que nos permitan añadir un valor económico a estos residuos orgánicos para ello es la obtención de carbón activado a partir de la cáscara de naranja (*Citrus Sinensis* Linn Osbeck) realizando un biofiltro, por otro lado tenemos al plomo un metal toxico y pesado y peligroso si se produce su ingesta, ya que la USEPA (2016) lo ha catalogado entre las 20 sustancias químicas más perjudiciales para la salud de las personas.

Planteamiento del problema

Realidad Problemática

El Río Recuay transporta plomo hacia el Río Santa, y así como existen poblaciones que se abastecen con el agua del Río Recuay también la población que consume agua del Río Santa está expuesta a consumir cierta cantidad de plomo.

Según Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos – DGCRH y la autoridad nacional del agua (ANA) realizaron un estudio para ver la calidad de agua en la cuenca del Río Santa concluyendo que el agua no es apta para el consumo humano constatando su contaminación por metales tóxicos los cuales incrementan debido a la presencia de pasivos mineros y ríos tributarios que confluyen en el Río Santa.

Por eso se opta por nuevos biomateriales alternativos para la remoción de plomo en el agua que abastece al toda a una parte de la zona costera de Ancash a través de la Cáscara de Naranja, de tal manera que reduzca los gastos y a la vez contribuir con el desarrollo sostenible en la elaboración e investigación de nuevos métodos naturales para solucionar este problema público.

El motivo del interés por obtener soluciones de remoción de plomo económicas, es por la falta de tratamiento de aguas en el Río Recuay, estos pobladores consumen el agua directamente y no conocen el riesgo de consumir dicha agua, de igual manera, no existen investigaciones en este rubro en dicha zona, por ello se quiere incentivar a seguir con nuevos descubrimientos y soluciones para mejorar la calidad de agua.

El plomo es una sustancia tóxica que se va acumulando en el cuerpo afectando a diversos sistemas del organismo, con efectos especialmente dañinos en los niños de corta edad que consumen el agua del Río Santa.

El plomo (Pb) es un metal altamente tóxico que se acumula en el cuerpo humano afectando los sistemas del organismo, causando daños irreparables.

Problemática por la contaminación de plomo a nivel, nacional y regional.

- A nivel nacional

Al analizar la problemática que existe en el tratamiento para la remoción de plomo, observamos que existen muchas deficiencias debido a que existen empresas mineras y terrenos con plomo que fluyen hacia el Río Recuay; existe un solo lugar en Perú, específicamente en Arequipa, el cual se encarga de remover plomo con elementos químicos.

Se ha comprobado en nuestro país que utilizando las cáscaras de la naranja obtenemos buenos resultados para la purificación, coagulación y floculación del agua contaminada.

- A nivel regional

Partimos nuestra investigación buscando un nuevo conocimiento y dosis precisa, debido a que en nuestra región no se fomentan estos métodos, según estudios realizados en nuestra zona se comprueba que el Río Santa y la mayoría de sus afluentes contienen plomo en sus aguas, y la población la sigue consumiendo.

Por lo expuesto líneas arriba se plantea el siguiente problema:

¿Utilizando la dosis de 40 Gr/L y 80 Gr/L de ceniza de cáscara naranja (*Citrus Sinensis* Linn Osbeck) se removería el plomo de las aguas del Río Santa (Recuay)?

Conceptuación y operacionalización de las variables

Agua potable

Según la norma peruana para Agua potable DS N°031 – 2010 – SA publicada en el 2011 y vigente hasta la fecha, se considera como agua potable aquella apta para el consumo humano y que cumple con los parámetros físicos, químicos (Tabla 1) y microbiológicos establecidos en dicha norma.

Tabla 1. Valores químicos de tipo inorgánico de alto riesgo para la salud

Parámetro	Límite máximo permisible (mg/l)
Arsénico	0.01
Bario	0.7
Boro	0.3

Cadmio	0.003
Cianuros	0.05
Cromo	0.05
Mercurio	0.0001
Níquel	0.02
Nitrato	45
Plomo	0.01
Selenio	0.01

Fuente: Reglamento de la Calidad del agua para Consumo Humano

Presencia de metales pesados en fuentes de agua

La cantidad de metales en el agua se debe a la propiedad que tiene esta de disolver la mayoría de sustancias con las que tiene contacto, entre los contaminantes se tiene el arsénico, cromo, cadmio, mercurio y plomo; por lo tanto, las empresas industriales y mineras arrojan al ambiente metales tóxicos, lesivos para la salud humana y otras formas de vida, la lesividad de los metales pesados se incrementa al no ser química, ni biológicamente degradables. Una vez dispersos pueden permanecer en el ambiente durante buen tiempo (Cuadra y Romero 2006).

Características de la naranja

Son arbustos desarrollados, que presentan a lo largo de todo el año características como hojas verdes, flores perfumadas y brillantes con forma esférica su forma depende mucho de la porta injerto y de las condiciones climáticas y tipo de suelo para su crecimiento.

Citrus X Sinensis, es parte de la familia las rutáceas, con un pH entre 2,5 y 3,0 según la madurez tamaño y variedad de la pieza. Su componente principal de la naranja es la vitamina C tiene beneficios con efectos como antiinflamatorio antioxidante y antitumoral también es anticancerígeno (Morales y Noriega, 2015)

A continuación, se detalla la ficha botánica para la investigación para la obtención de carbón activado (Swingle, 1946):

Tabla 2. Características botánicas de naranja.

Variedad	Valencia
Reino	Plantae
División	Magnoliophta
Orden	Geraniales

Familia	Rutaceas
Sub familia	Aurancioideas
Genero	Citrus
Especie	Citrus sinensis L.obseck

Fuente: Google Wikipedia (2015)

Según la producción mundial de naranja el 60 % corresponde a la variedad de Naranja Valencia (Palacios, 2005). La agro industrialización de la naranja va hacia la producción de jugos, con un registro de entre el 23 y 40 % de su peso es cáscara de naranja que se desecha (Marulanda, 2001) generando un problema en su eliminación (Cerón, 2011).

La fruta de naranjo es una baya policarpelar, carnosa, formada por 2 secciones fácilmente visibles.

- Corteza o cáscara: se le conoce como Flabelo y está entre epicarpio y mesocarpio. El epicarpio es la capa externa y de color del fruto aquí se encuentran los lípidos en abundancia, aceite aromáticos y cromoplastos, el mesocarpio o llamado también albedo está conformada por hemicelulosa, celulosa y pectinas y vitamina C.
- Endocarpio: constituye la pulpa carnosa comestible encontrando visiblemente porciones separadas por mericarpos llamados literalmente “gajos”.

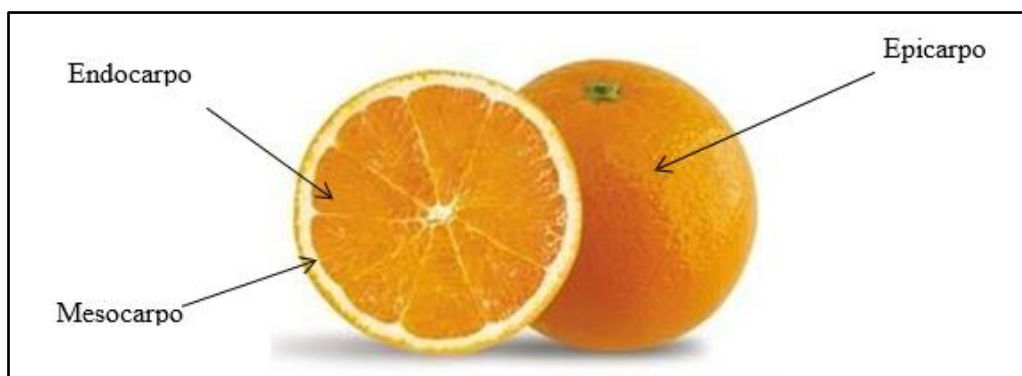


Figura 1. Estructura de naranja

Fuente: Infoagro (2012)

Hawkins (2012) concluyo que aproximadamente el peso de la naranja está constituido de 83,2 % pulpa (Endocarpio), 11,0 % cáscara externa (Epicarpio) y 5,8 % albedo (cáscara interna).

Con un porcentaje de humedad en el albedo de 39,6%.

En el año 2013, según información de Exportadores de Fruta Fresca del Hemisferio Sur, la producción mundial fue de 72,5 Millones de TN y entre los mayores productores están Estados Unidos de América, Brasil y china.

Producción en el Perú

A nivel mundial el Perú en producción de cítricos ocupa el puesto catorce (Procitrus, 2013). En el Mismo año tuvo aproximadamente 27,538 Ha. Cosechadas de naranja, con una producción de 436,380 TN (MINAGRI,2014). en la figura 2 se aprecia la evolución creciente de la producción de la naranja en el Perú desde 2002 al año 2013

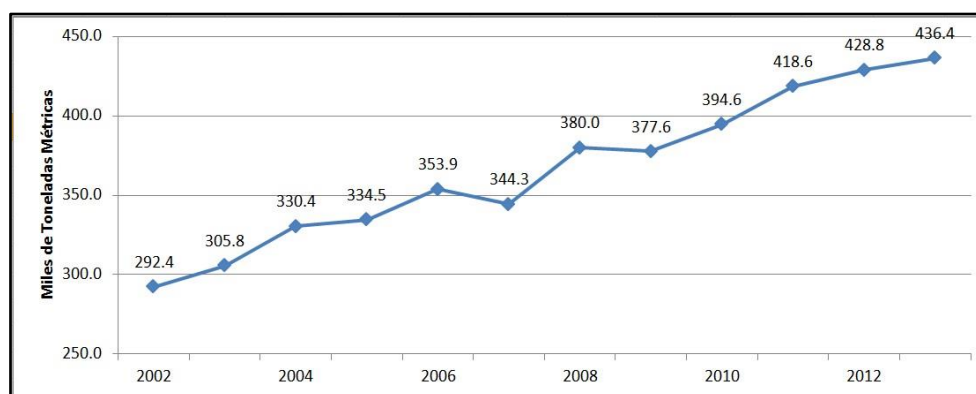


Figura 2. Producción de naranja en el Perú desde el año 2002 al 2013.
Fuente: Ministerio de Agricultura y Riego (2014).

Junín, Lima e Ica son los principales productores de naranja en el Perú (MINAGRI, 2014). En el cuadro se ubica cada departamento con su respectiva producción en toneladas y % de participación en el año 2013

Tabla 3. Producción de naranja por departamento en el año 2013.

Departamento	Producción en toneladas métricas	Porcentaje de participación (%)
Piura	1876	0,43%
Lambayeque	2473	0,57%
La Libertad	2675	0,61%
Cajamarca	6409	1,47%

Amazonas	5970	1,37%
Áncash	3522	0,81%
Lima	45127	10,34%
Ica	25823	5,92%
Huánuco	11262	2,58%
Pasco	630	0,14%
Junín	24509	56,17%
Huancavelica	317	0,07%
Arequipa	171	0,04%
Ayacucho	3773	0,86%
Apurímac	343	0,08%
Cusco	16000	3,67%
Puno	25817	5,92%
San Martín	26180	6,00%
Loreto	3047	0,70%
Ucayali	8614	1,97%
Madre de Dios	688	0,16%

Fuente: Ministerio de Agricultura y Riego (2014).

Propiedades físicas - químicas de la cáscara de naranja

La cáscara de naranja presenta en su composición química 10,89% de fibra, un pH de 3,93+/- 0,03 también presenta una capacidad de intercambio iónico de 8,04 meq/100 g de muestra y componentes como lo demuestra el cuadro.

Tabla 4. Composición física – química de la cáscara de naranja (*Citrus sinensis* L. Obseck).

	Materia Seca	90
	Proteína	6
Componentes Principales (%)	Carbohidratos	62.7
	Grasas	3.4
	Fibra	13
	Cenizas	6
	Calcio	2
Minerales (%)	Magnesio	0.16
	Fósforo	0.1
	Potasio	0.62
	Azufre	0.06
Vitaminas (mg/Kg)	Colina	770
	Niacina	22

	Ac. Pantotético	14.96
	Riboflavina	22.2
Aminoácidos (%)	Arginina	0.28
	Cistina	0.11
	Listina	0.2
	Metionina	0.11
	Triptofano	0.06

Fuente: (Demain A. Y Solomon N., 1986).

Carbón Activado

Los primeros indicios acerca de la adsorción en carbones porosos se registran desde el año 1550 A.C, encontrándose los registros en papiros egipcios y posteriormente descritas por Hipócrates y Plinio el Viejo, y finalmente utilizados con fines medicinales en el siglo 18 se trabajó con sangre, madera y animales, para la purificación de líquidos. Toda esta información es considerada como antecesora al carbón activado.

El carbón activado es preparado artificialmente con una estructura porosa bien definida y sólida lo cual le da una alta capacidad de adsorción (Martínez, 2012). El carbón está conformado por “poros “y son responsables del proceso de absorción (Marsh, 2006).

Tabla 5. Tipo de poro de acuerdo al tamaño del poro.

Tipo de poro	Tamaño (mm)
	Responsable de la adsorción
Micro poros	< 2
	Contempla la mayor área interna
Meso poros	Realiza el traslado < 50 - 2 >
Macro poros	Es la vía de ingreso al carbón activado > 50

Fuente: Menéndez (2006).

Métodos de Activación

Dependiendo del material y el método de activación determinara sus propiedades, textura y superficie (Delgadillo, 2011). Según el proceso de activación física o química se generará un material carbonoso con estructura porosa. Con factores como: tipo de precursor empleado, pretratamiento, modo de activación, etc., determinaran las características físico – químicas,

como la estructura porosa y la superficie del carbón activado (Martínez, 2012). En la Figura 7 se muestra el flujograma general de ambos métodos de activación.

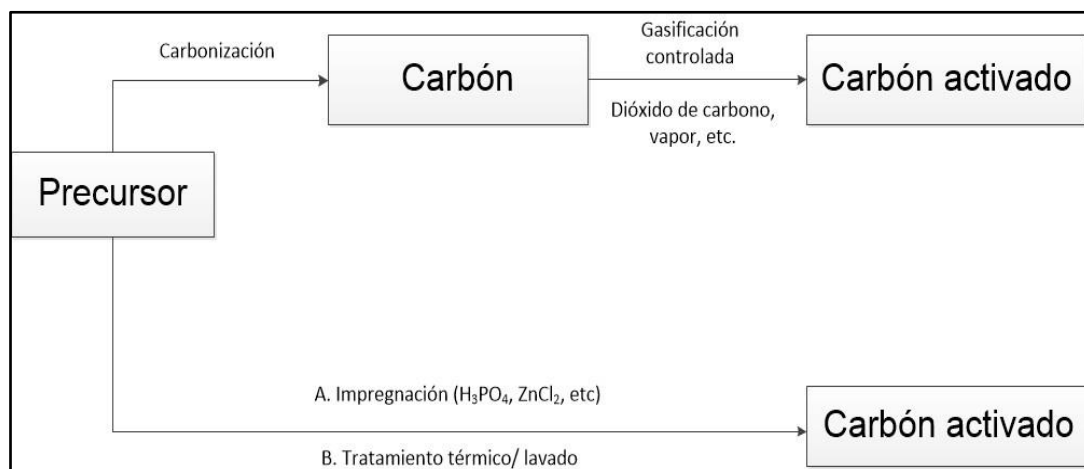


Figura 3.Flujograma general de la producción de carbón Activado
Fuente: Rodríguez-Reinoso (2002).

Activación física o térmica.

El termino (activación térmica) llamado por (Delgadillo, 2011). Se define en 2 etapas continuas: y activación del *char* y carbonización del precursor.

carbonización del material o precursor a una temperatura de 800 °C en una atmósfera inerte para la eliminación de sustancias volátiles. Produciéndose un producto con un alto contenido de carbono, llamado comúnmente *char* (Días et al., 2007).

