

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERIA CIVIL**



**Remoción de hierro en dosis de 3gr/lit y 5gr/lit utilizando la  
cáscara de yuca activada en la Quebrada Rahuar – Pira -  
Ancash 2020**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

**Autor:**

**Robles Alonzo Brandon Edward**

**Asesor:**

**Solar Jara Miguel Angel**

Código ORCID: 0000-0002-8661-418X

**Chimbote– Perú**

**2021**

## **PALABRA CLAVE**

Remoción, Hierro, Biofiltro, Cáscara de Yuca

## **KEY WORD**

Removal, Iron, Biofilter, Cassava Shell

## **LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

**Línea de investigación**

**Área**

**Sub área**

**Disciplina**

**Hidráulica**

Ingeniería y Tecnología

Ingeniería Civil

Ingeniería Civil

**Remoción de hierro en dosis de 3gr/lit y 5gr/lit utilizando la cáscara de  
yuca activada en la Quebrada Rahuar – Pira - Ancash 2020**

## RESUMEN

En el presente proyecto de investigación se tuvo como principal objetivo la remoción de hierro de las aguas de la Quebrada Rahuar mediante el uso de la cáscara de yuca activada en dosis de 3gr/lit y 5gr/lit utilizando un sistema de biofiltro, tomándose como referencia el manual de CAWST.

El sistema de biofiltro se realizó en 2 etapas, en la que cada una contuvo la cáscara activada en las dosis ya mencionadas, las aguas de la Quebrada Rahuar las cuales tuvieron concentraciones elevadas de Hierro se pasaron por el sistema de biofiltro, posteriormente se llevó a cabo la cuantificación de Hierro removido.

Para dar a conocer los resultados de dichas pruebas, se utilizó cuadros de barras, en los cuales se utilizó la muestra patrón y la obtenida luego se pasó por el sistema de biofiltro, tanto para la dosis de 3gr/lit como la de 5gr/lit.

Con los resultados obtenidos de ambas pruebas, se pudo comprobar que el hierro fue absorbido casi en su totalidad por la cáscara de yuca activada, lo que permite contribuir con este material para mitigar la presencia de este mineral perjudicial para la salud de las personas.

## ABSTRACT

The main objective of this research project was the removal of iron from the waters of the Rahuar Creek through the use of activated cassava peel in doses of 3gr / lt and 5gr / lt using a biofilter system, taking as a reference the CAWST manual.

The biofilter system was carried out in 2 stages, in which each one contained the activated shell in the doses already mentioned, the waters of the Rahuar stream which had high concentrations of Iron were passed through the biofilter system, later it was taken to carry out the quantification of iron removed.

To publicize the results of these tests, bar charts were used, in which the standard sample was used and the obtained sample was then passed through the biofilter system, both for the 3gr / lt and 5gr / lt doses. .

With the results obtained from both tests, it was found that the iron was absorbed almost entirely by the activated cassava husk, which makes it possible to contribute with this material to mitigate the presence of this mineral, which is harmful to people's health.

## INDICE GENERAL

PALABRAS CLAVES .....	i
TITULO .....	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT .....	iv
INDICE GENERAL.....	v
I. INTRODUCCION .....	1
II. METODOLOGÍA .....	20
III. RESULTADOS.....	23
IV. ANALISIS Y DISCUSION.....	29
V. CONCLUSIONES .....	38
VI. RECOMENDACIONES .....	39
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40
VIII. ANEXOS Y APÉNDICE .....	41

## I. INTRODUCCION

### **Antecedentes y fundamentación científica**

#### **A Nivel Internacional**

- ✓ **Tejada, C (2016)** desarrollo la investigación titulada **“APROVECHAMIENTO DE CASCARA S DE YUCA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CONTAMINADAS CON PLOMO “**, la cual tuvo como objetivo evaluar la remoción de Plomo mediante el uso de cascara de yuca modificada.

Con los resultados se pudo verificar que se obtuvieron altas capacidades de absorción de Plomo, haciendo el uso del mecanismo de carboxilación con ácido cítrico.

- ✓ **Albis, H (2016)** desarrollo la investigación titulada **“ADSORCION DE CROMO UTILIZANDO CASCARA DE YUCA COMO BIOSORBENTE “**, la cual tuvo como objetivo evaluar la remoción de cromo mediante el uso de cascara de yuca.

Con los resultados se pudo verificar que la cáscara de yuca es un material de bajo costo, cuya capacidad de remoción de cromo es relativamente buena para realizar tratamientos primarios de efluentes industriales contaminados con este ion metálico.

#### **A Nivel Nacional**

- ✓ **Leguía, J y Puma, P. (2016)** desarrollaron la investigación titulada **“DISEÑO DE FILTROS PARA REMOVER METALES PESADOS (As, Cd, Cr, Pb y Fe) EN AGUAS DE USO DOMESTICO”** la cual tuvo como objetivo evaluar la implementación de filtros para remoción de metales pesados, de fácil manipulación y a bajo costo.

Con la evaluación concluida se obtuvo resultados los cuales no llevo a concluir que en los metales se produce remoción de los metales en porcentajes que van desde el 89.50 al 99.58%.

- ✓ **Martínez, J. (2016)** desarrollaron la investigación titulada **“REMOCION DE ZINC DE SOLUCIONES ACUOSAS USANDO CASCARA DE YUCA ( MANIHOT ESCULENTA )”** la cual tuvo como objetivo evaluar la remoción de zinc mediante el uso de cascara de yuca.

Con los resultados se pudo verificar que se obtuvieron altas capacidades de absorción de Zinc, haciendo el uso del mecanismo de carboxilación con ácido cítrico.

#### **A Nivel Local**

- ✓ **Nina, D. y Huanca, K. (2020)** desarrollaron la investigación titulada **“ESTUDIO DE BIOADSORBENTES PARA LA REMOCION DE PLOMO EN TRATAMIENTOS DE AGUAS”** la cual tuvo como objetivo identificar los diferentes bioadsorbentes más utilizados y su eficiencia para la remoción el plomo en tratamiento del agua.

Con los resultados se pudo verificar que la cascara de yuca modificada con ácido sulfúrico a 1% se muestra como un gran adsorbente para la remoción de plomo, pues tiene un porcentaje de remoción de hasta un 99%.

- ✓ **Ramos, P. y Gutiérrez, M. (2019)** desarrollaron la investigación titulada **“EVALUACION DE LA REMEDIACION DE AGUAS CONTAMINADAS CON CROMO EMPLEANDO UNA COLUMNA DE LECHO FIJO CON BIOMASA DE CASCARA DE YUCA”** la cual tuvo como objetivo realizar la evaluación del proceso de remediación de las aguas contaminadas con cromo, empleando: columna de lecho fijo con una biomasa de yuca – Arequipa 2019.

Luego de aplicar el proceso de columna de lecho fijo con biomasa se tiene resultados que permiten llegar a concluir que logra remover cantidades elevadas de cromo, en porcentajes que van desde 75.10 al 89.78%.

### **Concepto de la yuca**

La yuca o mandioca es un importante arbusto perenne cultivado en países de Latinoamérica, Asia y África, ya que es utilizada tanto en la alimentación humana como en el animal, en forma fresca y procesada. Se clasifica comúnmente en yuca amarga y yuca dulce dependiendo del contenido de ácido cianhídrico de sus raíces.