El método de activación del *char* se obtiene mediante gasificación controlada, utilizando un agente oxidante suave usualmente vapor de agua o CO₂, dióxido de carbono, oxígeno y a una temperatura entre 800 y 1100 °C (Días et al., 2007).

Activación química:

Procedimiento desarrollado en una sola fase, calentando en atmósfera inerte una mezcla del agente activante con el material de partida. Las sustancias más usadas son: ácido fosfórico (H₃PO₄), Cloruro de zinc (ZnCl₂), ácido sulfúrico (H₂SO₄), y el hidróxido de potasio (KOH) (Menéndez, 2008). Con este tipo de activación la materia prima es carbonizada a temperaturas menores (450 – 900 °C) (Roopa, 2016).

Fue un método más usado hasta 1970 para la activación de material como la madera en la actualidad en el proceso de activación se ha prohibido el uso de $ZnCl_2$ debido a problemas medioambientales (Menéndez, 2008). pero no es prohibido en países como china produciendo el carbón activado.

La activación química con H_3PO_4 usualmente para activar químicamente desechos orgánicos. Mientras este proceso de impregnación se produce hay un aumento en la elasticidad de las partículas debido a que el ácido separa las fibras celulósicas,

resultando una despolimerización momentánea de la hemicelulosa y la lignina, que produce un hinchamiento de la partícula y a una baja en la resistencia mecánica del precursor (Molina, 2004).

Los precursores usados en este tipo de activación química con H_3PO_4 son en su mayoría residuos forestales tales como: madera, cáscara de coco, hueso de aceituna, etc. (Menéndez, 2008). La razón de impregnación más empleada con H_3PO_4 , suele ser de 1:5, la proporción modificará las propiedades del carbón activado obtenido. Y el rendimiento del carbón activado suele ser del 50% (Menéndez, 2008).

Los precedentes utilizados con H_3PO_4 en este tipo de activación química en su mayoría son restos agrestes, hueso de aceituna, cáscara de coco, madera, etc. (Menéndez, 2008). Y el rendimiento del carbón activado suele ser del 50% (Menéndez, 2008).

La activación química con KOH Se desarrolló en los años 70, para fabricar los denominados “carbones superactivados”, los precedentes preferibles para la activación con KOH son aquellos conformados por bajo contenido volátil y un alto contenido de carbono, como los carbones minerales de alto rango, coque de petróleo, carbonizados, etc.

Las ventajas que ofrece la activación química en comparación a la activación físicas son las siguientes:

- ✓ Se realiza en una sola fase.
- ✓ Requiere de bajas temperaturas de pirólisis.

- ✓ El rendimiento es mayor a comparación de la activación física.
- ✓ El rendimiento suele ser del 50 % (Menéndez,2008).
- ✓ Se produce un importante descenso en el contenido mineral de la muestra.
- ✓ Se puede desarrollar bien la microporosidad, pudiéndose controlar y mantener estrecha si se desea.

Aplicaciones del carbón activo

- ✓ Remueve impurezas en agua ‘y realiza tratamiento de aguas industriales para su uso potable usando carbones activados añadidos con porciones pequeñas de plata. Por su función bactericida y la eliminación de malos olores en aguas residuales.
- ✓ En el uso médico se usa para revertir el envenenamiento y sobredosis por ingesta oral.
- ✓ En la Recuperación de solventes por adsorción Cuando los solventes se encuentran contaminados con impurezas con un tratamiento a bajo costo.
- ✓ En la Purificación de aire y gases haciendo lo pasar por un filtro de columna de carbón activado granular para retirar vapores de aceite, olores y otros hidrocarburos del aire y del gas comprimido.
- ✓ Se utiliza para la maduración acelerada de frutas y verduras que es producida por etileno.
- ✓ Utilizado también para la Recuperación de oro y plata y en Varios procesos en la minería.
- ✓ También en la Decoloración de azúcares, mieles, Whisky, cerveza, vodka y caramelos
El carbón activado es empleado en las refinerías de azúcar de remolacha como adsorbente de impurezas coloreadas; el carbón activado proporciona un producto de mayor calidad y además permite flexibilidad en la manufacturación.

Parámetros de adsorción del carbón activado

La efectividad del carbón activo depende de distintos parámetros, donde se detalla los rangos de valores típicos para dichos parámetros.

❖ Temperatura

El nivel de la adsorción puedes incrementar debido a un decrecimiento en la temperatura debido a que las relaciones de adsorción son exotérmicas. también el incremento de la temperatura incrementa el nivel de difusión.

❖ Volumen de porosidad

Este factor se expresa en mg/g y depende mucho del grado de activación y en función de la materia organica.se usa un método analítico igual que se usa para determinar el radio medio de poro.

❖ Porosidad

Es determinante los tamaños de poros y canales para el transporte del adsorbato para el proceso de adsorción

❖ Área superficial

Está constituido por el área superficial especifica por unidad de masa para un sólido. Se determina por mediciones experimentales de isotermas de adsorción y cálculos de la máxima adsorbida en monocapa.

Se pueden presentar superficies del orden 500 m²/g a 2000 m²/g e incluso llegan hasta 3000 m²/g.

❖ Temperatura

Una diferencia importante es que en la adsorción de los solutos respecto a gases se encuentran en el rol de temperaturas. Determinando que el aumento de la temperatura incrementa la tendencia de una gasa salir de la interfaz, lo que causa un bajo porcentaje de adsorción.

Tabla 6.Principales parámetros con los que se especifica un carbón activado granular para el tratamiento de agua.

Parámetro	Unidades en las que se expresa	Rango de valores típicos
Área superficial	m ² /g	500 a 1200
Densidad aparente	g/cm ³	0,26 a 0,65

Tamaño efectivo de partícula	Mm	0,4 a 3,3
Contenido de cenizas totales	% base seca	3 a 15
pH del extracto acuoso	pH	2 a 11
Humedad (al empacar)	%	2 a 15

Fuente: Dirección General de Normas de la Secretaría de Comercio y Fomento Industria Mexicano. (s.f.)
Molina (2005).

Características químicas del carbón activado

❖ Densidad aparente

Es el peso en g/cm³ de carbón totalmente seco en aire. En conclusión, está formado por los poros y el espacio entre partículas. Esta característica es fundamental para establecer el volumen de cama necesarios para un volumen de carbón activado granular. Este valor determina en una gran parte el flujo de agua necesarios para lograr un buen retro lavado del carbón.

❖ Contenido de humedad

Si se tiene un porcentaje mayor de humedad, el porcentaje de carbón efectivo será menor Hassler (1988), mencionando que el porcentaje de humedad no afecta la adsorción.

❖ Contenido de material volátil

Según la norma ASTM (1976), nos muestra que el contenido de material volátil se muestra como la pérdida de peso de productos gaseosos excluyendo el vapor húmedo en la muestra del carbón activado.

❖ Contenido de ceniza

Es el resultado que nos queda después de calcinar el carbón a una temperatura de 6500 ° C hasta llegar a su peso constante. Nos refiere también que es un indicador de la calidad del carbón consumido. Una desventaja de la ceniza es que mientras mayor su porcentaje, la efectividad de carbón activado será menor (Hassler, 1988).

❖ Dureza.

Se refiere a la medición del agotamiento o la resistencia del carbón activado y un indicador importante para que se mantenga su integridad y estructura física. (soto.2007).

❖ PH

las partículas orgánicas conforman iones negativos con altos valores de pH. Al neutralizar las cargas negativas reduce considerablemente los implementos a la difusión y conduce a un número mayor de centros de adsorción activados. En el caso de un carbón que se activa con ácido fosfórico, el producto que sale del proceso de fabricación tiene fosfatos que al disolverse en agua se convierten en ácidos y por lo tanto disminuyen el pH.

Producción y demanda del carbón activado en el Perú

A nivel mundial las ventas de carbón activado alcanzaron aprox. \$595 millones en el año 2011. En el Perú el 99% de carbón activo que se utiliza es importado lo que equivale una cifra de inversión de \$667.4257 millones y un volumen al año de 4443.159 TN para el año 2014. La información sobre exportaciones e importaciones del carbón activado fueron registradas en el sistema de inteligencia comercial ADEX Data. Que es reportado por la Aduanas del Perú con partida arancelaria número 3802100000 – Carbones Activados.

En la Figura 4. Se aprecia el porcentaje de variación de las cantidades netas importadas y exportadas en el Perú desde el año 2000 al 2016.

Según estas cifras el aumento de las importaciones desde el año 2000 hasta 2016 ha sido de 24,20 % mientras que las exportaciones han sufrido una baja de 3,15%. Sin embargo, cabe mencionar que las toneladas de carbón activado exportado corresponden a reexportaciones (González, 2004).

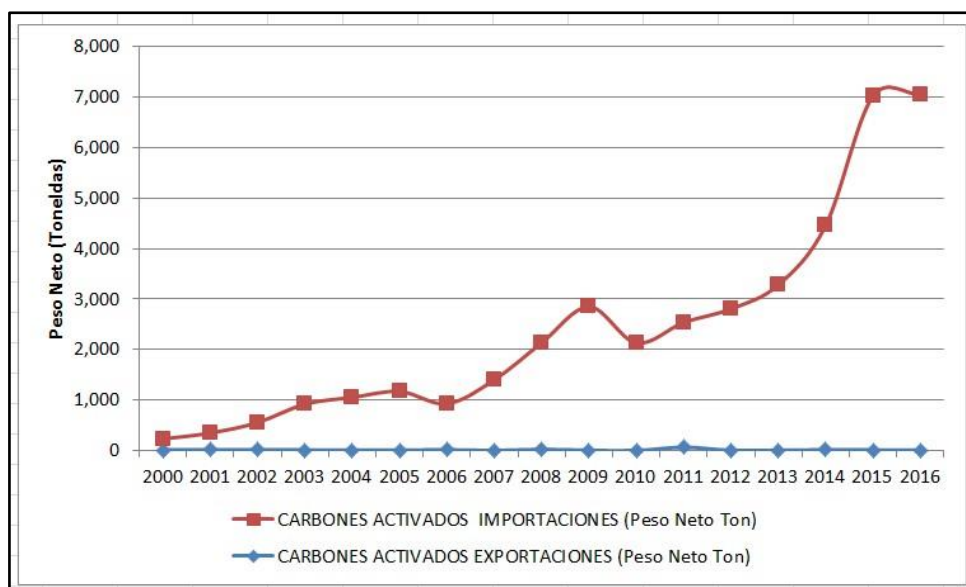


Figura 4. Variación de la cantidad total de importaciones y exportaciones de carbón activado en el Perú, desde el año 2000 al año 2016.
Fuente: Aduanas Perú (2017).

India, Países Bajos, china, filipinas y Sri Lanka fueron los principales exportadores para el Perú tal como se aprecia en la fig. 4.

Así mismo para el año 2016, el carbón activado importado por el Perú procedió desde China en un 64,18 %, India 13,21 %, Filipinas 7,75 %, Países Bajos 3,91 %, Sri Lanka 2,60 % otros 8,35% (Aduanas Perú, 2017).

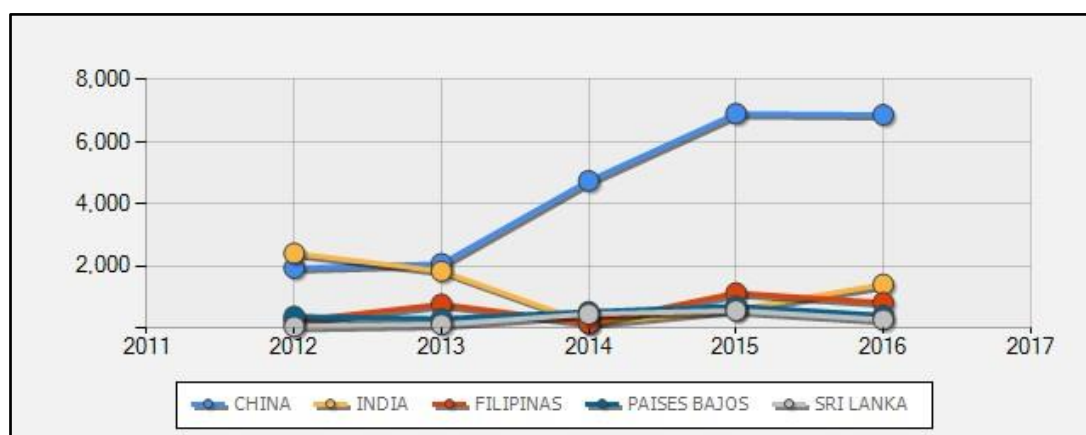


Figura 5. Evolución de mercados de procedencia del carbón activado importado por el Perú del 2012 al 2016 (Miles USD FOB).
Fuente: Aduanas Perú (2017)

Proceso de adsorción

Este término “sorción” se usa para describir todo tipo de captura de una sustancia tanto desde la superficie externa, así como la superficie interna de sólidos porosos o líquidos (Skoulikides, 1989). La adherencia de partículas a una superficie se llama adsorción, La sustancia que se fija por adsorción es el adsorbato y el material subyacente que se analiza en esta sección es el adsorbente o sustrato. El proceso opuesto de la adsorción es la desorción (Levine, 2014). La palabra adsorción incluye la absorción de componentes gaseosos o líquidos de mezclas desde la superficie externa y/o interna de sólidos porosos (Shelef *et al.*, 2000).

Tipos de sorciones

La adsorción física envuelve solo fuerzas intermoleculares relativamente débiles, mientras que, la adsorción química comprende esencialmente la formación de enlaces químicos entre la molécula del sorbato y la superficie del adsorbente. Casi todo el proceso de separación por adsorción depende de la adsorción física mucho más que de la adsorción química (Ruthven, 1984).

Ruthven (1984) y Rouquerol (2014) resumen las características importantes que distinguen a la fisisorción y la quimisorción:

- a) La fisisorción es, en general, un fenómeno con relativamente baja especificidad.
- b) Las moléculas quimisorbidas están vinculadas a partes reactivas de la superficie y la adsorción es necesariamente confinada a la monocapa. A presiones relativamente altas, generalmente la fisisorción ocurre a multicapas.
- c) La molécula fisisorbida mantiene su identidad y durante la desorción retorna al fluido en su forma original. La quimisorción puede implicar la pérdida de la identidad de la molécula adsorbida y no puede ser removida por desorción.
- d) La energía de la quimisorción es del mismo orden de magnitud que la de una reacción química comparable. La fisisorción es siempre exotérmica, pero la energía implicada es generalmente no mucho mayor que la energía de condensación del adsorbente. Sin embargo, esta energía en la fisisorción aumenta considerablemente si se da en los poros estrechos.

- e) Durante la fisisorción no se da la interferencia de electrones, sin embargo, la polarización puede ocurrir. En la quimisorción se da transferencia de electrones que conduce a la formación de enlaces entre el sorbato y la superficie.
- f) La fisisorción es solo significativa a temperaturas relativamente bajas, mientras que la quimisorción se da en un amplio rango de temperaturas.

Capacidad de adsorción

Para determinar la capacidad de adsorción (q_e) de los carbones activos se emplea la

$$\frac{q_e = (C_o - C_e) V}{M} \quad \text{Ecuación 1 (Lavado } et al., 2010):$$

q_e : Es la capacidad de adsorción en el equilibrio (mg de soluto/ g del adsorbente) C_o : Es la concentración inicial (mg/L) en una solución de volumen (L)

C_e : Es la concentración en el equilibrio (mg/L) luego de la adsorción

M : Es la masa del adsorbente (g)

V : Volumen de la solución (L)

Plomo

El plomo es un metal gris-azulado inorgánico que se encuentra naturalmente en pequeñas cantidades de la corteza terrestre (Vilchis, 2013). El plomo se presenta en un gran número de yacimientos a lo largo de la cordillera peruana, asociados generalmente al zinc, plata, cobre y otros metales (Samamé, 1981). En la naturaleza el plomo se presenta como galena (PbS), la cual es la forma primaria del plomo (Eisler, 1988). El plomo se obtiene básicamente de la galena y, en menor proporción, de otros minerales de plomo asociados a la galena y a los sulfuros complejos como la anglesita ($PbSO_4$), cerusita ($PbCO_3$), crocoita ($PbCrO_4$), etc. (Sublet *et al.*, 2003). En el Cuadro 7 se muestran las propiedades fisicoquímicas del plomo.