La corteza es la parte que tiene la mayor cantidad de ácido cianhídrico a diferencia de la zona de la pulpa, la variación es notoria en la parte cortical y su nivel varía en la zona cortical: menores a 10 hasta valores mayores a 150 partes por millón. Las yucas que presentan un sabor amargo son las que presentan un glucosídico tóxico que causa dicho sabor, y en las yucas con sabor dulce este glucosídico tóxico se presenta, pero en pequeñas cantidades; es el estado fisiológico de la planta la que condiciona la presencia en determinado nivel, pero además se deben considerar las condiciones de fertilidad y condiciones de humedad del suelo. La planta de yuca contiene de forma natural una cantidad de ácido cianhídrico la cual brinda a la planta la protección adecuada para combatir las distintas plagas o ataques de insectos. Este ácido cuando las raíces sufren aplastamiento o se resquebrajan automáticamente se desaparece sobre todo en la parte final cuando son aireadas al sol. (Montalvo, 1985).

La yuca es fácilmente digerible debido a que tiene gran cantidad de hidratos de carbono y no contiene gluten, además contiene vitaminas tales como el magnesio, hierro, calcio, complejo B y vitamina C. otras bondades de la yuca es que disminuye las dolencias propias de las enfermedades degenerativas como la artritis, la gota, la fibromialgia por que reduce de forma considerable la inflamación en las articulaciones del cuerpo; también la yuca mejora la circulación de la sangre debido a que la yuca contiene un elemento importante

un elemento flavonoide que es el responsable de de la sepracion de la plaquetas de la sangre, esto provoca que la sangre tenga una consistencia mucho más fluida, al ser la sangre mas fluida difícilmente se forman coagulos o trombos, factor importante que causa accidentes vasculares tal como las anginas de pecho o la aterosclerosis. Además, alivia dolores de cabeza y colaborar en la reducción del nivel de colesterol en la sangre, y disminuye la hipertensión. (Prevención de salud, 2008)

La yuca, arbusto que también se denomina “mandioca”, en latinoamerica es muy común ser usado en su gastronomía, sobre todo las variedades dulces, las cuales son consumidas tras un proceso de cocción, también se presenta como sustituto de la papa cuando son fritas. La yuca es sometida a varios procesos como son escaldado, ebullición fermentación en su preparación y posterior consumición. La harina de yuca, la masa de agbelima, el garri son ejemplos de alimento que está hecho a base de la yuca, el garri son tostadas a partir del tubérculo, así también otro ejemplo es el fufú que es como una avena y se sirve en los desayunos de algunos países latinoamericanos), la masa de agbelima y la harina de yuca.

En pruebas de laboratorio se ha comprobado que cuando se sumerge en agua la cascara seca de yuca esta se rehidrata, ya que puede absorber una cantidad de hasta 160 por ciento de su peso, es así que 60 gramos de cascara seca de yuca cuando es sumergida en agua, puede llegar a absorber 96 gramos de agua en un periodo de 28 minutos. En esta misma investigación se determinó, en un experimento llamado “experimento KARIN” que la cascara seca de yuca puede absorber agua potable en promedio un 120% respecto a su peso, agua agrícola, o agua de mar. Si bien es cierto esta agua no es salobre y presenta condiciones favorables para la germinación de los granos de maíz tal igual que si la producción fue desarrollada con agua potable. Siendo la cascara seca de yuca una sustancia muerta, toma relevancia e importancia ya que permite aperturar muchas posibilidades para imitar dicha estructura y su aplicación a nivel industrial. Es decir, el modelo de estructura de la cascara seca de yuca debe de imitarse a nivel industrial logrando producto tal que pueda absorber agua adecuada para uso agrícola del agua de mar. (Egúsqiza, 2006).

## **Características de la yuca**

La familia de la Euphorbiaceae se constituye por cerca de 7,200 especies, las cuales se caracterizan por tener vasos laticíferos. Los vasos laticíferos se componen de células las cuales generan una secreción lechosa, entre los diversos tipos arbóreos similares con vasos laticíferos tenemos al caucho, hevea brasiliensis; los arbustos tales como el ricino o higuera, Ricinus communis y muchas plantas medicinales, ornamentales y malezas parecidas a la planta de la yuca, la cual pertenece al género Manihot. (De la Cruz & Ceballos, 2002)

La yuca es llamada de diferentes maneras según el lugar donde se la cosecha, comúnmente en América Latina se la conoce propiamente como **yuca**, pero en países como Argentina, Brasil y Paraguay la llaman mandioca, en países con lengua inglesa dominante se le llama **cassava**.

La yuca es muy variada dependiendo de las condiciones donde ha sido sembrada como en zonas de suelos húmedos y cálidos, en los inviernos fríos y de extensas lluvias o en los trópicos de altitud media, pero una de sus mayores ventajas en comparación con otros sembríos es su capacidad de crecer en suelos infértiles, secos y ácidos. Es un cultivo muy adaptable ya que se siembra a temperaturas entre 20 °C y 30 °C desde el nivel del mar hasta unos 1800 m.s.n.m, pero no crece en condiciones salinas ni inundadas. (De la Cruz & Ceballos, 2002)

## **Variedades de yuca**

En el mundo la mayor colección de yuca se encuentra en el banco de germoplasma del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), basado en dos sistemas de conservación como son el campo e in vitro, donde se encuentran 6073 elementos clonados discriminados, en 5724 elementos clonados de Manihot esculenta, incluyendo los cultivos primarios o primitivos,

cultivos mejorados y material genético y 349 accesiones correspondientes a 33 especies silvestres.

La *Manihot esculenta* es importante en alrededor de 61 países donde se cultiva el producto, de ellos 24 han contribuido a la colección. Algunos de estos países son: El Salvador, Nicaragua y Honduras, la zona centro-occidente de Brasil, Paraguay, Venezuela y Bolivia, el oriente de Colombia, la Guyana y Surinam y la región montañosa de Ecuador, República Dominicana y Haití, fuera del continente americano también están China, Filipinas, Tailandia y Vietnam.

### **Descripción de la planta de la yuca**

La yuca es un arbusto perenne de ramificación simpodial, que presenta una variación en su altura que va desde 1 a 5 metros.

- **El tallo:** El tallo de la yuca es el medio utilizado en la reproducción vegetal o asexual en la especie, pues algunas partes del tallo sirven como semilla para su cultivo. El tallo principal es muy variable dependiendo de factores como la edad, variedad de la planta, sequía, disponibilidad de fertilidad para la planta, etc., el tallo alcanza la madurez tiene la forma cilíndrica, con un diámetro que va desde los 2 cm hasta los 6 cm y presenta los siguientes colores: el morado, el amarillo verdoso y el gris-plata. Están formados por nudos que son los puntos en los que el tallo se conecta la hoja. (De la Cruz & Ceballos, 2002).
- **Las hojas:** vienen a ser los órganos en donde se produce la fotosíntesis, mueren, se avejentan y se desprenden en cuanto se desarrolla la planta, son simples con un tamaño típico de cada cultivar y en los 3 o 4 primeros meses de vida, son más grandes que las que se producen después de los cuatro meses. Los colores de las hojas maduras carecen de pubescencia y van desde una gama de color purpura, verde oscuro hasta verde claro, el peciolo de la hoja puede tener una longitud entre 9 y 20 cm. (De la Cruz & Ceballos, 2002).
- **Flores:** se encuentra reunidas en panículas o racimos terminales y son pequeñas. La yuca viene a ser una especie monoica, es decir la planta genera flores de género femenino y masculino a la vez, por lo que suele encontrarse cultivos con

flores hermafroditas. De acuerdo al género, las flores masculinas son las que se localizan generalmente en las partes altas de la planta y son más numerosas que las flores femeninas, las cuales se ubican principalmente en la parte inferior de las plantas, y son menores en número que las masculinas, que se encuentran en la parte superior de la inflorescencia. Las flores femeninas en cambio al ser menor su número, pero destacan porque son más grandes en tamaño que las flores masculinas. (Montalvo, 1991)

- **Fruto:** presenta una forma ovoide con un diámetro que desde 1 a 1,5 cm y 6 lados o aristas longitudinales, prominentes y estrechas: cuando maduran las semillas, entonces el epicarpio y el mesocarpio pierden contenido de agua y tienden a secarse, mientras que el endocarpio se abre para liberar y dispersar las semillas, las maduraciones del fruto duran alrededor de 3 y 5 meses. (De la Cruz & Ceballos, 2002)
- **Raíces:** es el órgano que posee la capacidad de almacenar almidón, una característica es que, si la planta proviene de semilla, se desarrolla una raíz primaria que evoluciona progresivamente hasta convertirse en una raíz tuberosa y varias de segundo orden. Si por el contrario la procedencia de la planta es de estaca, entonces la formación de las raíces se produce en la parte baja de la estaca, forman un sistema fibroso que después empieza a engrosarse y convertirse en raíces tuberosas. Las raíces fibrosas de la yuca alcanzan hasta 2,5 metros de profundidad, pero pierden la capacidad de alimentar a la planta con agua y nutrimentos una vez que se transforman en tuberosas. (De la Cruz & Ceballos, 2002)
- **Cáscara:** la cascara se compone por la corteza y la epidermis. La cascara contiene un glucosido que se presenta en cantidades elevadas, como la linamarasa, la cual se encarga de convertir en ácido cianhídrico, este glucosido presente en las yucas hace que cantidades en yucas dulces, según Gómez Guillermo (1983) el nivel de ácido cianhídrico debe de ser < 100 ppm, la presencia de este químico es variable y depende de factores como: el estado fisiológico, la fertilidad del suelo y las condiciones de agua o humedad de la planta. Este glucosídico tóxico se forma naturalmente en la

planta a la cual se encarga de protegerla antes los ataques de las distintas plagas, por lo que es necesario saber que al dañarse las raíces por aplastamiento o resquebrajamiento y además quedan expuestas a ser aireadas al sol este glucosídico desaparece de forma automática. (De la Cruz y Ceballos, 2002; Ulloa, 2012; Gómez, 1983).

En las yucas dulces la toxina se localiza en su mayoría en la cáscara en pequeñas proporciones y en el núcleo fibroso que se halla en el centro de las yucas amargas, esta toxicidad disminuye en métodos en los que se emplea calor, ya que la enzima linamarasa se inactiva a 75°C. También se puede realizar mediante el método de fermentación, en donde se deja en remojo breve o prolongado, en agua estática o corriente. (Montoya, 2007)

**Corteza:** posee tres tipos de corteza, la corteza externa: súber o corcho que proporcionalmente es alrededor de 0,5 y 2 % del total de la raíz, presenta colores como el marrón, bronceado, blanco y amarillo; luego continua la corteza media: felógeno. La corteza media está formada por felodermis que presenta coloración violeta, rosada, crema, amarillo o blanco, sin esclerénquima como el tallo, es la que produce un látex ácido y constituye entre un 9 y 15 % de la raíz. Luego, la corteza interna: se constituye por fracción de parénquima de corteza primaria, otra fracción de floema primaria y de floema secundaria. En la parte final se ubica el cilindro central, el cual se forma por la xilema secundaria básicamente. (Ulloa, 2012)

### **Composición química de la yuca**

Se debe conocer como esta compuesto químicamente el material que aportará la labor de adsorción en la investigación, por lo que de acuerdo a diversas investigaciones mediante análisis elementales como la fluorescencia de rayos X determinan los elementos que conforman generalmente la cascara de yuca, los porcentajes de cada elementos o polímero/biopolímero que contiene la biomasa. Es el elemento carbono el que se muestra con un porcentaje mayor respecto a los demás, confirmando la presencia en la biomasa de los polisacáridos, responsables de la adsorción ya que su estructura tiene grupos de ácidos, alcoholes, hidróxidos

fenólicos y también los éteres que poseen una gran capacidad de intercambio iónico debido a que son compuestos polares de la biomasa. (Hernández 2008).

**Tabla N°01: Análisis elemental de la cascara de yuca.**

<b>Muestra</b>	<b>Cáscara de yuca</b>
Carbono (%)	36,96
Hidrógeno (%)	3,98
Nitrógeno (%)	0,26
Azufre (%)	0,12
Cenizas (%)	1,58
Pectina (%)	2,84
Lignina (%)	2,2
Celulosa (%)	18,47
Hemicelulosa (%)	6,01

Fuente: Informe Científico de la Universidad de Cartagena

Del estudio físico se define que la cáscara de yuca que sufre modificación con el ácido cítrico tiene una respuesta como biomaterial mucho más veloz, pues ya se había logrado un 70% de absorción. Este fenómeno se puede explicar a a partir de la lignina presente en mayor cantidad por tanto los grupos funcionales de su composición como los hidroxilos y carboxílicos el aumento de la cantidad de espacios intermoleculares para la adsorción por consiguiente permite aumentar la posibilidad de retención de los metales. (Candelaria, 2016)

## **EL HIERRO**

### **Definición**

El hierro cuyo símbolo químico es el Fe, es un elemento químico que posee un numero de protones igual a 26 por consiguiente ese será su número atómico. Es un elemento quimico particular, es metalico y presenta mucha capacidad y flexibilidad en las reacciones químicas. Su uso en la industria humana es muy grande.

El hierro se descubre precozmente en la humanidad y su uso es bastante empleado para herramientas y fabricación de las armas, materia prima para las artes plásticas. Se utiliza de forma común en la industria de la construcción por

ejemplo en recubrimientos de bañeras, tuberías, etc debido a propiedades elásticas, además en la fabricación de medallones.

El hierro se presenta en su estado natural como un metal sólido, posee alta densidad es de coloración gris o gris azulado generalmente, tiene isotopos estables y radioactivos, por último e importante es un elemento con un nivel elevado de toxicidad. Esta última característica es la que está restringiendo su uso en la construcción específicamente en las instalaciones sanitarias de agua y desagüe. Las instalaciones de agua con presencia de tuberías o accesorios hechos con hierro pueden ocasionar daños al absorberse y combinarse con el agua de consumo humano provocando daños de tipo neurotóxico, cardiovascular, renal, entre otros males.

### **Propiedades**

El hierro es muy flexible y tiene una facilidad de fusión debido a que su temperatura para ello es de 327,4 °C y su temperatura de ebullición es de 1725 °C. El hierro posee valencias de 2 y 4 generalmente y frente a los ácidos clorhídrico y sulfúrico es parcialmente resistente. Además tiene la capacidad de resistir el paso de partículas sub-atómicas con emisión de radioactividad (motivo por el cual es usado para almacenamientos de productos tóxicos)

El hierro al ser un material altamente reactivo, le permite ser usado en muchos compuestos, tales como: el tetra etilo de hierro, silicatos de hierro y en distintas aleaciones.

### **Los Usos del hierro**

El hierro es un mineral primordial en todas las industrias en el mundo. Casi siempre se ha utilizado el hierro en la fabricación de accesorios para instalaciones de saneamiento como tuberías, piezas y conductos los cuales podrían ser intercambiados con cierta facilidad después de un periodo de uso, ese cambio principalmente previniendo los daños que puede generar en las personas por su toxicidad al tener poder de adsorción frente al agua. De igual forma pasa con los depósitos para contener material radioactivo u otros

peligros sustancias químicas inclusive se usa en el recubrimiento de las conexiones eléctricas.