Tabla 7. Propiedades físico - químicas del elemento plomo.

Propiedad	Medida	Propiedad	Medida
Número atómico	82	Radio atómico (Å)	1,75
Valencia	+2 y +4	Masa atómica (g/mol)	207,2
Estado de oxidación	2+	Densidad (g/ml)	11,342
Radio covalente (Å)	1.47	Punto de ebullición (°C)	1 749
Radio iónico (Å)	1.2	Punto de fusión (°C)	328

Fuente: Martín (2008)

Propiedades del plomo

A continuación, se describen algunas de las propiedades más resaltantes del plomo (International Lead Association, 2016):

- a. Elevada densidad: El plomo posee una elevada densidad; $11,3 \text{ g/cm}^3$; en comparación con otros metales. Esto debido a su elevada masa atómica (207) y una estructura densa. Esta alta densidad le confiere una particular atenuación de los rayos X, rayos gamma y ondas sonoras.
- b. Maleabilidad: El plomo es muy maleable, es decir se puede deformar con facilidad a diferencia de la mayoría de los metales cuya deformación es muy limitada antes que el metal se torne duro y quebradizo, por lo que se debe recocer el metal. El plomo se funde a una temperatura mucho menor que la mayoría de los metales. Esto permite una deformación extensiva antes de la fractura, sin necesidad de recocer el metal.
- c. Resistencia a la tracción: La resistencia del plomo a la tracción es muy inferior a la de otros metales comunes.
- d. Corrosión: La corrosión del plomo suele ser muy lenta, ya que muchos de sus compuestos pueden formar barreras protectoras en la superficie del metal. El plomo generalmente muestra buena durabilidad cuando se expone al aire y a muchas soluciones acuosas, incluso en algunos ambientes bastante hostiles.
- e. Coloración: Muchos compuestos del plomo poseen colores fuertes, muchos de los cuales no se alteran luego de ser expuestos prolongadamente al sol. Los compuestos son relativamente estables, y pueden ser encontrados en pinturas y otros colorantes.

Aplicaciones del plomo

Aproximadamente un 40 % del plomo se utiliza en forma metálica, un 25 % en aleaciones y un 35 % en compuestos químicos (Nordberg, 2000). Algunos ejemplos de sus aplicaciones industriales son: las fundidoras de metales, el vidriado de piezas, la fabricación de baterías y soldaduras, esmaltes, antidetonantes y municiones. La principal aplicación es la fabricación de baterías para autos. Otras aplicaciones importantes son la fabricación de forros protectores para cables eléctricos como los de televisión, internet, etc., materiales de soldadura, municiones, fabricación de pigmentos sintéticos, como químico para la refinación del petróleo, entre otros; como se puede observar en la Figura 6.

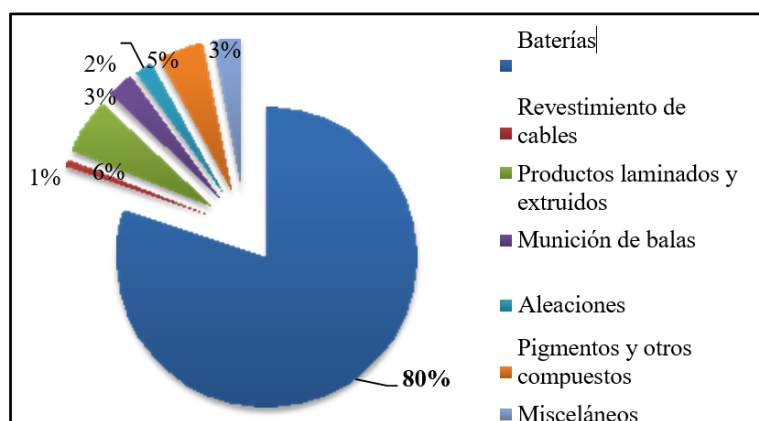


Figura 6. Usos del Plomo.
Fuente: ANA Perú (2017)

Los aceites reutilizados de motores, las pilas y baterías usadas, así como la combustión de productos con plomo o compuestos de plomo, son fuentes de desechos que contienen plomo (Aguilar *et al.*, 1999).

En el Perú los usuarios no domésticos que realicen las siguientes actividades económicas industriales deben presentar en sus informes de monitoreo de efluentes al plomo como uno de los parámetros (VIVIENDA, 2012):

- ✓ Fabricación de pasta de madera, papel y cartón
- ✓ Fabricación de papel y cartón ondulado y de envases de papel y cartón
- ✓ Actividades de servicios relacionadas con la impresión
- ✓ Fabricación de sustancias químicas básicas y de otros productos químicos
- ✓ Fabricación de pinturas, barnices y productos de revestimiento similares, tintas de imprenta y masillas

- ✓ Fabricación de productos primarios de metales preciosos y otros metales no ferrosos, en el caso la empresa realice procesos de galvanoplastia
- ✓ Fabricación de armas y municiones
- ✓ Tratamiento y revestimiento de metales; maquinado
- ✓ Fabricación de vehículos automotores
- ✓ Fabricación de bicicletas y de sillones de ruedas para inválidos

En el caso de la industria de galvanoplastia, se emplea el plomo debido a su elevada resistencia a la corrosión, gran maleabilidad y como protector de radiaciones ionizantes. Los óxidos de plomo se utilizan en las placas de las baterías eléctricas y los acumuladores (PbO y Pb_3O_4) (Gladstone *et al.*, 2012). El plomo se emplea también en procesos de estiramiento de placas y en el decapado el cual consiste en limpiar el material con sustancias químicas y agua a presión, para eliminar óxidos (CEPYME, 2010). Se utiliza también, para el revestimiento de cables y como componente de soldadura.

En el caso de la industria de pinturas, se ha eliminado en cierto grado el uso de pigmentos de plomo debido a su toxicidad, sin embargo, se continúan empleando por la intensidad que confieren al color y sus bajos costos. Por ejemplo, el Pb_3O_4 se emplea en la fabricación de pinturas. Las sales de plomo constituyen la base de muchas pinturas y pigmentos: el carbonato y el sulfato de plomo se utilizan como pigmentos blancos y los cromitos de plomo sirven para obtener amarillo, naranja, rojo y verde de cromo. El naftenato de plomo es un agente secante muy utilizado. Las sales orgánicas de elementos metálicos (cobalto, manganeso, plomo, calcio, zinc, vanadio, hierro, serio y zirconio) se emplean como secantes en la fabricación de pinturas. En el caso de las industrias de pinturas los efluentes con valores elevados de plomo se dan durante las siguientes operaciones: lavado de estanques de preparación de pinturas en base solvente, lavado de estanques de preparación de pinturas al agua y lavado de reactores de fabricación de resinas (SINIA, 1998).

Los óxidos de plomo son componentes de barnices y esmaltes. El acetato de plomo también tiene usos importantes en la industria química, como fijador de tintes.

El tetraetilo de plomo se utiliza como agente antidetonante para la gasolina en aquellos países en que la legislación aún lo permite. Los alquilos de plomo (compuestos de plomo orgánico) en las gasolinas están sujetos a restricciones legales en muchos países y a limitaciones

de los fabricantes con apoyo gubernamental en otros. En muchas jurisdicciones se ha prohibido su uso por completo.

El plomo metálico se utiliza en forma de planchas o tubos cuando se requiere una gran maleabilidad y resistencia a la corrosión, como en la industria química o en la construcción.

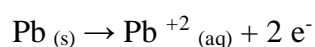
Existen muchos otros ejemplos de usos del plomo en la industria, tales como: los óxidos de plomo que son empleados en la fabricación de vidrio, el arseniato de plomo que es empleado como un insecticida, los óxidos de plomo se emplean como agentes de mezcla en la fabricación de caucho (PbO), la industria automovilística emplea el plomo como empaste, el sulfato de plomo utilizado en mezclas de caucho, etc. (Nordberg, 2000)

Disolución de plomo en fase acuosa

Las aguas naturales rara vez contienen plomo por encima de 0,05 mg/L. No obstante, los múltiples usos industriales del plomo constituyen el medio de exposición más frecuente y más directa para el ser humano (Aguilar *et al.*, 1999).

El plomo se encuentra en cuatro estados de valencia: elemental (Pb⁰), monovalente (Pb⁺), divalente (Pb²⁺) y tetravalente (Pb⁴⁺). Todas estas formas son ambientalmente importantes, exceptuando posiblemente el plomo monovalente (Eisler, 1988). Scoullos (1986) mencionado por Eisler, señala que el plomo se encuentra mayormente como Pb²⁺.

El metal se disuelve en iones metálicos acuosos y se da la generación de electrones:



La química del plomo es compleja, en el agua el plomo es más soluble y biodisponible bajo condiciones de bajo pH, bajo contenido orgánico, bajas concentraciones de sales de calcio, hierro, manganeso, zinc y calcio (Eisler 1988).

IPCS (1989) señala que los compuestos inorgánicos de plomo son poco solubles en agua, sin embargo, a temperaturas elevadas en un rango de 0 °C a 40 °C, la solubilidad es mayor.

Benes *et al.* (1985) nombrado por Eisler (1988), señalan que el plomo y sus compuestos tienden a concentrarse en la micro capa superficial del agua (arriba de los 0,3 mm),

especialmente cuando se encuentran presentes materiales orgánicos. En el agua, el plomo existe en tres formas: disuelta lábil (Pb^{+2} , PbOH^+ , PbCO_3), disuelto ligado (coloides o fuertes complejos), o como partículas. Las formas lábiles representan una parte significativa de los depósitos provenientes de la atmósfera, las formas particuladas y ligadas son comunes en desagües y/o efluentes mineros.

Desafortunadamente, la reducida información disponible sobre la especiación del plomo en soluciones acuosas ha limitado seriamente el entendimiento del transporte y remoción del plomo (IPCS, 1989).

La biodisponibilidad del plomo es generalmente más baja, cuando se encuentra presente materia orgánica, sedimentos o partículas minerales (IPCS, 1989).

Eisler (1988) señala a la concentración del ión libre como uno de los factores más importantes, que influyen en la toxicidad acuática del plomo, el cual afecta la disponibilidad del plomo para los organismos, asimismo la toxicidad inorgánica de las sales de plomo.

Los diagramas de distribución de especies permiten conocer qué forma del metal predomina según el pH del medio en el que se encuentra. Por lo que se puede saber a partir de qué pH el metal empezará a precipitar.

En la Figura N° 07 se puede observar que a partir de un pH superior a 5 el plomo puede presentarse en la solución como $\text{Pb}(\text{OH})_2$ y que a partir de un pH mayor a 6 la concentración del plomo como ión Pb^{+2} decrece drásticamente. En medio acuoso, a pH menores a 7.8, puede encontrarse plomo Pb^{2+} un catión incoloro debido a la estabilidad de su configuración electrónica ($[\text{Xe}]6s^2$) que impide transiciones electrónicas en longitudes de onda del espectro visible.

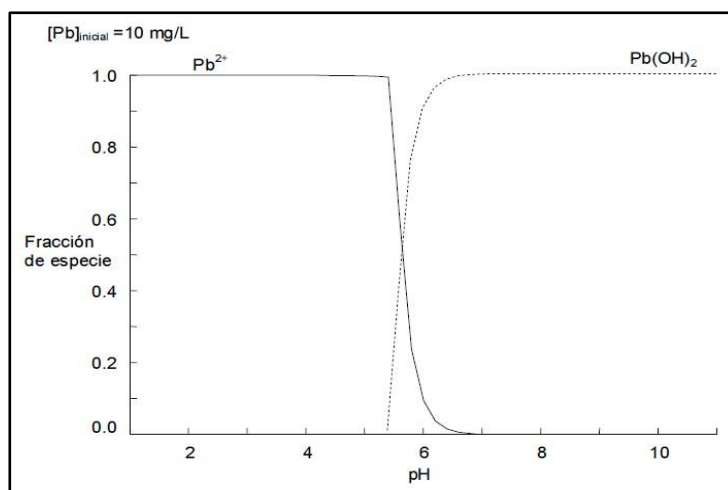


Figura 7. Diagrama de distribución de especies de plomo.
Fuente: Hernáiz, *et al.* (2007)

Efectos nocivos del plomo

La USEPA (2016) lo ha clasificado entre las 20 sustancias químicas más peligrosas para la salud humana (Lavado *et al.*, 2010). El plomo es un contaminante mayor en el ambiente y genera gran preocupación para la salud humana y los ecosistemas (Ortiz *et al.*, 2009) debido a que por su peso atómico tiende a acumularse en suelos, sedimentos y cuerpos de agua en forma rápida (Sharma y Dubey, 2003), y a permanecer en el ambiente como un contaminante atmosférico.

Lo más preocupante es que los efectos de la exposición al plomo son visibles tanto a largo como corto plazo, y no es necesaria la exposición a muy elevadas concentraciones para presentar síntomas (Zhao *et al.*, 2014).

a. Salud humana

Entre los efectos documentados de intoxicación crónica por plomo están la disminución de la fertilidad en ambos sexos, bajo peso al nacer y déficit de talla, disminución del coeficiente intelectual, disminución de agudeza auditiva, daño renal, hipertensión, anemia, trastornos digestivos, dificultades para la concentración y memoria, dolores musculares y en articulaciones, osteoporosis, alteración de mecanismos de defensa del organismo y del metabolismo de drogas en el hígado (Poma, 2008). El plomo no tiene ninguna función conocida en el cuerpo humano, pero puede competir con el metabolismo del calcio y del hierro (Azcona *et al.* 2015). Es muy mencionada la disminución de la capacidad intelectual

en niños debido a la exposición prolongada a plomo (Jarup, 2003), así como desórdenes neuro psiquiátricos como deficiencia de atención y comportamiento antisocial (Bellinger, 2008).

La OMS ha establecido que la máxima concentración permisible de plomo en el agua potable es de 0,01 mg/L. Las principales fuentes de ingreso del plomo al organismo son el aire inhalado, los alimentos y el agua de bebida (Moore *et al.*, 1985).

b. Salud animal

En muchos estudios se ha observado el proceso de bioacumulación y biomagnificación de plomo a través de la cadena alimenticia, encontrándose, por ejemplo, que existe una transferencia de Pb desde aguas contaminadas hacia el ganado ovino, acumulándose principalmente en el hígado de estos animales (Cai *et al.*, 2009). El mismo hecho fue reportado en gallinas por la ingesta de insectos cuya base de alimentación eran plantas localizadas en lugares contaminados (Zhuang *et al.*, 2009). Si bien muchos otros estudios demuestran que el plomo tiende a decrecer en concentración a su paso por la cadena trófica; sus efectos no deberían ser pasados por alto.

c. Sistemas acuáticos

Los organismos incorporan plomo del medio ambiente, generalmente en proporción a la cuantía del contaminante. En las especies acuáticas la toma de plomo puede ocurrir desde la superficie del agua y del sedimento, aunque la toma desde el sedimento usualmente es la predominante (Bernales, 2006).

Flegal (1895) citado por Eisler (1988), señala que, entre la biota acuática, las concentraciones de plomo usualmente son altas en algas y en organismos bentónicos y menores en los niveles tróficos más altos ya que con el plomo la biomagnificación no se presenta dentro de la cadena alimenticia.

d. Plantas

Para el caso de las plantas, el síntoma predominante en plantas no tolerantes al plomo es un severo retraso en su crecimiento, menos peso de las raíces y aparición de nuevos brotes en la planta (Verma y Dubey, 2003), debido a alteración de actividad enzimática, así como de

la nutrición mineral y el balance hídrico, afectando en general el estado hormonal y celular, También es marcada la disminución en los niveles de fotosíntesis, debido a la inhibición del transporte de electrones (Miles *et al.*, 1972), con la consecuente reducción en la acumulación de carbohidratos producto principal de la fotosíntesis (Huang *et al.*, 1974).

Tratamiento del plomo en efluentes industriales

Se debería evitar la producción de contaminantes y de ser inevitable, capturarse en el punto de generación para tratarlos inmediatamente, idealmente para su reutilización en el propio proceso industrial (Pereda, 2007). En el Cuadro 8 se mencionan diferentes técnicas de remoción de metales pesados en aguas residuales y las ventajas y desventajas inherentes a cada uno de los métodos. Es importante mencionar que la selección de la técnica de tratamiento más conveniente para la remoción de plomo depende de la concentración inicial, de las características del agua residual, del capital y costos de operación, de la flexibilidad de la planta de tratamiento, el impacto ambiental, etc. (Kurniawan *et al.*, 2006).

Tabla 8. *Métodos empleados para la remoción de plomo en aguas residuales*

Método	Desventajas	Ventajas
Precipitación química	Elevada generación de lodos, dificultad de separación, baja efectividad y limitado a elevadas concentraciones.	Simple y barato.
Oxidación química o reducción	Se requiere personal especializado, rendimientos bajos.	Mineralización.
Tratamiento electroquímico	Limitado a concentraciones elevadas y costoso.	Recuperación del metal.
Ósmosis inversa	Limitado a elevadas concentraciones, costoso y se requieren presiones elevadas. Costos elevados.	Efluente reutilizable.
Intercambio iónico	Resinas costosas y la regeneración de las resinas genera contaminación.	Recuperación del metal.
Evaporación	Costoso y genera lodos.	

Adsorción	El adsorbente puede ser costoso.	Recuperación del metal y efectivo a concentraciones relativamente bajas.
-----------	----------------------------------	--

Fuente: Volesky (2001)

Otros métodos son: las extracciones orgánicas, tecnología de membranas, adsorción. Otros procesos están siendo investigados con el fin de retirar metales pesados de residuos líquidos, destacando: precipitación extracelular, la biosorción y la captación a través de biopolímeros purificados (Pagnanelli *et al.*, 2005). Los principales inconvenientes de la biosorción son que las características organolépticas afectan la calidad del agua post tratamiento, su aplicación a nivel industrial es limitada por la inestabilidad química y estructural del material (Lugo, s.f.). En el Cuadro 9 se observan algunas de las características de cada una de las tecnologías de remoción mencionadas.

Tabla 9. Características notables de las tecnologías empleadas para la remoción de metales pesados en efluentes industriales.

Tecnología aplicada	Tolerancia a los cambios de ph	Selectividad a los metales	Influencia de los sólidos en suspensión	Tolerancia a sustancias orgánicas	Niveles de metal óptimos soportables
Precipitación química	Alta	Baja	Baja	Alta	> 10
Electrólisis	Alta	Moderada	Baja	Alta	>10
Tecnología de membranas	Baja	Moderada	Muy alta	Intolerancia	>10
Intercambio iónico	Baja	Alta	Muy alta	Inactivan la resina	<100
Adsorción carbón activado	Baja	Moderada	Muy alta	Puede el carbón	<10
Extracciones orgánicas	Media	Alta	Muy alta	Intolerancia	> 5000

Fuente: Martín (2008)

Variable dependiente:

Características físicas y químicas y mecánicas de la ceniza de cáscara de naranja

Comportamiento molecular de la ceniza de cáscara de naranja

Nivel de remoción de plomo

Definición conceptual:

El plomo es un metal tóxico presente de forma natural en la corteza terrestre. Su uso generalizado ha dado lugar en muchas partes del mundo a una importante contaminación del medio ambiente, un nivel considerable de exposición humana y graves problemas de salud pública (OMS 2015).

Definición Operacional:

El instrumento usado para su medida será la espectrofotometría de absorción atómica, que mide la concentración de plomo presente en las soluciones de agua.

Indicador:

Esta expresado en porcentaje de remoción de Plomo (Pb) mg/l

Variable independiente

Las dosificaciones de 40g/l y 80 g/l de ceniza de cáscara de naranja (*Citrus Sinensis Linn Osbeck*)

Propiedades de la naranja

Proceso de activación de la cáscara de naranja

Definición conceptual:

Es la cantidad de polvo de ceniza de cáscara de naranja que se agregara a las soluciones de agua.

Definición Operacional:

El instrumento usado para su medida será una balanza analítica, que mide el peso expresada en gramos

Indicador

Esta expresado en gramos/ L

Hipótesis

La dosis de 40 gr /l y 80 gr/l de ceniza de cáscara de naranja (Citrus Sinensis Linn Osbeck) que permitiría remover el plomo.

Objetivos**Objetivos Generales**

Determinar la remoción de plomo del Río Santa utilizando un infiltro prototipo usando 40gr y 80 gr/l de ceniza de cáscara de naranja (Citrus Sinensis Linn Osbeck)

Objetivos Específicos

1. Determinar la composición química de la cáscara de naranja mediante el análisis de (EFRX: Eflorescencia de Rayos X).
2. Determinar las características térmicas de la cáscara de naranja por calorimetría diferencias de barrido(DSC) y análisis termogravimétrico (TGA)
3. Determinar la eficiencia de remoción de plomo en las dosis 40g/L y 80 g/L de cenizas de cáscara de naranja (método de un biofiltro prototipo) en el agua del Río Recuay (Ancash- Perú).
4. Determinar la influencia de la ceniza de la cáscara de naranja sobre el pH del agua del Río Recuay (Ancash- Perú).

II. Metodología

Para la presente investigación se utilizará un tipo y nivel de investigación aplicada, porque se trabajará con un diseño de investigación experimental, donde la población está conformada por toda el agua superficial del Río Santa (Recuay), y para nuestra muestra se realizarán 3 tomas de agua, la primera para el patrón, la segunda para la dosis de 40 gr/L y la tercera para la dosis de 80 gr/L.

Proceso de experimentación

Se procedió a recolectar agua en el Río Santa (Recuay) en las coordenadas Sur 9°44'52.5" y Este 77°26'42.2" el día 01 de marzo del 2020 a horas 6:40 am, ver imagen N°16; antes de recolectar la muestra, tomé algunas precauciones personales para cuidar mi salud integral como guantes, mascarilla, zapatos de acero. ver imagen N°17; una vez protegido recolecté el agua con la botella de 8 litros colocando a una profundidad del río de 20 cm para obtener mejor análisis de agua. Luego de recolectar mis 30 litros de agua extraje 1 litro en un recipiente de primer uso para mandar analizar el ensayo del barrido de metales y así realizar los objetivos de mi tesis, el recipiente de 1 litro se depositó en un cooler con hielo seco a una temperatura aproximada de 6° hasta llegar al destino Chimbote en un tiempo no mayor a 24 horas.

Procedimiento

Los recipientes de vidrio de 30 y 50 litros sirven para captar y rotar el agua que proviene del tanque elevado de vidrio de 60 litros, tienen una altura de 30 y 60 cm respectivamente. ver anexo N°01. Se perforo la base de cada recipiente de vidrio con un diámetro circular de ½" de tamaño del diámetro de la tubería.

La conexión de las tuberías se realizó mediante adaptadores, tee, llaves de paso, uniones, codos y una llave para ducha; ver imagen N° 04. El movimiento circular será por medio de un motor de lavadora de 60 watts, el cual se conecta directamente de un tomacorriente.

Cada recipiente de vidrio contacta con una base de estructura de diferente tamaño, para el tanque elevado tiene una altura de 110 cm, para el recipiente intermedio tiene una altura de 50

cm y para el recipiente pequeño una altura de 30cm. ver imagen N°04. Para comenzar el funcionamiento del biofiltro, primero se llenó el recipiente que funciona como tanque elevado hasta los 20 litros, ver imagen N°03; se procedió a abrir la llave de paso que conecta con la llave de ducha que se vierte en el segundo recipiente, ver imagen N°06; el mismo que está conformado por las capas de piedra de 1", ½" y confitillo previamente lavadas dentro de las mismas se le agregaron 30 gramos de polvo de ceniza de cáscara de naranja mecánicamente, ver imagen N°06 debido a que la dosis por litro es de 40 g/l , luego de eso se abre la llave de paso que conecta al primer recipiente durante 2 minutos ver imagen N°03 y se empieza a realizar el proceso de circulación entre el primero y segundo recipiente durante 1 hora con un sistema continuo cerrado con un caudal de 0.13 l/seg, luego con la ayuda de una jeringa se retira el agua del primer recipiente y se almacena en un envase refrigerado para llevarlo al laboratorio COLECBI.S.A.C y realizar los análisis de remoción de plomo ver imagen N°07 e imagen N°09.

Materiales, equipos y métodos

Elaboración del biofiltro prototipo para remover plomo

- ✓ 02 Recipientes de vidrio de 30x30x70
- ✓ 01 recipiente de vidrio de 30x30x30
- ✓ ✓ 01 tubo de ½"
- ✓ 01 Silicona para vidrio
- ✓ 07 Llaves de paso ½"
- ✓ 07 Adaptadores de PVC ½"
- ✓ 01 Motor de lavadora 60 watts
- ✓ 01 Llave francesa
- ✓ 03 Cinta teflón
- ✓ 01 Pegamento para tubería
- ✓ 01 Sierra PVC
- ✓ 01 Soldimix
- ✓ 09 Codos de ½"
- ✓ 03 Tee de ½"
- ✓ 01 Llave de ducha ½"
- ✓ 04 Unión universal de ½"
- ✓ 01 Taladro para vidrio

- ✓ 01 Diamante para vidrio
- ✓ 01 Wincha 5 metros
- ✓ Soporte metálico 38 cm
- ✓ Soporte metálico 50 cm
- ✓ Soporte metálico 110 cm

Materia prima

- ✓ Cáscara de Naranja (Mercado buenos Aires, Nuevo Chimbote, Ancash)
- ✓ Agua Río Santa (Recuay, Ancash)

Equipos

- ✓ Analizador térmico simultaneo TG-DTA-DSC
- ✓ Espectrómetro de FRDE (Amptek) con ánodo de oro con voltaje de 30 kv y una corriente de 15 μ a
- ✓ Estufa de secado
- ✓ Mufla de incineración
- ✓ Balanza analítica y de precisión
- ✓ Potenciómetro (Medidor de pH)
- ✓ Plancha de calentamiento

Materiales de laboratorio

- ✓ Probetas
- ✓ Botellas plásticas
- ✓ Mortero
- ✓ Cuchillo
- ✓ Pinzas meticas
- ✓ Tamiz molecular
- ✓ Tubos de ensayo
- ✓ Vasos precipitados
- ✓ Embudos
- ✓ Soportes de vidrio (dimensiones de 20 cm x 20 cm).

- ✓ Soportes de metal

Métodos

Análisis de fluorescencia por rayos X (FRXDE)

Se realizó en un equipo espectrómetro de FRDE (Amptek) CON ANODO DE ORO CON VOLTAKJE DE 30 Kv Y UNA CORRIENTE DE 15 uA. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 segundos utilizando 2048, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°, la distancia de muestra a fuente de rayos – X es de 4cm y la distancia de muestra a detector 2 cm aproximadamente. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría de arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra de 5680 cts/s. La técnica permitió calcular la presencia de elementos químicos de numero atómico $z \geq 13$ mediante la detección de los rayos x característicos que emiten los átomos.

Análisis termogravimétrico (TAG) y calorimétrico (DSC)

Se utilizó un analizador térmico simultaneo TG-DTA-DSC con capacidad máxima de 1600 °C SetSys Evolution, basado en las normas ASTM ISO 11257, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765. Con una tasa de calentamiento de 20°C/min, flujo de nitrógeno de 10 ml/min, rango de trabajo de 25-800°C y una capacidad de muestra de 12.5 mg.

Análisis de metales

Se analizó en un equipo ICP (Plasma de Acoplamiento Inductivo) de emisión atómica, perteneciente al laboratorio de fisicoquímica e instrumental de Colecibi S.A.C (Nuevo Chimbote, Áncash, Perú). Se aplicó el método oficial EPA 200.7 Rev. 4.4 EMMC Versión 1994. Las muestras pasaron por un proceso de digestión con ácido nítrico para posteriormente ser introducidas en el equipo y cuantificar la absorción de cada elemento químico (metal) y correlacionar con la concentración en la muestra.

Análisis potenciométrico

Se aplicó el método Electrometrico SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500- H+B.

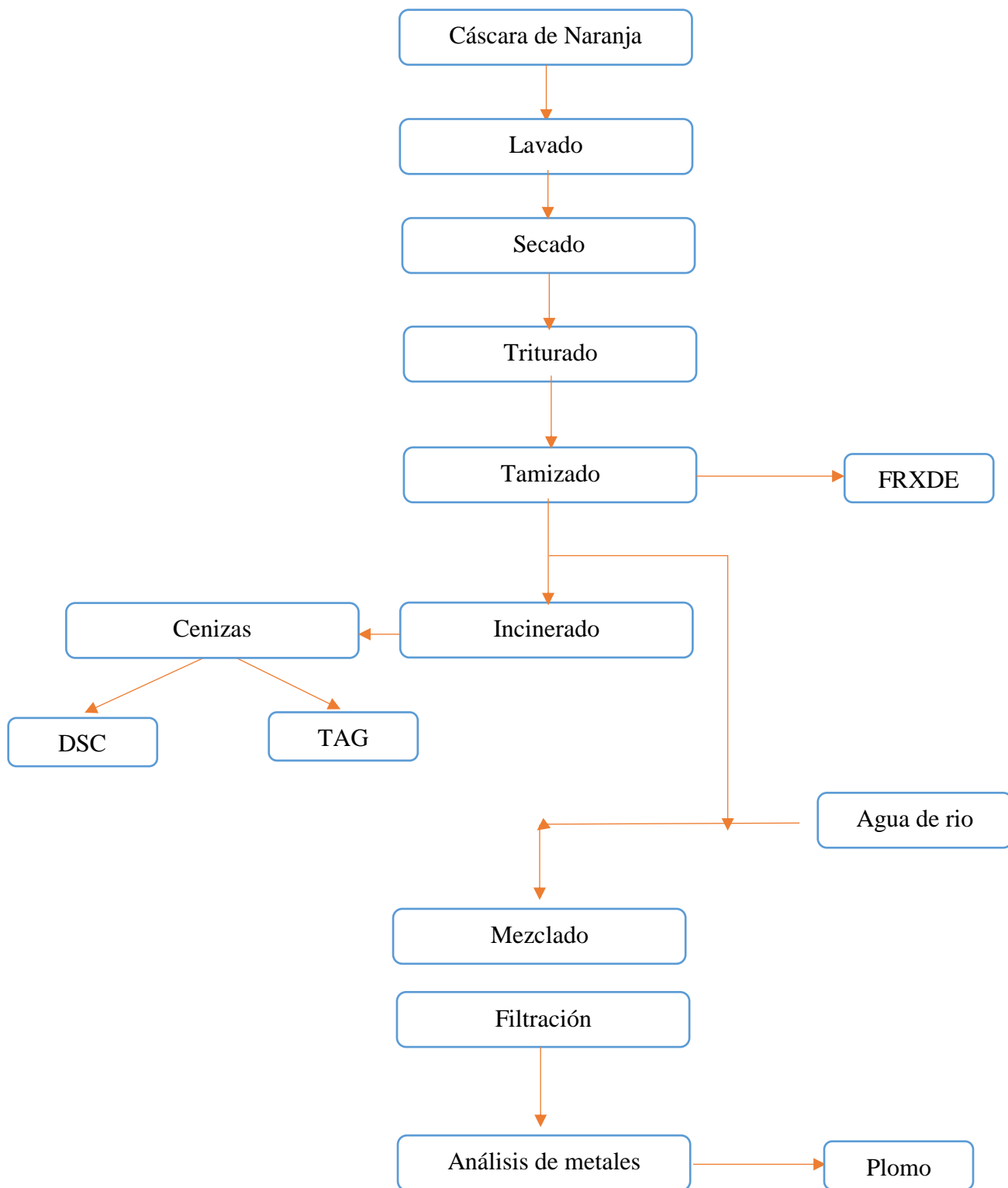


Figura 8. Procedimiento experimental.
Fuente. Elaboración propia

III. Resultados

Composición elemental de cáscara de naranja por fluorescencia de rayos x

En el Tabla 10, se presenta la composición de elementos correspondientes a la cáscara de naranja, podemos ver al CaO como mayoritario (40.42%), seguido del K₂O (37.95%), Al₂O₃ (8.84%), P₂O₅ (5.57%), ZnO (3.86%), los siguientes elementos tienen una presencia menor al 2%.