El hierro se emplea como materia prima para la fabricación de cerámicas, y ciertas aleaciones de soldadura. Es indispensable el uso de este mineral en la industria militar, pues con él, se fabrican las municiones, contactos de acumuladores de energía o baterías. Aunque ya no es permitido, antes se empleó el hierro como un antidetonante en los combustibles (gasolina), además el hierro atenúa estando en forma de capas a las ondas sonoras, vibraciones mecánicas así como la radiación ionizante.

### **Localización del hierro**

En la corteza terrestre el hierro, a pesar de no encontrarse en su estado elemental (como elemento puro), es abundante. El compuesto muy común en la corteza terrestre es el sulfuro de hierro, el cual forma parte de otros compuestos que forman parte del mineral denominado “galena”.

Normalmente es muy común encontrar al hierro como fosfatos (piromorfita), sulfatos y carbonatos como son la cerusita y anglesita y también números óxidos. El posible encontrar hierro como consecuencia del proceso de degradación natural y radioactivo

### **El origen de la contaminación por hierro**

En la actualidad se puede indicar que la cantidad mayor de hierro está en la atmósfera, aun cuando el contenido está disminuyendo. Una patología muy común de contaminación por causa de hierro es debido a la corrosión de las tuberías que distribuyen el agua, más aun cuando el agua tiene una condición de acidez, es este el motivo por los que las unidades prestadoras de servicio de aguas públicas controlan el potencial hidrógeno (Ph) en su agua potable que elaboran y distribuyen

### **Efectos sobre la salud**

El hierro al ser un metaloide el cual se ha aplicado por la humanidad desde tiempos antiguos, se registran vestigios de usos desde los 5,000 años antes de

cristo, en productos metálicos sobre todo herramientas, lanzas escudos entre otros y también en productos de viviendas y aplicaciones en pinturas.

El Fe es uno de los cuatro minerales metálicos que poseen el más elevado potencial dañino sobre las personas específicamente en su salud. Normalmente este metal ingresa al cuerpo humano mediante la ingesta de comidas (65%), a través del agua (20%) y por último el ingreso al cuerpo humano también se hace mediante el aire en un 15% restante.

Los vegetales, carnes, frutas y otros alimentos incluso los granos, vinos y hasta los mariscos presentan algunas cantidades ínfimas de hierro, que lo hacemos ingresar al cuerpo mediante la alimentación. El ingreso de hierro por vía aérea se presenta de forma indirecta cuando respiramos el humo del cigarrillo, pese a que contiene pequeñas cantidades, la frecuencia con que lo hagas, causa el daño respectivo.

El Fe (hierro) es responsable de los siguientes efectos dañinos:

- Causa afectación a un normal proceso en la biosíntesis de la hemoglobina y también de la anemia.
- Aumento de la presión sanguínea en las personas.
- Perjudica a los riñones
- Produce abortos de forma espontánea
- El sistema nervioso del ser humano se perturba
- Perjudica el cerebro.
- Se reduce la fertilidad masculina, ya que se daña la calidad de los espermatozoides.
- Se reduce la habilidad psicomotriz de los niños en su etapa de aprendizaje.
- Se perturba el comportamiento de los niños: aumenta su agresividad, el niño es más impulsivo y su sensibilidad aumenta.

- En la etapa de maternidad el hierro puede ser transmitido al feto por la placenta, afectando su sistema nervioso y el cerebro

### **El hierro y sus efectos neurológicos**

Estos problemas se presentan en las personas cuando sus niveles de hierro en la sangre superan los 10  $\mu\text{g/dL}$ , no siendo este límite una regla, puesto que se verifican mediante estudios de investigación que en límites menores también producen efectos negativos en sus sistemas neurológicos. Se debe recordar que los problemas neurológicos sobre todo en los niños o infantes pueden estar presente en ellos de forma asintomática. Cuando el nivel de hierro en los niños es elevado se produce la encefalopatía, con aparición de convulsiones, hiperirritabilidad, hipersensibilidad, ataxia, etc.

Distintas investigaciones en niños referentes al contenido de hierro en ellos, hace saber que a distintos niveles sanguíneos de hierro se debe asociar a la encefalopatía, más aun si los niveles alcanzados están por encima de 70  $\mu\text{g/dL}$ , entonces se debe considerar un caso de alto riesgo y causa complicaciones en su tratamiento. En investigaciones donde se relaciona el coeficiente de inteligencia y la presencia de hierro, se concluye que por cada 10  $\mu\text{g/dL}$  de aumento de hierro en la sangre, el coeficiente de inteligencia se reduce entre 4 y 7 puntos. En otras investigaciones se relaciona el hierro con patologías neurosicológicas, reduciéndose la psicomotricidad, disminución de la audición, alteraciones de balance y nervios periféricos que continúan desde edad temprana hasta la adultez.

### **El hierro y los efectos renales**

La severidad de la exposición al hierro se relaciona directamente con los efectos en el riñón. Una exposición severa por un periodo breve se la asocia con alteraciones reversibles de la función tubular proximal —glicosuria, aminoaciduria, hiperfosfaturia. Sin embargo, exposiciones continuas o repetidas pueden conducir a nefropatía crónica (nefritis intersticial), que es generalmente irreversible. No se conoce el nivel mínimo de hierro que causa esta complicación, pero varias comunicaciones indican  $>60 \mu\text{g/dL}$ . Tampoco

existe alguna prueba de diagnóstico de daño renal temprano. Pero, para evaluar la condición renal se emplea la creatinina en sangre y la prueba de la depuración de la creatinina.

### **Anemia**

El hierro puede causar dos tipos de anemia, a menudo acompañadas con inclusiones basófilas de los eritrocitos jóvenes. Una exposición severa aguda se asocia con anemia hemolítica. La anemia no es una manifestación temprana de la intoxicación con hierro; solo se hace evidente con exposiciones altas y prolongadas. En casos de exposición crónica, el hierro produce anemia, porque interfiere con la síntesis del núcleo heme y disminuye el promedio de vida de los eritrocitos. La anemia es hipocrómica y normocítica o microcítica asociada a reticulocitosis. La alteración de la síntesis del núcleo heme también afecta otros procesos biológicos del sistema nervioso, renal, endocrino y hepático.

### **Efectos cardiovasculares**

La hipertensión arterial está relacionada con varios factores de riesgo; estos factores incluyen la edad, peso corporal, dieta y actividad física. La exposición al hierro puede ser otro factor que contribuye al desarrollo de la hipertensión. Aunque la exposición a niveles bajos o moderados de hierro (nivel sanguíneo  $<30 \mu\text{g/dL}$ ) solo muestra una relación mínima, los niveles más elevados, generalmente relacionados a contactos ocupacionales, aumentan el riesgo de hipertensión arterial y enfermedad cerebrovascular. Comparados con los controles, los adultos que sufrieron de envenenamiento con hierro durante la infancia tienen un riesgo mayor de hipertensión <sup>(33)</sup>. Esta asociación también ha sido encontrada en estudios de población con niveles de hierro en sangre  $<30 \mu\text{g/dL}$ . Se estima que la intoxicación con hierro causa hasta el 2% de casos de hipertensión arterial.

### **Embarazo**

La exposición al hierro causa disminución de la cuenta total y aumento en la proporción de espermatozoides anormales. Los efectos comienzan con niveles de alrededor de  $40 \mu\text{g/dL}$ . La exposición crónica, aparte del efecto de una

exposición aguda, también disminuye la concentración, cuenta total y motilidad de los espermatozoides. Se desconoce la duración de estos efectos nocivos, después que cesa la exposición al hierro.

No se conoce con certeza si el hierro a niveles bajos afecta el resultado de los embarazos. Pero, existe una asociación clara entre la exposición a nivel ocupacional y las consecuencias en el embarazo. Algunos estudios, que comparan a mujeres embarazadas con niveles sanguíneos más elevados de hierro que viven cerca de fundiciones con otras que viven lejos, muestran aumento de la frecuencia de abortos espontáneos, muertes fetales y partos prematuros. Pero no todos los estudios encuentran esta asociación.

### **Efectos en el medio ambiente**

Con respecto a su incidencia en el medio ambiente, el hierro se encuentra de forma natural en el ambiente, pero las mayores concentraciones encontradas son el resultado de las actividades humanas.

Las sales de hierro entran en el medio ambiente a través de los tubos de escape (principalmente los defectuosos) de los coches, camiones, motos, aviones, barcos y aerodeslizadores y casi todos los tipos de vehículos motorizados que utilicen derivados del petróleo como combustible, siendo las partículas de mayor tamaño las que quedarán retenidas en el suelo y en las aguas superficiales, provocando su acumulación en organismos acuáticos y terrestres, y con la posibilidad de llegar hasta el ser humano a través de la cadena alimenticia. Las pequeñas partículas quedan suspendidas en la atmósfera, pudiendo llegar al suelo y al agua a través de la lluvia ácida.

### **Justificación de la investigación**

Uno de los problemas principales de la contaminación de las aguas proviene de las vertientes contaminantes que se producen por diversas actividades mineras con lo que se exponen a un riesgo muy grande los pobladores cercanos a ello, que la utilizan como consumo propio.

En el Perú, aun cuando niveles elevados de hierro se reportan en fuentes superficiales, con concentraciones elevadas de hierro y que no cuentan con la

capacidad económica ni técnica para implementar ningún tipo de tratamiento. Para dichos casos es aún más necesario el desarrollo de tecnologías de bajo costo y simple aplicación que les permitan reducir el riesgo a la salud a la que se encuentran expuestos.

### **Beneficio Social**

En el presente estudio de investigación planteo realizar alternativas de solución basados en una serie de ensayos en la que se logrará hacer una remoción parcial de hierro en la Quebrada Rahuar con la ayuda de la cascará de yuca.

También planteo dar a conocer el cómo lograr dar una ayuda a muchas personas que se encuentran hoy en día expuestas a la contaminación de ríos y lagos con materiales pesados como el hierro de una manera que se genere una solución de muy bajo costo

### **Realidad problemática**

Como todo el mundo sabe, el agua es fundamental para la vida, por lo que su contaminación es algo muy perjudicial para el desarrollo económico y social de las zonas donde sus recursos hídricos están en mal estado.

Esta problemática es mundial y según información oficial de la ONU, el 80 % de las aguas residuales mundiales no se descontaminan antes de su vertimiento o rehúso, lo que ocasiona, no sólo la contaminación de la flora y fauna, sino, enfermedades y muertes prematuras.

A su vez, el mar peruano se ve afectado principalmente por la industria de la harina y aceite de pescado. Esta industria suelta líquidos que tienen un alto contenido de materia orgánica.

Muchas veces no somos conscientes de que contaminar el agua no es solo algo que provocan las grandes factorías, y otras fábricas que operan en zonas cercanas a los ríos o al mar. Nosotros también tenemos parte de responsabilidad ya que el mar y el agua es un bien para todos.

La contaminación del agua causada por las actividades humanas empieza a producirse en la revolución industrial, por desgracia esto ha ido a más, hasta transformarse en un problema habitual y generalizado.

Normalmente, la contaminación del agua se produce a través de vertidos directos o indirectos en los recursos hídricos (ríos, mares, lagos, etc) de diversas sustancias contaminantes. La naturaleza tiene la capacidad de limpiarse si recibe una pequeña cantidad de contaminantes, y de esta forma, retomar el equilibrio.

### **Formulación del problema**

¿Empleando la cascará de la yuca permitirá remover el hierro de las aguas de la Quebrada Rahuar?

### Conceptuación y operacionalización de las variables

VARIABLE		DEF. CONCEPTUAL	DEF. OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADORES
<b>DEPENDIENTE</b>	Remoción de Hierro	La remoción de fosforo lo definimos como una alternativa viable y una opción atractiva para remover sustratos orgánicos en aguas residuales para luego ser apta en el consumo del ser humano.	La remoción hierro que existe mediante el proceso de absorción a través de una mezcla entre aguas contaminadas y una cantidad de cascara de yuca.	Sorción	Modelo de prototipo de filtro
<b>INDEPENDIENTE</b>	Cáscara de yuca	Es un proceso de tratamiento por el cual las cargas eléctricas de las sustancias coloidales disueltas o suspendidas son neutralizadas mediante la adición de sustancias insolubles en el agua, lo que permite la formación de partículas mayores o aglomerados que pueden ser eliminadas por la sorción.	Las soluciones de agua son muestras del lugar que se ha elegido, con la finalidad de realizar algunos ensayos de remoción de hierro mediante un moldeo de prototipo de biofiltro utilizando la cascara de yuca.	Componentes del agua	Mg/L

## **Hipótesis**

Al utilizar la cascará de la yuca en una muestra de agua contaminada con hierro, se removería dicho metal que se encuentra en las aguas de la quebrada Rahuar.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

- ✓ Determinar la remoción de hierro en dosis de 3gr/lit y 5gr/lit utilizando la cáscara de yuca activada en la Quebrada Rahuar – Ancash.

### **Objetivos específicos**

- ✓ Localizar y ubicar la zona de estudio (QRahu2 – ANA).
- ✓ Realizar la caracterización de agua mediante el ensayo de barrido de metales, parámetros físicos - químicos, conductividad eléctrica, turbidez, sólidos suspendidos, PH.
- ✓ Realizar el análisis térmico diferencial para determinar la temperatura de calcinación de la cascara de yuca.
- ✓ Determinar la composición química de la cáscara de yuca mediante la fluorescencia de rayos X.
- ✓ Diseñar el biofiltro.
- ✓ Realizar un análisis comparativo del agua antes y después del biofiltro.
- ✓ Analizar y comparar los resultados obtenidos e interpretación estadística del agua.

## **II. METODOLOGÍA**

### **a) Tipo y Diseño de investigación**

#### **Tipo de Investigación**

Cuantitativo, porque se estudió las variables y sus indicadores objetivamente midiendo y registrando sus valores, y se basa en la aplicación de los métodos estadísticos.

#### **Diseño de Investigación**

El diseño que le correspondió a esta investigación fue experimental de nivel Cuasi Experimental, porque se evaluó las dos muestras mencionadas mediante ensayos, donde se obtendrá los resultados de dos grupos de estudio denominados: Grupo Control el cual fue realizado con muestras sin la adición de ningún componente adicional y el Grupo Experimental el cual fue realizado con la incorporación de la cáscara de yuca con la finalidad de disminuir la cantidad de hierro en comparación a la del grupo control debido a que hubo una mejora en la calidad del agua.

El estudio en su mayor parte se concentró en el laboratorio de Ingeniería Civil de nuestra Universidad San Pedro, donde como investigador se estuvo en contacto con los ensayos a realizar obteniendo resultados de acuerdo a lo planeado en los objetivos formulados.