Tabla 10. Composición de la cáscara de naranja

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
AL2O3	4.96	8.84
P2O5	3.125	5.568
SO2	1.124	2.003
ClO2	0.543	0.968
K2O	21.3	37.957
CaO	22.683	40.421
TiO2	0.02	0.035
Cr2O3	0.004	0.006
MnO	0.022	0.04
Fe2O3	0.115	0.205
CuO	0.005	0.012
ZnO	2.167	3.862
BrO2	0.013	0.023
SrO	0.033	0.059
Total	56.116	100

Fuente: Laboratorio de Arqueometría (UNMSM).

Estos resultados son representados en el espectro de fluorescencia por rayos X. Anexo N° 03

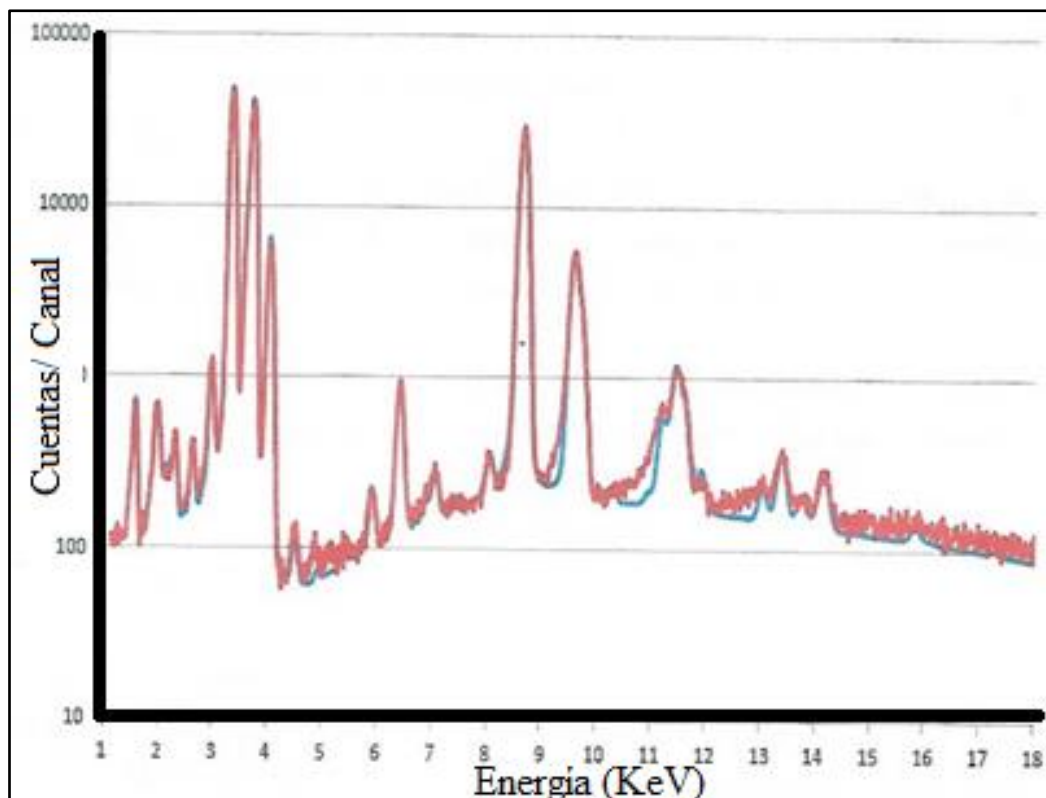


Figura 9. Espectro FRXDE de cáscara de naranja
Fuente: Laboratorio de Arqueometría (UNMSM).

La Figura 9. Se muestra el espectro FRDE de las muestras de cáscara de naranja. La línea roja representa el espectro experimental y la línea azul el espectro calculado, Se cubre el rango de energías de 1 a 18 kV, rango de interés en el estudio. Cada pico representa un elemento químico.

Análisis térmico por calorimetría diferencial (DSC) y termogravimétrico

En la figura 10 y 11 se presenta el análisis calorimétrico diferencias de la cáscara de naranja, donde se presenta un pico endotérmico en 100°C y una ligera banda a 210°C, posteriormente se muestra una ligera caída de la curva en absorción a 480°C, todas esas temperaturas involucrarían cambios estructurales y con esto, cambios en las propiedades del material. El análisis termogravimétrico muestra una caída intensa de la masa, la misma que se da en un rango de 220 a 360°C, posteriormente la caída es gradual y lentamente hasta perder un total del 78% de su masa inicial aproximadamente para alcanzar la máxima temperatura. Las curvas de TGA han sido ampliamente estudiadas y se ha concluido que están relacionadas con la deshidratación de la biomasa y la descomposición de la hemicelulosa, celulosa y lignina, constituyentes principales de la biomasa (Gonzales et al., 2011).

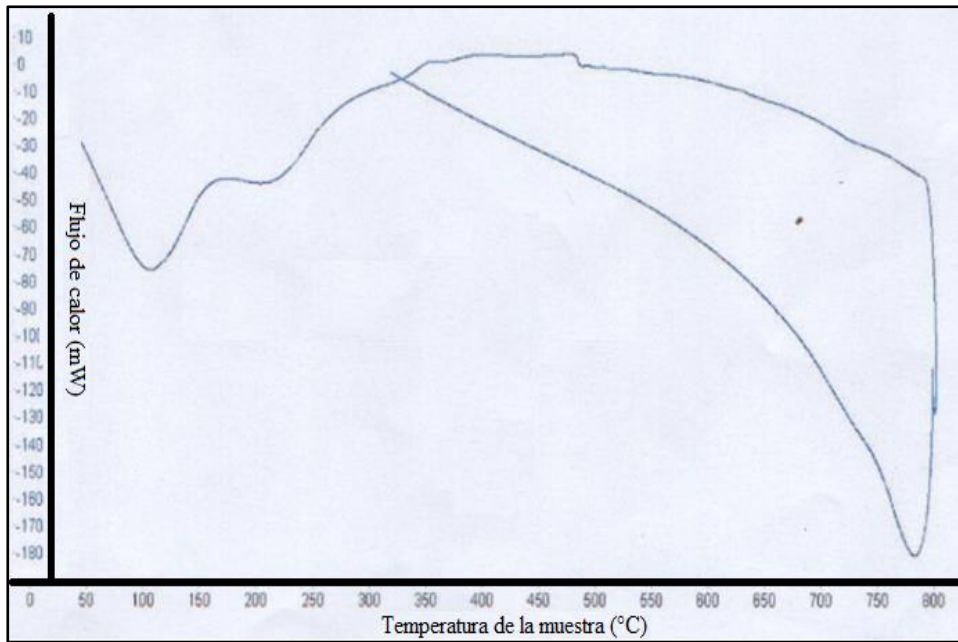


Figura 10. Análisis calorimétrico (DSC)
Fuente: Laboratorio de la Universidad Nacional de Trujillo (2017).

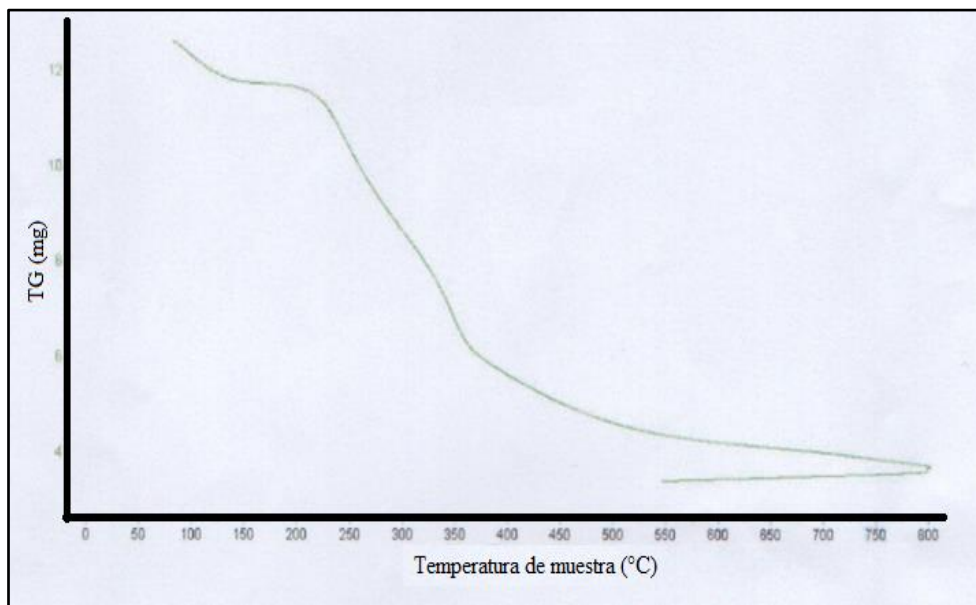


Figura 11. Análisis termogravimétrico
Fuente: Laboratorio de la Universidad Nacional de Trujillo (2017).

Aplicación de cáscara de naranja en agua de Río.

La aplicación de las dosis de ceniza de cáscara de naranja provocó una disminución en el contenido de plomo del agua de Río final, presentados en el cuadro 11. Una concentración del

80g/L produce una reducción de 68.33% de plomo mientras que una concentración de 40 g/L produce una reducción del 43.33% del contenido de plomo en aguas del Río provenientes de Recuay, Ancash- Perú. Otro dato importante es que las muestras no presentaron contenidos de mercurio (con y sin tratamientos).

Tabla 11. Efecto de la aplicación de ceniza de cáscara de naranja en agua de Río.

Metales (mg/L)	Sin tratamiento	Concentración (g/L)		Limite permisible (mg/L)
		40	80	
Aluminio	0.079±0.000	4.100±0.001	8.21±0.001	0.02
Arsénico	0.028±0.001	1.273±0.003	0.130±0.002	0.005
Boro	0.159±0.003	0.225±0.002	0.981±0.020	0.003
bario	0.017±0.003	0.027±0.000	0.213±0.0002	0.003
Berilio	0	0	0	0.0002
Calcio	19.21±0.050	45.880±0.000	69.33±0.052	0.02
Cadmio	0.0008±0.003	0.0242±0.005	0.0022±0.003	0.0001
Cobalto	0	0.0037±0.000	0.0056±0.001	0.0006
Cromo	0.0016±0.000	0.0005±0.000	0.0071±0.001	0.0003
Cobre	0.021±0.004	0.196±0.000	0.093±0.002	0.002
Hierro	0.937±0.000	10.130±0.000	5.348±0.000	0.002
Mercurio	0	0	0	0.001
Potasio	1.4±0.042	3.000±0.036	6.176±0.524	0.1
Litio	0.02±0.003	0.060±0.006	0.091±0.007	0.003
Magnesio	2.5±0.001	5.730±0.782	31.620±0.052	0.02
Manganeso	0.0914±0.000	2.229±0.000	0.5641±0.000	0.0003
Molibdeno	0.002±0.000	0	0.016±0.000	0.002
Sodio	8.81±0.000	11.380±0.000	97.910±2.000	0.06
Níquel	0.004±0.000	0.0036±0.000	0.0152±0.006	0.0006
Fosforo	0.09±0.000	0.320±0.000	5.780±0.008	0.1
Plomo	0.06±0.000	0.034±0.000	0.019±0.003	0.002
Sílice	10.14±1.224	11.730±1.320	46.120±3.029	0.01
Estaño	0	0	0.270±0.000	0.003
Estroncio	0.1103±0.004	0.2119±0.002	0.212±0.0023	0.0003
Titanio	0.0108±0.000	0.0029±0.000	0.0029±0.000	0.0007
Vanadio	0.002±0.000	0.001±0.000	0.001±0.000	0.001
Zinc	0.061±0.000	4.045±0.000	4.045±0.020	0.002

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12. Resultados de pH en los ensayos a nivel de muestra patrón y experimentales.

Ensayos Físico Químicos de (pH)				
ENSAYOS	Muestra		Muestras Experimentales	
	Ceniza de cáscara de naranja	Patrón	Concentración 40 g/L	Concentración 80 g/L
(**) pH	10.10±0.02	10.35±0.04	10.10±0.02	9.93±0.05

Fuente: Elaboración propia.

IV. Análisis y discusión

Cardona et al. (2013), determinaron que las concentraciones de plomo de 80 ppm y 100 ppm utilizado como biosorbente de la cáscara de naranja determinaron una mayor eficiencia para retener plomo a una concentración de 100 ppm. Callantes (2019) determinó que la capacidad de biosorción de plomo de la cáscara de naranja logró remover un porcentaje superior al 95% para el tratamiento de agua enriquecidas artificialmente con plomo (50 ppm, 100 ppm y 150 ppm), a diferencia de estos resultados nuestro trabajo no utilizó contaminación artificial sino utilizó el plomo que naturalmente se encontraba en las aguas del Río Recuay. Salas y Sarcco (2017) obtuvieron una reducción de 99.6% a partir de una concentración de 100ppm de plomo utilizando cáscara de naranja. Tejada et al. (2016) un porcentaje de remoción de plomo de 99.2 % utilizando cáscara de naranja y una concentración inicial de 100 ppm. Por otro lado, también se comprueba que a concentraciones más bajas de biosorbente de la cáscara de naranja su capacidad es menor, probablemente, no se llega a alcanzar la saturación de los sitios activos para aprovechar el máximo rendimiento.

Salas y Sarcco (2017), Tapia et al. (2003) y Muñoz (2007) indican que la biosorción depende de la protonación o desprotonación de los grupos funcionales. Que se encuentran en la materia prima. A valores de pH bajos, la concentración de iones hidronios H_3O^+ es más alto y compiten con los iones Pb^{+2} ; por lo tanto, los hidronios ocupan primero los sitios activos, dejando iones metálicos Pb^{+2} libres en solución; esto se podría entender que los grupos funcionales se protonan y la superficie del biosorbente queda cargada positivamente, reduciendo la atracción

entre biosorbente y ion metálico. Cuando se incrementa el pH, la concentración de iones H_3O^+ se reduce, y los sitios activos en la superficie del adsorbente sobre todo se convierten en formas disociadas y pueden intercambiar iones H_3O^+ con Pb^{2+} ; se podría entender que los grupos funcionales se desprotonan y la superficie del biosorbente queda cargada negativamente, aumentando la atracción entre el ion metálico y el biosorbente. Se podría concluir que estas variaciones en los valores de porcentaje de remoción se deberían a la disminución del pH y al porcentaje de taninos en las muestras. De la Cruz (2004) indicó que el porcentaje de taninos de la Taya es de 52 a 54 %.

Ramírez (2016) removió manganeso, cadmio y cobre con cáscara de naranja en la laguna Colquicocha (Perú), reduciendo el cobre hasta en 0,02 mg/L que representa el 66.67 % con respecto a la concentración inicial, cadmio hasta en 0,041 mg/L que representa una reducción de 84 % con respecto a la concentración inicial y manganeso hasta en 3,68 mg/L que representa una reducción de 53.97% con respecto a la concentración inicial; todo bajo una concentración de 5 g/L, estos resultados comparados con el presente estudio demuestran que aún es posible reducir la concentración de cáscara de naranja para remover los metales en cuestión.

Rodríguez et al. (2009), determinaron que por debajo de los 8 g/L de cáscara de naranja las remociones en colorantes comerciales tienden a cero. Sin embargo, a partir de 10 g/L las remociones son notorias, con un porcentaje de absorción máximo de 74,5%.