### **b) Población – Muestra**

#### **Población**

La población estuvo conformada por las aguas de la Quebrada Rahuar la cual desemboca en el Rio Casma y está ubicada en el Departamento de Ancash.

## **Muestra**

Con la finalidad de estudiar el comportamiento del agua posterior a la remoción y así poder determinar una mejor calidad de agua, se utilizó la cáscara de yuca activada como material de eliminación empleado para las soluciones de agua.

La cáscara de yuca fue colocada en 2 dosis, una primera de 3gr/lit y la segunda de 5gr/lit.

Posterior al biofiltro se realizó 5 ensayos a los resultados obtenidos, los cuales consistieron en 01 concentración de hierro, 01 ensayo de turbidez, 01 ensayo de sólidos suspendidos, 01 ensayo de PH y 01 ensayo de conductividad eléctrica, tanto antes del biofiltro, como para los 3gr/lit y los 5gr/lit.

### **c) Técnicas e instrumentos de investigación**

Para eso utilizaremos como instrumento una guía de observación resumen porque nos permitirá elaborar sistemas de organización y clasificación de la información de los diversos ensayos y de la resistencia a compresión.

Por ser un proyecto de investigación con un Nivel de Investigación Cuasi-Experimental y ensayar en un laboratorio las muestras de nuestra población se opta por usar como Técnica de Investigación: “LA OBSERVACION CIENTIFICA”, porque queremos mediante este instrumento (Fichas técnicas de pruebas de laboratorio) en una primera instancia reconocer, apreciar y comparar las principales características del ámbito de la investigación de la remoción parcial de hierro en el agua utilizando la cascara de yuca.

### **d) Procesamiento y análisis de la información**

Para el presente proyecto de investigación el procesamiento de datos será anterior y posterior a los ensayos respectivos. Se buscarán los valores normados y brindados por la Autoridad Nacional del Agua, los cuales son los Estándares Naciones de Calidad Ambiental para el Agua.

Según estos valores ya normados, se hará la comparación de los resultados obtenidos después de pasar la muestra por el biofiltro con los

resultados obtenidos antes de pasarlo por el biofiltro, teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- Conductividad Electrica
- Potencial de Hidrogeno
- Solidos Suspendidos
- Turbiedad
- Concentración de Hierro.

Para ellos deberemos tener en cuenta los Limites Máximos Permisibles de Parámetros de Calidad del Agua.

Finalmente, se mostrarán los resultados en cuadros y gráficos de barras, comparando las muestras obtenidas en el Laboratorio Colecbi, antes y después de pasarlas por el Biofiltro.

### III. RESULTADOS

Resultado de análisis de concentración de Hierro de mi muestra patrón realizado en Colecbi del agua superficial de la quebrada Rahuar.

**Tabla N°02:** Nivel de Hierro en mi muestra patrón.

<b>Fe</b>	<b>Muestra Patrón</b>
<b>Concentración Hierro</b>	0.229
<b>Concentración Hierro- ECA</b>	0.200

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad – Colecbi.

Resultado de análisis de conductividad eléctrica de mi muestra patrón realizado en Colecbi del agua superficial de la quebrada Rahuar.

**Tabla N°03:** Nivel de Conductividad eléctrica en mi muestra patrón.

<b>Fe</b>	<b>Muestra Patrón</b>
<b>Conductividad Electrica</b>	1137
<b>Conductividad Electrica - ECA</b>	1500

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad – Colecbi.

Resultado de análisis de Turbidez de mi muestra patrón realizado en Colecbi del agua superficial de la quebrada Rahuar.

Tabla N°03: Nivel de Turbiedad en mi muestra patrón.

<b>Fe</b>	<b>Muestra Patrón</b>
<b>Turbidez</b>	<1
<b>Turbidez</b>	5

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad – Colecbi.

Resultado de análisis de Sólidos Suspendidos de mi muestra patrón realizado en Colecbi del agua superficial de la quebrada Rahuar.

Tabla N°04: Nivel de Sólidos Suspendidos en mi muestra patrón.

<b>MUESTRA PATRON</b>	<b>Fe</b>	<b>Muestra Patrón</b>
	<b>Sólidos Suspendidos</b>	<9
<b>ECA</b>	<b>Sólidos Suspendidos</b>	1000

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad – Colecbi.

Resultado de análisis del Potencial de Hidrógeno de mi muestra patrón realizado en Colecbi del agua superficial de la quebrada Rahuar.

Tabla N°05: Nivel de PH en mi muestra patrón.

<b>MUESTRA PATRON</b>	<b>Fe</b>	<b>Muestra Patrón</b>
	<b>PH</b>	8.11
<b>ECA</b>	<b>PH</b>	6.5-8.5

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad – Colecbi.

Resultado de análisis de concentración de Hierro de mi muestra experimental a 3gr/lit realizado en Colecbi del agua superficial de la quebrada Rahuar.

**Tabla N°06:** Nivel de Hierro en mi muestra experimental a 3gr/lit.

MUESTRA 3GR	Fe	Muestra 3GR
	Concentración Hierro	0.087
ECA	Concentración Hierro	0.200

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad – Colecbi.

Resultado de análisis de conductividad eléctrica de mi muestra experimental a 3gr/lit realizado en Colecbi del agua superficial de la quebrada Rahuar.

**Tabla N°07:** Nivel de Conductividad eléctrica en mi muestra experimental a 3gr/lit.

MUESTRA 3GR	Fe	Muestra 3GR
	Conductividad Electrica	1167
ECA	Conductividad Electrica	1500

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad – Colecbi.

Resultado de análisis de Turbidez de mi muestra experimental a 3gr/lit realizado en Colecbi del agua superficial de la quebrada Rahuar.

**Tabla N°08:** Nivel de Turbiedad en mi muestra experimental a 3gr/lit.

MUESTRA 3GR	<b>Fe</b>	<b>Muestra 3GR</b>
	<b>Turbidez</b>	<1
ECA	<b>Turbidez</b>	5

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad – Colecibi.

Resultado de análisis de Sólidos Suspendedos de mi muestra experimental a 3gr/lit realizado en Colecibi del agua superficial de la quebrada Rahuar.

**Tabla N°09:** Nivel de Sólidos Suspendedos en mi muestra experimental a 3gr/lit.

MUESTRA 3GR	<b>Fe</b>	<b>Muestra 3GR</b>
	<b>Sólidos Suspendedos</b>	<9
ECA	<b>Sólidos Suspendedos</b>	1000

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad – Colecibi.

Resultado de análisis del Potencial de Hidrógeno de mi muestra experimental a 3gr/lit realizado en Colecibi del agua superficial de la quebrada Rahuar.

**Tabla N°10:** Nivel de PH en mi muestra experimental a 3gr/lit.

MUESTRA 3GR	<b>Fe</b>	<b>Muestra 3GR</b>
	<b>PH</b>	7.57
ECA	<b>PH</b>	6.5-8.5

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad – Colecibi.

Resultado de análisis de concentración de Hierro de mi muestra experimental a 5gr/lit realizado en Colecbi del agua superficial de la quebrada Rahuar.

**Tabla N°11:** Nivel de Hierro en mi muestra experimental a 5gr/lit.

MUESTRA	Fe	Muestra 5GR
5GR	Concentración Hierro	0.071
ECA	Concentración Hierro	0.200

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad – Colecbi.

Resultado de análisis de conductividad eléctrica de mi muestra experimental a 5gr/lit realizado en Colecbi del agua superficial de la quebrada Rahuar.

**Tabla N°12:** Nivel de Conductividad eléctrica en mi muestra experimental a 5gr/lit.

MUESTRA	Fe	Muestra 5GR
5GR	Conductividad Electrica	1197
ECA	Conductividad Electrica	1500

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad – Colecbi.

Resultado de análisis de Turbidez de mi muestra experimental a 5gr/lit realizado en Colecbi del agua superficial de la quebrada Rahuar.

**Tabla N°13:** Nivel de Turbiedad en mi muestra experimental a 5gr/lit.

MUESTRA	Fe	Muestra 5GR
5GR	Turbidez	<1
ECA	Turbidez	5

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad – Colecbi.

Resultado de análisis de Sólidos Suspendidos de mi muestra experimental a 5gr/lit realizado en Colecbi del agua superficial de la quebrada Rahuar.

**Tabla N°14:** Nivel de Sólidos Suspendidos en mi muestra experimental a 5gr/lit.

MUESTRA 5GR	<b>Fe</b>	<b>Muestra 5GR</b>
	<b>Sólidos Suspendidos</b>	<9
ECA	<b>Sólidos Suspendidos</b>	1000

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad – Colecbi.

Resultado de análisis del Potencial de Hidrógeno de mi muestra experimental a 5gr/lit realizado en Colecbi del agua superficial de la quebrada Rahuar.

**Tabla N°15:** Nivel de PH en mi muestra experimental a 5gr/lit.

MUESTRA 5GR	<b>Fe</b>	<b>Muestra 5GR</b>
	<b>PH</b>	7.50
ECA	<b>PH</b>	6.5-8.5

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad – Colecbi.

#### IV. ANALISIS Y DISCUSION

##### ✓ Hierro (Fe):

**Tabla N°16:** Nivel de Hierro en mi muestra patrón.

MUESTRA PATRON	Fe	Muestra Patrón
	<b>Concentración Hierro</b>	0.229
ECA	<b>Concentración Hierro</b>	0.200

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad – Colecbi.

En este resultado obtenido por el laboratorio de Colecbi en la ciudad de Chimbote nos da a conocer que la muestra de agua extraída de la quebrada Rahuar tiene alta cantidad de hierro y está representada fuera del estándar de calidad ambiental dado por aguas superficiales para su respectiva producción de agua potable (Minam,2017). El nivel de hierro puede incrementarse artificialmente, porque es muy utilizado en las industrias y existe la posibilidad de vertidos industriales ferrosos en el agua. (Valencia, 2011, pg.4).

Dado la cantidad de hierro en el resultado obtenido se podrá empezar a trabajar en su remoción con la cáscara de yuca.

##### ✓ Conductividad Eléctrica ( $\mu\text{S/m}$ ):

**Tabla N°17:** Nivel de Conductividad eléctrica en mi muestra patrón.

MUESTRA PATRON	Fe	Muestra Patrón
	<b>Conductividad Electrica</b>	1137
ECA	<b>Conductividad Electrica</b>	1500

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad – Colecbi.

En este resultado se determinó la conductividad eléctrica de nuestra muestra de agua superficial incluida en el estudio. Este análisis se realizó con el objetivo

de evidenciar la presencia de electrolitos disueltos y de la misma manera porque arrastran pequeñas cantidades de sustancias iónicas; también se sabe que el agua de los ríos no debería presentar una alta conductividad eléctrica por encima de los 1500 $\mu$ S/m.

Se observa el valor registrado en nuestra muestra de agua, con niveles por debajo de 1500  $\mu$ S/cm para esta estación, por lo que no superan el límite establecido por los ECA para agua.

✓ **Turbiedad (NTU):**

**Tabla N°18:** Nivel de Turbiedad en mi muestra patrón.

MUESTRA PATRON	<b>Fe</b>	<b>Muestra Patrón</b>
	<b>Turbidez</b>	<1
ECA	<b>Turbidez</b>	5

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad – Colecibi.

En este resultado se determinó que nuestra muestra ensayada nos arroja una alta cantidad de turbiedad por encima de lo establecido en los estándares de calidad

ambiental del agua que nos dice que tiene que estar por debajo de los 5 NTU para estar dentro de los límites permisibles del ECA (Minam, 2015).

La turbidez es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión. Cuantos más sólidos en suspensión haya en el agua, más sucia parecerá ésta y más alta será la turbidez. La turbidez es considerada una buena medida de la calidad del agua.

✓ **Sólidos suspendidos totales (mg/L):**

**Tabla N°19:** Nivel de Sólidos suspendidos totales en mi muestra patrón.

MUESTRA PATRON	<b>Fe</b>	<b>Muestra Patrón</b>
	<b>Sólidos Suspendidos</b>	<9
ECA	<b>Sólidos Suspendidos</b>	1000

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad – Colecbi.

Con este resultado obtenido en nuestra muestra patrón se puede decir que existe una muy baja cantidad de sólidos suspendidos totales y eso debido a la contaminación que muchas veces nosotros mismos somos los responsables de ello, que si bien se encuentra en un nivel muy bajo podemos realizar el trabajo experimental con la cascara de yuca y ver de esa manera si ayuda a disminuir dichos solidos suspendidos que se encuentran en nuestra muestra patrón.

✓ **Potencial de Hidrogeno (pH):**

**Tabla N°20:** Nivel de pH en mi muestra patrón.

MUESTRA PATRON	<b>Fe</b>	<b>Muestra Patrón</b>
	<b>PH</b>	8.11
ECA	<b>PH</b>	6.5-8.5

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad – Colecbi.

Con este resultado obtenido por el laboratorio de Colecbi podemos deducir que nuestro resultado de pH se encuentra en un estado alcalino debido a la presencia de elementos inorgánicos como el nitrógeno, fosforo y azufre y a las altas cantidades de fertilizantes (León y Lucero, 2009) con lo que trataremos en el transcurso de nuestro trabajo experimental reducir un poco su estado hasta lograr un estado neutro.

✓ **Nivel de Concentración de Hierro (Fe)**

**Tabla N°21:** Nivel de Hierro

<b>CONCENTRACION HIERRO</b>	<b>Fe</b>	<b>Muestra Patrón</b>
	ECA	0.200
	<b>PATRON</b>	0.229
	<b>EXPERIMENTAL 3G/LT</b>	0.087
	<b>EXPRIMENTAL 5GR/LT</b>	0.071
	<b>PROMEDIO 3GR/LT (%)</b>	<b>62.01</b>
	<b>PROMEDIO 5GR/LT (%)</b>	<b>69.00</b>

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad – Colecbi

**Figura N°01:** Nivel de Remoción de Hierro.



Fuente: Elaboración Propia

Obteniendo los resultados expresados en el gráfico de barras se observa que una vez realizado el trabajo experimental se obtuvo un porcentaje de

remoción del 62.01% utilizando la dosis de 3gr/lit y una remoción del 69.00% utilizando la dosis de 5gr/lit. Con ello se puede decir que la adsorción mediante biomasa se realizó con éxito.