Finalmente, las aplicaciones de las concentraciones de cáscara de naranja variaron el pH del agua de Río cuya tendencia fue de 10.35 a 10.10 - 9.93. García et al. (2011) realizaron la extracción de la pectina que se empleó como biosorbente a partir de cáscaras de naranja se verificó que la biosorción de especies catiónicas como el Pb^{2+} en pectina se ve favorecida cuando el pH se incrementa a 4.5 – 5.5.

Todos estos resultados demostraron que la eficiencia de la bioadsorción de la cáscara de naranja puede ser utilizada como un complemento a un método de remediación biológico para acelerar el tiempo de remediación de algún efluente.

V. Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

La composición química de la cáscara de naranja fue analizada mediante EFRX, determinando al componente CaO como mayoritario (40.42%), seguido del K₂O (37.95%), Al₂O₃ (8.84%), P₂O₅ (5.57%) y ZnO (3.86%).

Se han analizado las características térmicas de la cáscara de naranja por calorimetría diferencias de barrido(DSC) y análisis termogravimétrico (TGA), encontrándose un comportamiento endotérmico y cuya transformación es debida a la descomposición de la hemicelulosa, celulosa y lignina de la cáscara de naranja.

La capacidad biosorbente de plomo en agua del Río Recuay, Ancash- Perú por efecto de la ceniza de cáscara de naranja bajo las concentraciones de 80g/L y 40 g/L reducen en un 68.33% y 43.33% de plomo, respectivamente cuyas concentraciones fueron inferiores al límite permisible de este elemento (0.002 mg/L).

La aplicación de cenizas de cáscara de naranja reduce el potencial de hidrogeno (pH) en agua del Río Recuay (Ancash- Perú) de 10.35 a 10.10 y 9.93 para una concentración de 40 g/L y 80 g/L, respectivamente. Una mayor concentración de cenizas se evidenció una mayor influencia sobre el pH.

Recomendaciones

Estudiar al pH como un factor influyente en el proceso de biosorción.

Realizar la caracterización de los materiales biosorbente, para identificar los grupos funcionales y los mecanismos de biosorción que faciliten la optimización de las condiciones de operación.

Realizar el proceso de biosorción a concentraciones mayores a las estudiadas para determinar si se sigue realizando la adsorción de plomo.

Realizar estudios de desorción y/o regeneración para determinar el número de ciclos de reúsos que puede proporcionar el material biosorbente sin cambiar su capacidad de adsorción.

Estudiar el efecto del tamaño de partícula y cantidad del biosorbente empleado en los estudios de adsorción.

VI. Agradecimiento

Dedicatoria

A mis padres Florentina Córdova Román y Alipio Morales Jiménez a mis hermanos Elio, Cristian, Marycielo quienes apostaron y lo dieron todo por mí les estaré eternamente agradecido, quienes me apoyaron en todo momento en mi carrera profesional.

A mi adorado hijo Liam Vasco Morales Trujillo, quien es mi motor para salir adelante y alegría de vivir

hoy puedo decirles que su sacrificio valió la pena.

Muchas Gracias, los amo.

Agradecimiento

A mi asesor Ing. Rogelio F. Castañeda Gamboa, por su apoyo incondicional.

A los catedráticos de la Universidad San Pedro, quienes nos pusieron la valla muy alta en el camino, no para tropezarnos, por el contrario, para saltar más alto en la vida.

Al staff de Ing. del jurado de titulación de la Universidad San Pedro, quienes nos brindaron apoyo en todo momento.

A la Sra. Edita Piscoche Lino, secretaria de la Escuela de Ingeniería Civil, por todos estos años en los que desinteresadamente nos brindó su apoyo y amistad.

Muchas Gracias.

Bach. Plinio Morales Córdova

VII. Referencias bibliográficas

- Aguilar, M.B., Flores, C.P. (2018). *Evaluación De La Cáscara De Naranja (Citrus Sinensis) Como Material Adsorbente Natural De Ion Metálico Cu(II)*. Recuperado de: <http://repositorioRío.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/7105/IQagsamb.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cardona, A; Cabañas, D; Zepeda, A. (2013). Evaluación del poder biosorbente de cáscara de naranja para la eliminación de metales pesados, Pb (II) y Zn (II). *Ingeniería* 17(1): 1-9. Obtenido de: <https://core.ac.uk/download/pdf/157576632.pdf>
- Collantes, L. (2019). Capacidad biosorbente de plomo de la cáscara de naranja (citrus sinensis (l.) Osbeck) y la vaina de taya (caesalpinia spinosa (molina) kuntze). Tesis In. Ambiental. Cajamarca, Perú, UNC. 71 p. Obtenido de: <http://repositorioRío.unc.edu.pe/handle/UNC/3392>
- De la Cruz, P. (2004). Aprovechamiento integral y racional de la Tara (Caesalpinia spinosa - Caesalpinia tinctoria). *Revista del Instituto de Investigación FIGMMG* 7(14):64-73.
- Fernández, M.L., Flores. (2019). *Remoción de metales pesados de efluentes minero-metalúrgico mediante filtro bioadsorbente con fibras lignocelulósicas en Santa Rosa Quives, Lima*". Recuperado de: www.file:///C:/Users/elio/Downloads/Merli_Tesis_Licenciatura_2019.pdf.
- García, V., Yipmantin, A., Guzmán, E., Pumachagua, R., Maldonado, H. (2011). Estudio de la cinética de biosorción de iones plomo en pectina reticulada proveniente de cáscaras de cítricos. *RevSocQuím Perú*. 77 (3): 173-181. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/3719/371937632008.pdf>

Ley N°29338. (25 de noviembre de 2012). LEY DE RECURSOS HÍDRICOS. Obtenido de <http://www.ana.gob.pe/media/316755/leyrh.pdf>.

M., G. A., & MARTINEZJ. (s.f.). CALIDAD Y NORMATIVIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Obtenido de <http://www.pnuma.or/recnat/esp/documentos/cap5.pdf>

Muñoz JC. (2007). Biosorción de plomo (II) por cáscara de naranja “citrus cinensis” pretratada. Tesis Ing. Lima, Perú, UNMSM. 82 p.

Pacheco, M.E., Pimentel, J.P., Roque, W.F. (2018). “*Cinética de la bioadsorción de iones cadmio (II) y plomo (II) de soluciones acuosas por biomasa residual de café (Coffea arabica L.)*”. Recuperado de: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2010000300009

Quesada, G, O.; Torres, G, E.; Alfonso, MARTÍNEZ, F. E. 2011“Estudio de la degradación térmica del residuo de la naranja”. Revista Cubana de Química. 2011, 23 (1), 25-33.

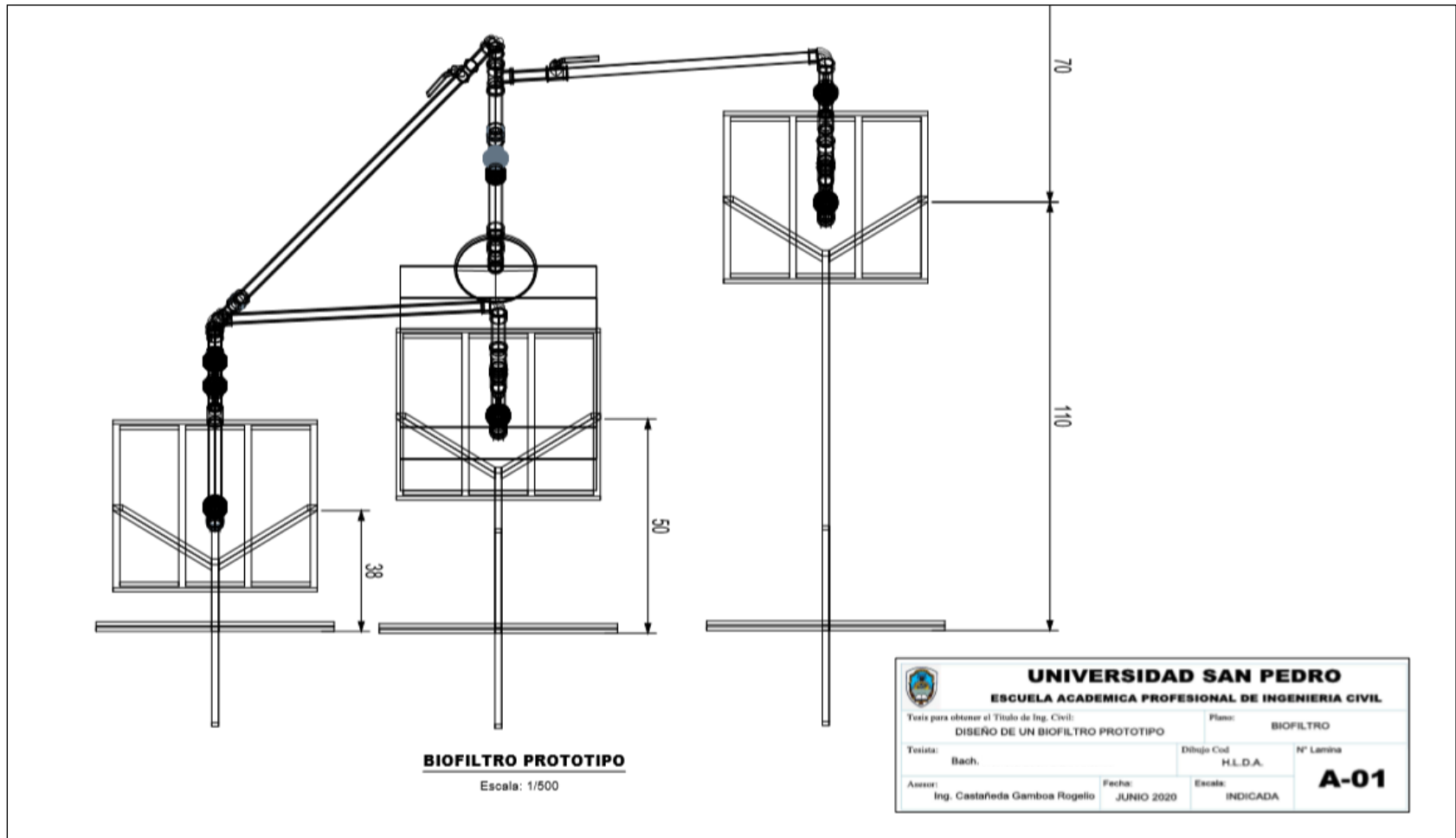
Ramírez, M.M.S. (2016). *Bioadsorción de cobre, cadmio y manganeso con cáscara de naranja de las aguas de la laguna colquicocha*. Recuperado de: [www.http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/1733/Michael_Tesis_T%20C3%ADtuloprofesional_2016%20%282%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/1733/Michael_Tesis_T%20C3%ADtuloprofesional_2016%20%282%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Ruiz, A.P. (2018). “*Obtención de carbón activado a partir de cáscara de naranja (citrus sinensis l. Obseck) y su aplicación como adsorbente de plomo (II) en disolución acuosa*”. Recuperado de [:http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/4043/ruiz-menendez-amparo-patricia.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/4043/ruiz-menendez-amparo-patricia.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

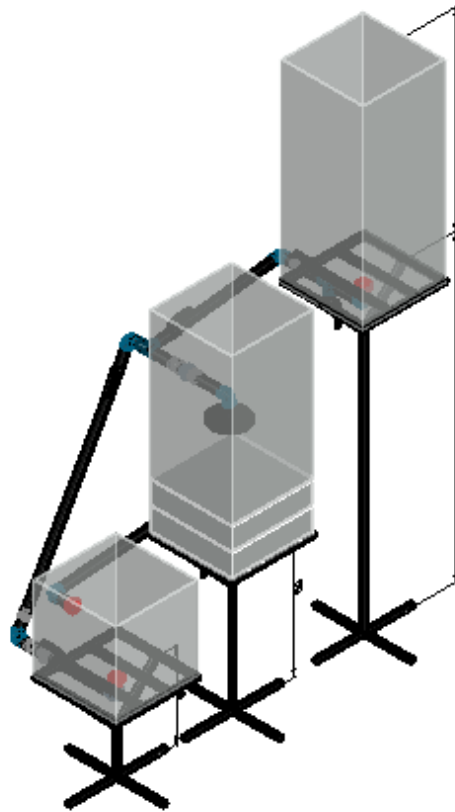
- Salas, P; Sarcco, L. (2017). Eliminación de plomo (II) y fierro (II), por bioadsorción con cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) en residuos líquidos procedentes del Laboratorio químico de Southern Perú. Tesis Ing. Arequipa, Perú, UNSA. 176 p.
- Tapia, NJ; Muñoz, JC; Torres, F; Yarango, A. (2003). Biosorción de Pb(II) por cáscara de naranja, *Citrus cinensis*, modificada. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, 6(2):39-44.
- Tejada, C; Herrera, A; Núñez, J. (2016). Remoción de plomo por biomasa residual de cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) y zuro de maíz (*Zea mays*). *Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica* 19(1):169-178.
- Vargas, R.; Vargas, C.; Marrufo, G.M.; Benetton, X.D. (2009). Evaluación del proceso de biosorción con cáscaras de naranja para la eliminación del colorante comercial Lanazol Navy CE en aguas residuales de la industria textil. *Ingeniería*. 13 (3): 39-43.

VIII. Anexo y Apéndices

Anexo 1. Plano de biofiltro



Anexo 2. Plano de isométrico



ISOMETRICO BIOFILTRO PROTOTIPO

Escala: 1/500

 UNIVERSIDAD SAN PEDRO ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
Título para obtener el Título de Ing. Civil: DISEÑO DE UN BIOFILTRO PROTOTIPO		Plano: ISOMETRICO DE BIOFILTRO	
		Dibujo Cod. H.L.D.A.	N° Lámina A-02
Autor: Ing. Castañeda Gamboa Rogelio	Fecha: JUNIO 2020	Escala: INDICADA	

Anexo 3.Registro fotográfico



Imagen N°01: Recipiente de vidrio de 30 y 50 litros para captar y rotar agua, tanque elevado de vidrio de 50 litros.



Imagen N°02: Materiales para elaboración de la conexión de las tuberías



Imagen N°03: Bases de estructura Metálica con tamaños de 30 cm, 50cm y 110cm



Imagen N°04: Llenando 20 litros en el recipiente de vidrio

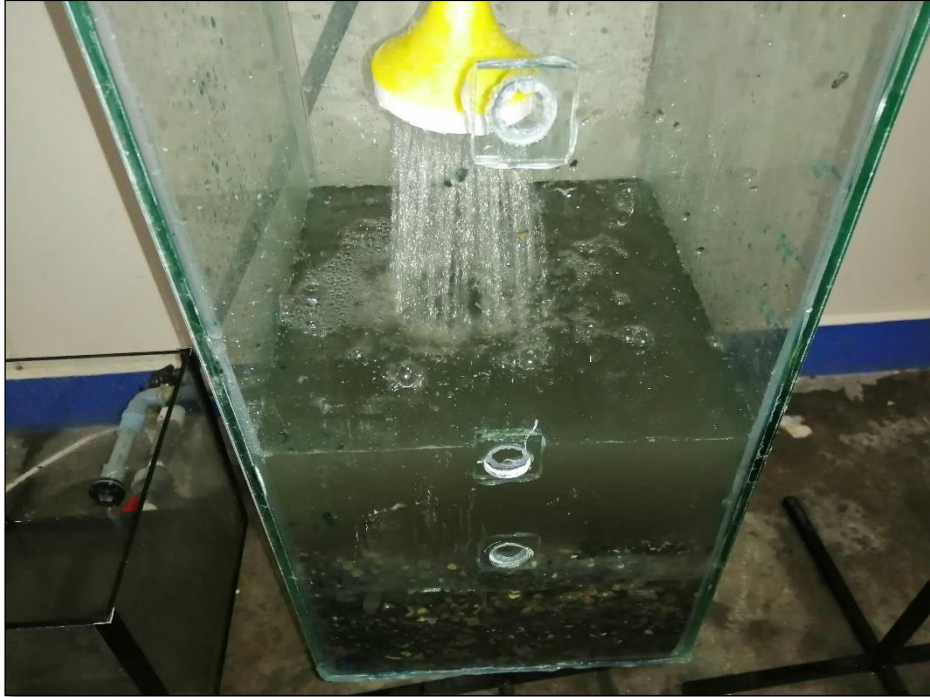


Imagen N°05: En el recipiente vidrio N°2 función del biofiltro prototipo



Imagen N°06: Lavando las capas de piedra de 1", 1/2" y confitillo

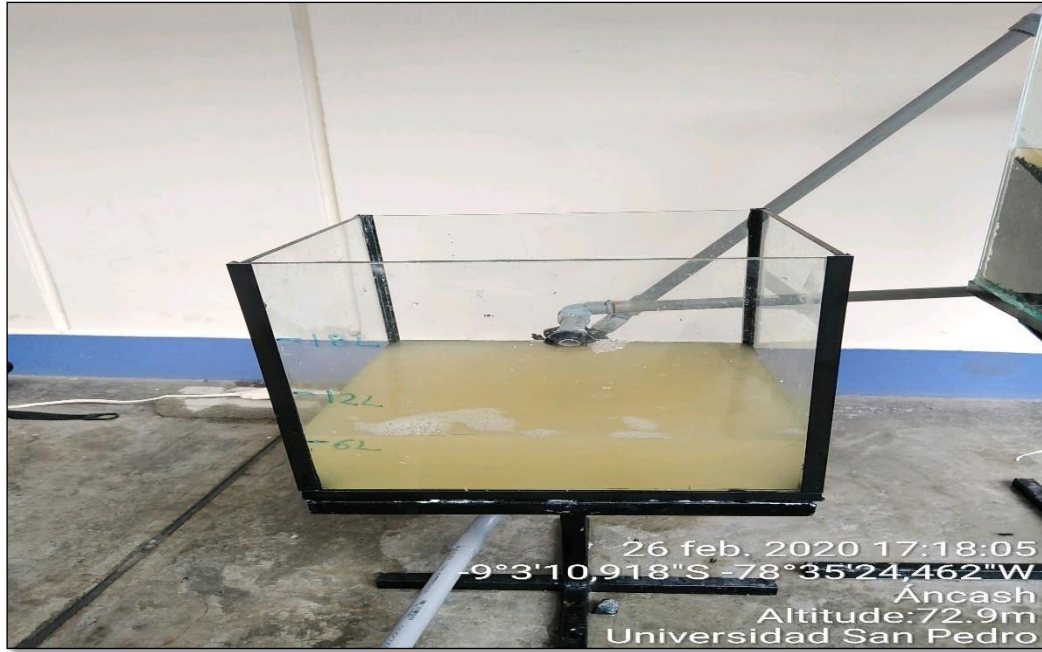


Imagen N°07: Recipiente de vidrio N° 1 se llenó 8 litros durante 2 minutos para que comience hacer su circulación con el Recipiente de vidrio N° 2



Imagen N°08: Moviendo la llave para que calcule el caudal de mi biofiltro

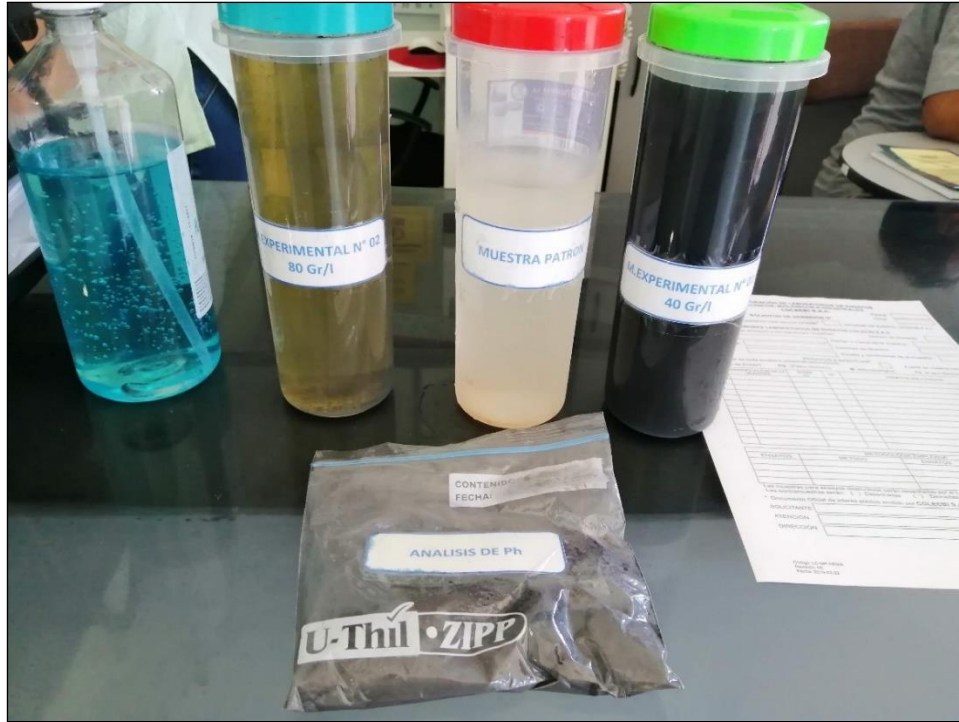


Imagen N°09: En el laboratorio de COLECBI.S.A.C con mis muestras para que realicen mis análisis de plomo, turbidez y PH.

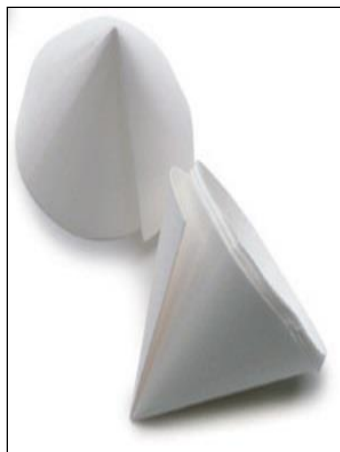
Imagen N°10: Procedencia de la materia prima



Imagen N°11: Materiales



Bolsas herméticas



Papel filtro



Crisol (15ml)



Crisol (40 ml)



Crisol (70ml)



Mallas 80 ASTM



Mortero de porcelana



Espátula



Materiales de vidrio



Pinzas de metal

Imagen N°12: Equipos



Horno fijo activación de T máxima de 1200 ° c trifásico.



Estufa eléctrica t° máxima 300 °.



Plancha con sistema de calentamiento y agitación.



Balanza analítica



pH-metro



Estufa eléctrica

Imagen N°13: Equipos de protección personal



Máscara con filtros
(respirador doble vía),
guantes de látex y
lentes de seguridad



Guantes aislantes



Mandil aluminizado,
máscara de soldador y
guantes aluminizados

Imagen N°14: Acondicionamiento de la materia prima



Limpieza y secado al



Secado post limpieza



Secado a 60 °C



Cáscara seca



Triturado con rodillo



Molienda con mortero manual

Imagen N°15: Activación de la ceniza de cáscara de naranja



Material precursor



Tratamiento térmico en atmósfera inerte a 600 °C



Secado



Molienda



Separación por granulometría

Imagen N°16: Recolección de materia prima



Obtención de agua contaminada por plomo

Imagen N°17: Acondicionamiento de la materia prima



Obtención de agua contaminada por plomo

Imagen N°18: Evaluación del carbón activado y Adsorción de plomo



Muestras obtenidas



Determinación del (pH)



Determinación del (pH)



Obtención de la disolución de plomo

Anexo 4. Análisis Térmico Diferencial DTA



Trujillo, 18 de febrero del 2020

INFORME N° 69 - FEB-20

Solicitante: Morales Cordova Plinio – Universidad San Pedro
RUC/DNI: 954115921
Supervisor:

1. MUESTRA: Ceniza cáscara de naranja (1.0 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	CCN-69F	12.5 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 – 800 °C.
- Masa de muestra analizada: 12.5 mg.

Jefe de Laboratorio: Ing. Danny Chávez Novoa
Analista responsable: Ing. Danny Chávez Novoa



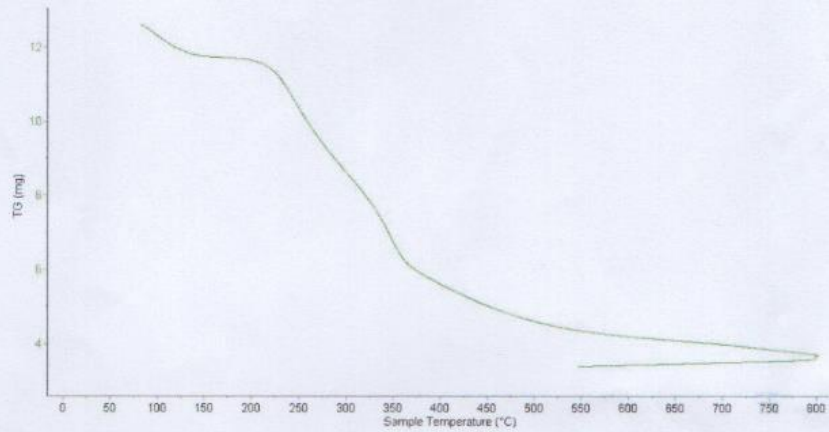


Trujillo, 18 de febrero del 2020

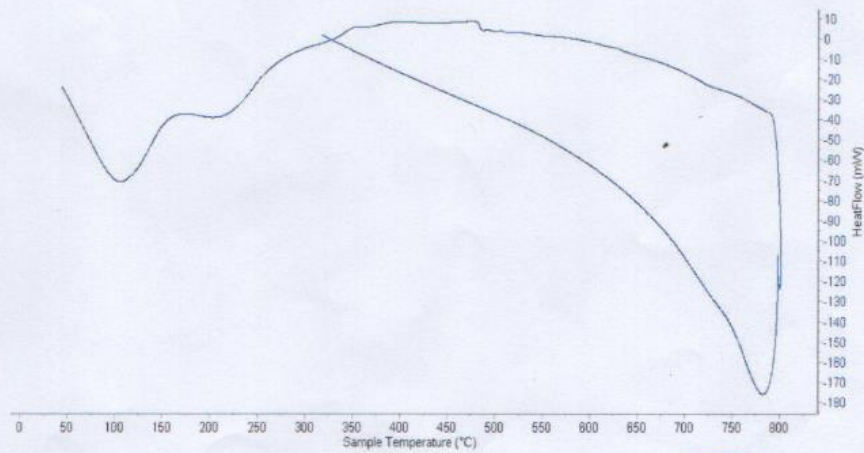
INFORME N° 69 - FEB-20

4. Resultados:

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



II- Curva Calorimétrica ATD



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






Trujillo, 18 de febrero del 2020

INFORME N° 69 - FEB-20

5. CONCLUSION:

1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra una caída muy intensa de la masa, la misma que se da en un rango entre 220 y 360°C, posteriormente la caída es gradual y lentamente, y llegar a perder un total de 78% de su masa inicial aproximadamente cuando se ha alcanzado su máxima temperatura de ensayo.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, se puede mostrar pico endotérmico en 100°C y una ligera banda a 210°C, posteriormente se muestra una ligera caída de la curva en absorción a 480°C, todas esas temperaturas involucrarían cambios estructurales y con esto, cambios en las propiedades del material.

Trujillo, 18 de febrero del 2020


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

Anexo 5. Espectroscopia de Fluorescencia de Rayos X.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

Informe N°023-LAQ/2020

Análisis de cáscara de naranja por FRXDE

Introducción.

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de cáscara de naranja a pedido del Sr. **Morales Córdova, Plinio Santiago**, alumno de la Universidad San Pedro, sede Huaraz, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

“Remoción de Plomo en el Río Santa (Recuay) Utilizando un Biofiltro Prototipo con las Dosis de 40 gr/L y 80 gr/L de Ceniza de Cáscara de Naranja (*citrus sinensis*); Ancash 2020.”

La muestra está en forma 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 5680 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



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

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 esta muestra de cáscara de naranja. 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 muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se pueden



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

formar en un proceso de calcinación. La suma en términos de contenido de óxidos es bastante menos que 100%. Es probable que la muestra esté constituida en parte por compuestos de Na y Mg. que esta técnica no puede detectar, y/o 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 cáscara de naranja en % de masa.

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al ₂ O ₃	4.960	8.840
P ₂ O ₅	3.125	5.568
SO ₂	1.124	2.003
ClO ₂	0.543	0.968
K ₂ O	21.300	37.957
CaO	22.683	40.421
TiO ₂	0.020	0.035
Cr ₂ O ₃	0.004	0.006
MnO	0.022	0.040
Fe ₂ O ₃	0.115	0.205
CuO	0.005	0.012
ZnO	2.167	3.862
BrO ₂	0.013	0.023
SrO	0.033	0.059
Total	56.116	100.00



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

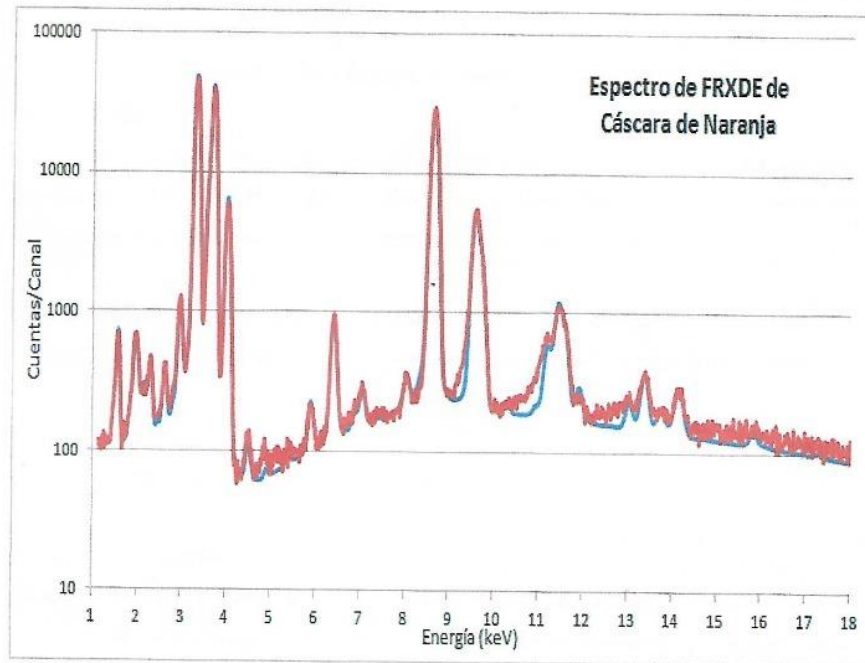


Figura 1. Espectro de FRXDE de cáscara de naranja en escala semi logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos
Laboratorio de Arqueometría



Lima, 26 de Febrero del 2020

Anexo 6.Informe de ensayo para la verificación de metales.



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



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20200211-002

Pág. 1 de 2

CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

SOLICITADO POR	MORALES CORDOVA PLINIO.
DIRECCION	Urb. Bellamar Mz. F5 Lote 20 Nuevo Chimbote
NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE	NO APLICA
PRODUCTO DECLARADO	AGUA NATURAL SUPERFICIAL (AGUA DE RIO)
LUGAR DE MUESTREO	: NO APLICA
METODO DE MUESTREO	: NO APLICA
PLAN DE MUESTREO	: NO APLICA
CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO	: NO APLICA
FECHA DE MUESTREO	: NO APLICA
CANTIDAD DE MUESTRA	: 01muestra.
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA	: En frasco de plástico con tapa.
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	: En buen estado.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2020-02-11
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO	: 2020-02-11
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO	: 2020-02-21
LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS	: Laboratorio Instrumental.
CÓDIGO COLECBI	: SS 200211-2

ENSAYOS DE METALES

RESULTADOS

METALES TOTALES	L.C. (mg/L)	RIO RECUAY
Plata (Ag)	0,002	<0,002
Aluminio (Al)	0,02	0,79
Arsenico (As)	0,005	0,026
Boro (B)	0,003	0,159
Bario (Ba)	0,003	0,017
Berilio (Be)	0,0002	<0,0002
Calcio (Ca)	0,02	19,21
Cadmio (Cd)	0,0001	0,0008
Cerio (Ce)	0,009	<0,009
Cobalto (Co)	0,0006	0,0016
Cromo (Cr)	0,0003	0,0005
Cobre (Cu)	0,002	0,021
Hierro (Fe)	0,002	0,937
Mercurio (Hg)	0,001	<0,001
Potasio (K)	0,1	1,4
Litio (Li)	0,003	0,020
Magnesio (Mg)	0,02	2,50
Manganeso (Mn)	0,0003	0,0914
Molibdeno (Mo)	0,002	0,002
Sodio (Na)	0,06	8,81
Niquel (Ni)	0,0006	0,0040
Fosforo (P)	0,01	0,09
Plomo (Pb)	0,002	0,06
Antimonio (Sb)	0,003	<0,003
Selenio (Se)	0,005	<0,005

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752
 Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127
 e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
 Web: www.colecbi.com

Anexo 7. Informe de ensayo - muestra patrón.



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



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20200302-005

Pag. 1 de 2

SOLICITADO POR : MORALES CORDOVA PLINIO.
DIRECCION : Bellamar Mz F5 Lote 20 Nuevo Chimbote.
NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE : NO APLICA
PRODUCTO DECLARADO : AGUA NATURAL SUPERFICIAL (AGUA DE RIO).
LUGAR DE MUESTREO : NO APLICA
MÉTODO DE MUESTREO : NO APLICA
PLAN DE MUESTREO : NO APLICA
CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO : NO APLICA
FECHA DE MUESTREO : NO APLICA
CANTIDAD DE MUESTRA : 02 muestras.
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En frascos de plástico con tapa.
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
FECHA DE RECEPCIÓN : 2020-03-02
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2020-03-02
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2020-03-06
LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS : Laboratorio Físico Químico e Instrumental.
CÓDIGO COLECBI : SS 200302-4

RESULTADOS

ENSAYOS DE METALES

METALES TOTALES (mg/L)	L.C. (mg/L)	MUESTRA PATRON
Plata (Ag)	0,002	<0,002
Aluminio (Al)	0,02	4,10
Arsenico (As)	0,005	1,273
Boro (B)	0,003	0,225
Bario (Ba)	0,003	0,027
Berilio (Be)	0,0002	<0,0002
Calcio (Ca)	0,02	45,88
Cadmio (Cd)	0,0001	0,0242
Cerio (Ce)	0,009	<0,009
Cobalto (Co)	0,0006	0,0037
Cromo (Cr)	0,0003	0,0005
Cobre (Cu)	0,002	0,196
Hierro (Fe)	0,002	10,130
Mercurio (Hg)	0,001	<0,001
Potasio (K)	0,1	3,0
Litio (Li)	0,003	0,060
Magnesio (Mg)	0,02	5,73
Manganeso (Mn)	0,0003	2,2297
Molibdeno (Mo)	0,002	<0,002
Sodio (Na)	0,06	11,38
Niquel (Ni)	0,0006	0,0036
Fósforo (P)	0,01	0,32
Plomo (Pb)	0,002	0,074
Antimonio (Sb)	0,003	<0,003
Selenio (Se)	0,005	<0,005
Silice (SiO2)	0,01	11,73
Estaño (Sn)	0,003	<0,003

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

CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20200302-005

Pág. 2 de 2

ENSAYOS DE METALES

METALES TOTALES (mg/L)	L.C. (mg/L)	MUESTRA PATRON
Estroncio (Sr)	0,0003	0,2119
Titanio (Ti)	0,0007	0,0029
Talio (Tl)	0,002	<0,002
Vanadio (V)	0,001	0,001
Zinc (Zn)	0,002	4,045

ENSAYOS FISICO QUIMICOS

ENSAYOS	MUESTRA
	MUESTRA PATRON
(**) pH	10,35

(**) Fuera del alcance por tiempo de vigencia de la muestra, según la tabla 1060: I: SMEWW-APHA-AWWA-WEF

METODOLOGÍA EMPLEADA

pH: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed 2017. pH Value. Electrometric Method.

Metales Totales: EPA Method 200.7, Rev. 4.4 EMMC Version / 1994. Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry.

NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestro Laboratorio sobre muestras:
Proporcionadas por el Solicitante (X) Muestras tomadas por COLECBI S.A.C. ()
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra/s ensayada/s.
- 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 su perecibilidad y/o muestra única.
- El informe incluye diagrama, croquis o fotografías : **SI () NO (X)**
- Cuando el informe de ensayo ya emitido se haga una corrección o modificación se emitirá un nuevo informe de ensayo completo que haga referencia al informe que reemplaza. Los cambios se identificarán con letra negrita y cursiva.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Marzo 07 del 2020.
GVR/jms

LC-MP -HRIEVO
Rev. 06
Fecha 2019-07-01

A. Gustavo Vargas Ramos
Encargado de Laboratorio
BIOLÓGICO MICROBIOLÓGICO
L.B.P. 128
COLECBI S.A.C.

EL INFORME NO SE DEBE REPRODUCIR SIN LA APROBACIÓN DEL LABORATORIO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD

FIN DEL INFORME

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

Anexo 8.Informe de ensayo de pH en ceniza de cáscara de naranja.



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° 20200302-008

Pág. 1 de 1

CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

SOLICITADO POR	: MORALES CORDOVA PLINIO.
DIRECCION	: Urb. Bellamar Mz F5 Lote 20 Nuevo Chimbote.
NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE	: NO APLICA
PRODUCTO DECLARADO	: ABAJO INDICADO
LUGAR DE MUESTREO	: NO APLICA
MÉTODO DE MUESTREO	: NO APLICA
PLAN DE MUESTREO	: NO APLICA
CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO	: NO APLICA
FECHA DE MUESTREO	: NO APLICA
CANTIDAD DE MUESTRA	: 01 muestra
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA	: En bolsa de polietileno, cerrada.
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	: En buen estado.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2020-03-02
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO	: 2020-03-02
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO	: 2020-03-02
LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS	: Laboratorio Físico Químico.
CÓDIGO COLECBI	: SS 200302-4

RESULTADOS

MUESTRAS	ENSAYO
	pH
CENIZA CASCARA DE NARANJA	10,10

METODOLOGÍA EMPLEADA

pH : Potenciométrico.

NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestro Laboratorio sobre muestras :
Proporcionadas por el Solicitante (X) Muestras por COLECBI S.A.C. ()
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra/s ensayada/s.
- 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 su perecibilidad y/o muestra única.
- El informe incluye diagrama, croquis o fotografías : **SI () NO (X)**
- Cuando el informe de ensayo ya emitido se haga una corrección o modificación se emitirá un nuevo informe de ensayo completo que haga referencia al informe que reemplaza. Los cambios se identificarán con letra negra y cursiva.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Marzo 03 del 2020.
GVR/jms

A. Gustavo Vargas Ramos
Gerente de Laboratorio
BIOLOGO MICROBIOLOGO
C. R. P. S. S.
COLECBI S.A.C.

LC-MP-HRIE
Rev. 06
Fecha 2019-07-01

EL INFORME NO SE DEBE REPRODUCIR SIN LA APROBACIÓN DEL LABORATORIO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD

FIN DEL INFORME

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 1 Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752
Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127
e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
Web: www.colecbi.com

Anexo 9.Informe de ensayo -muestra experimental N°
01 Y pH.



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



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20200302-006

Pág. 1 de 2

SOLICITADO POR : MORALES CORDOVA PLINIO.
DIRECCION : Bellamar Mz F5 Lote 20 Nuevo Chimbote.
NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE : NO APLICA
PRODUCTO DECLARADO : AGUA NATURAL SUPERFICIAL (AGUA DE RIO).
LUGAR DE MUESTREO : NO APLICA
MÉTODO DE MUESTREO : NO APLICA
PLAN DE MUESTREO : NO APLICA
CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO : NO APLICA
FECHA DE MUESTREO : NO APLICA
CANTIDAD DE MUESTRA : 02 muestras.
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En frascos de plástico con tapa.
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
FECHA DE RECEPCIÓN : 2020-03-02
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2020-03-02
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2020-03-06
LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS : Laboratorio Físico Químico e Instrumental.
CÓDIGO COLECBI : SS 200302-4

ENSAYOS DE METALES

RESULTADOS

METALES TOTALES (mg/L)	L.C. (mg/L)	EXPERIMENTAL 1
Plata (Ag)	0,002	<0,002
Aluminio (Al)	0,02	8,21
Arsenico (As)	0,005	0,130
Boro (B)	0,003	0,981
Bario (Ba)	0,003	0,213
Berilio (Be)	0,0002	<0,0002
Calcio (Ca)	0,02	69,33
Cadmio (Cd)	0,0001	0,0022
Cerio (Ce)	0,009	0,027
Cobalto (Co)	0,0006	0,0056
Cromo (Cr)	0,0003	0,0071
Cobre (Cu)	0,002	0,093
Hierro (Fe)	0,002	5,348
Mercurio (Hg)	0,001	<0,001
Potasio (K)	0,1	617,6
Litio (Li)	0,003	0,091
Magnesio (Mg)	0,02	31,62
Manganeso (Mn)	0,0003	0,5641
Molibdeno (Mo)	0,002	0,016
Sodio (Na)	0,06	97,91
Niquel (Ni)	0,0006	0,0152
Fósforo (P)	0,01	5,78
Plomo (Pb)	0,002	0,019
Antimonio (Sb)	0,003	<0,003
Selenio (Se)	0,005	<0,005
Sílice (SiO2)	0,01	46,12
Estaño (Sn)	0,003	0,270

CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES 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



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



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20200302-006

Pág. 2 de 2

ENSAYOS DE METALES

METALES TOTALES (mg/L)	L.C. (mg/L)	EXPERIMENTAL 1
Estroncio (Sr)	0,0003	0,3668
Titanio (Ti)	0,0007	0,0607
Talio (Tl)	0,002	<0,002
Vanadio (V)	0,001	0,045
Zinc (Zn)	0,002	0,504

ENSAYOS FISICO QUIMICOS

ENSAYOS	MUESTRA
	EXPERIMENTAL 1
(**) pH	9,93

(**) Fuera del alcance por tiempo de vigencia de la muestra, según la tabla 1060: I: SMEWW-APHA-AWWA-WEF
METODOLOGÍA EMPLEADA

pH: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed.2017. pH Value. Electrometric Method.

Metales Totales: EPA Method 200.7, Rev. 4.4 EMMC Version / 1994. Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry.

NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestro Laboratorio sobre muestras:
Proporcionadas por el Solicitante (X) Muestras tomadas por COLECBI S.A.C. ()
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra/s ensayada/s.
- 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 su perecibilidad y/o muestra única.
- El informe incluye diagrama, croquis o fotografías: **SI () NO (X)**
- Cuando el informe de ensayo ya emitido se haga una corrección o modificación se emitirá un nuevo informe de ensayo completo que haga referencia al informe que reemplaza. Los cambios se identificarán con letra negrita y cursiva.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Marzo 07 del 2020.
GVR/jms

LC-MP-HRIEVO
Rev. 06
Fecha 2019-07-01

A. Gustavo Vargas Ramos
Gerente de Laboratorio
BIOLOGO MICROBIOLOGO
L. R. N. 126
COLECBI S.A.C.

EL INFORME NO SE DEBE REPRODUCIR SIN LA APROBACION
DEL LABORATORIO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD

FIN DEL INFORME

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

Anexo 10.Informe de ensayo - muestra experimental
N° 02 Y Ph.



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



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20200302-007

Pág. 1 de 2

SOLICITADO POR : **MORALES CORDOVA PLINIO.**
 DIRECCION : Bellamar Mz F5 Lote 20 Nuevo Chimbote.
 NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE : NO APLICA
 PRODUCTO DECLARADO : **AGUA NATURAL SUPERFICIAL (AGUA DE RIO).**
 LUGAR DE MUESTREO : NO APLICA
 MÉTODO DE MUESTREO : NO APLICA
 PLAN DE MUESTREO : NO APLICA
 CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO : NO APLICA
 FECHA DE MUESTREO : NO APLICA
 CANTIDAD DE MUESTRA : 02 muestras.
 PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En frascos de plástico con tapa.
 CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2020-03-02
 FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2020-03-02
 FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2020-03-06
 LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS : Laboratorio Físico Químico e Instrumental.
 CÓDIGO COLECBI : **SS 200302-4**

ENSAYOS DE METALES

RESULTADOS

METALES TOTALES (mg/L)	L.C. (mg/L)	EXPERIMENTAL 2
Plata (Ag)	0,002	<0,002
Aluminio (Al)	0,02	1,31
Arsenico (As)	0,005	0,107
Boro (B)	0,003	0,510
Bario (Ba)	0,003	0,038
Berilio (Be)	0,0002	<0,0002
Calcio (Ca)	0,02	52,56
Cadmio (Cd)	0,0001	0,0079
Cerio (Ce)	0,009	<0,009
Cobalto (Co)	0,0006	0,0028
Cromo (Cr)	0,0003	<0,0003
Cobre (Cu)	0,002	0,120
Hierro (Fe)	0,002	0,527
Mercurio (Hg)	0,001	<0,001
Potasio (K)	0,1	258,5
Litio (Li)	0,003	0,078
Magnesio (Mg)	0,02	15,70
Manganeso (Mn)	0,0003	0,8110
Molibdeno (Mo)	0,002	0,007
Sodio (Na)	0,06	47,53
Niquel (Ni)	0,0006	0,0041
Fósforo (P)	0,01	0,52
Piomo (Pb)	0,002	0,020
Antimonio (Sb)	0,003	<0,003
Selenio (Se)	0,005	<0,005
Silice (SiO2)	0,01	13,32
Estaño (Sn)	0,003	0,015

CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES 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



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



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20200302-007

Pág. 2 de 2

ENSAYOS DE METALES

METALES TOTALES (mg/L)	L.C. (mg/L)	EXPERIMENTAL 2
Estroncio (Sr)	0,0003	0,2371
Titanio (Ti)	0,0007	0,0038
Talio (Tl)	0,002	<0,002
Vanadio (V)	0,001	0,010
Zinc (Zn)	0,002	1,294

ENSAYOS FISICO QUIMICOS

ENSAYOS	MUESTRA
	EXPERIMENTAL 2
(**) pH	9,93

(**) Fuera del alcance por tiempo de vigencia de la muestra, según la tabla 1060: I: SMEWW-APHA-AWWA-WEF

METODOLOGÍA EMPLEADA

pH: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed.2017. pH Value. Electrometric Method.

Metales Totales: EPA Method 200.7, Rev. 4.4 EMMC Version / 1994. Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry.

NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestro Laboratorio sobre muestras:
Proporcionadas por el Solicitante (X) Muestras tomadas por COLECBI S.A.C. ()
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra/s ensayada/s.
- 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 su perecibilidad y/o muestra única.
- El informe incluye diagrama, croquis o fotografías: **SI () NO (X)**
- Cuando el informe de ensayo ya emitido se haga una corrección o modificación se emitirá un nuevo informe de ensayo completo que haga referencia al informe que reemplaza. Los cambios se identificarán con letra negrita y cursiva.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Marzo 07 del 2020.
GVR/jms

LC-MP -HRIEVO
Rev. 06
Fecha 2019-07-01

A. Gustavo Vargas Ramos
Gerente de Laboratorio
BIOLOGO MICROBIOLOGO
L. 04 P. 128
COLECBI S.A.C.

EL INFORME NO SE DEBE REPRODUCIR SIN LA APROBACIÓN DEL LABORATORIO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD

FIN DEL INFORME

CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES 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