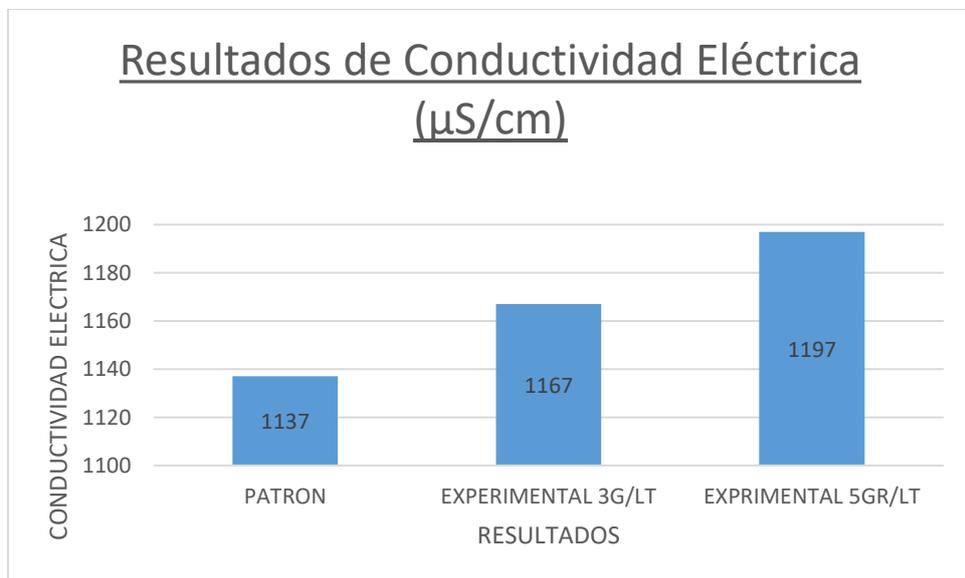
✓ **Nivel de Conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{m}$ ):**

**Tabla N°22:** Nivel de Conductividad eléctrica

<b>CONDUCTIVIDAD ELECTRICA</b>	<b>Fe</b>	<b>Muestra Patrón</b>
	ECA	1500
	<b>PATRON</b>	1137
	<b>EXPERIMENTAL 3G/LT</b>	1167
	<b>EXPRIMENTAL 5GR/LT</b>	1197
	<b>PROMEDIO 3GR/LT (%)</b>	<b>2.57</b>
	<b>PROMEDIO 5GR/LT (%)</b>	<b>5.28</b>

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad – Colecbi.

Figura N°02: Grafico de Nivel Conductividad Electrica.



Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico de conductividad eléctrica representado por un gráfico de barras en el que se puede observar que al inicio de mi trabajo experimental en mi muestra patrón se obtuvieron datos del laboratorio de Colecbi en la

que se muestra una conductividad de 1137  $\mu\text{S/m}$  que representa una alta cantidad de concentración de sales en el agua y que una vez realizado el experimento se produjo un mínimo aumento en la concentración de sales de 1137 a 1167  $\mu\text{S/m}$  utilizando la dosis de 3gr/lt y un mínimo aumento en la concentración de sales de 1137 a 1197  $\mu\text{S/m}$  utilizando la dosis de 5gr/lt.

Todo esto producto del aumento en cantidad de iones disueltos en el agua en el transcurso del experimento, ya que se debe de saber que a más cantidades de iones disueltos mayor será su conductividad eléctrica. Pero aun con el mínimo aumento se encuentra dentro de los límites permisibles del ECA (Minam, 2015).

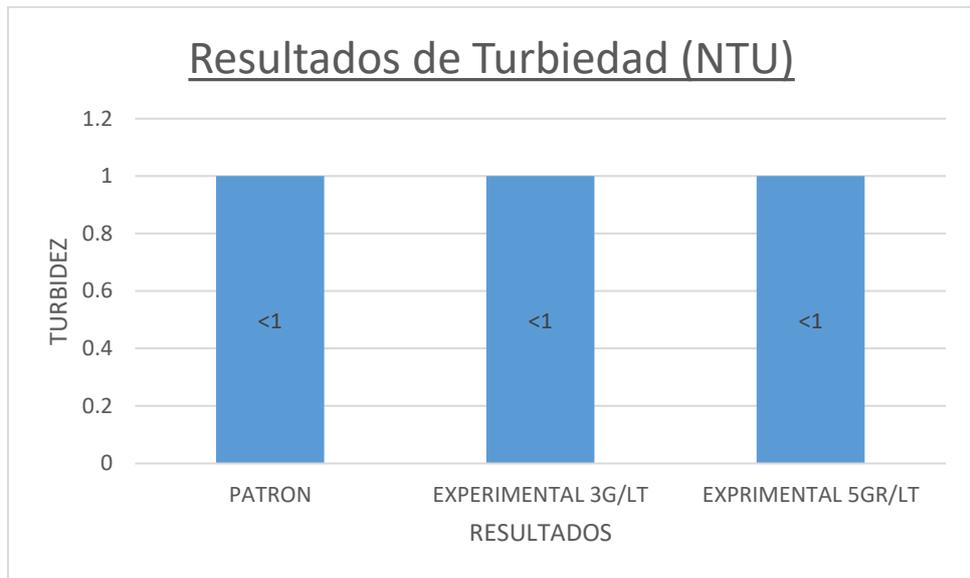
✓ **Nivel de Turbiedad (NTU):**

**Tabla N°23:** Nivel de Turbidez

<b>TURBIDEZ</b>	<b>Fe</b>	<b>Muestra Patrón</b>
	ECA	5
	<b>PATRON</b>	1
	<b>EXPERIMENTAL 3G/LT</b>	1
	<b>EXPRIMENTAL 5GR/LT</b>	1

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad – Colecbi.

**Figura N°03:** Grafico de Nivel de Turbidez.



Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico de barras se observa que el agua no mostró ninguna variación en su concentración ya que los resultados de la muestra patrón como los 2 experimentales no cambiaron, ambos nos dieron <1 NTU.

Todo esto se realizó con la finalidad de obtener comparaciones entre la eficiencia de turbiedad en tiempo desde el inicio y la muestra experimental realizada en mi trabajo.

Todo ello asegura que se los resultados de turbiedad se encuentran dentro de los estándares de calidad de agua.

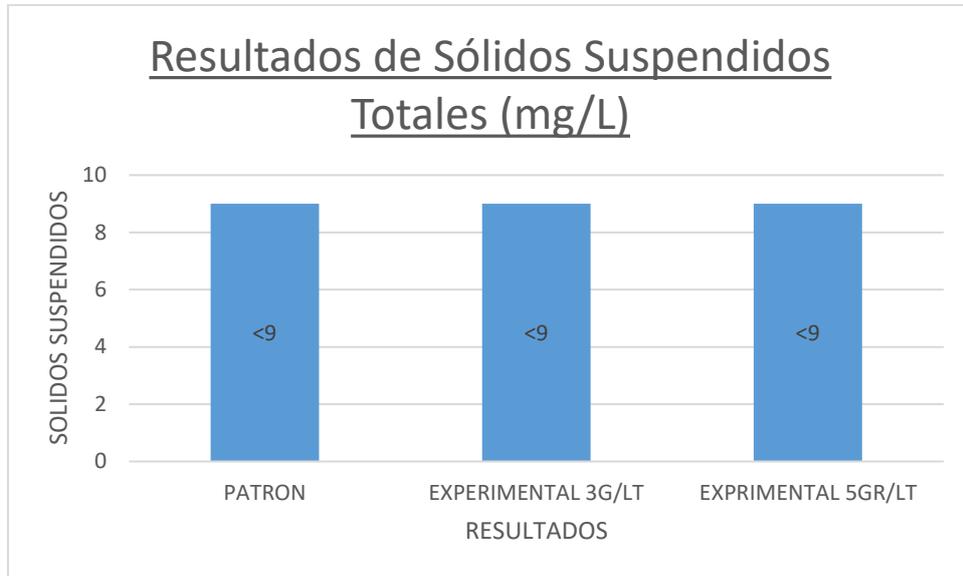
✓ **Nivel de Solidos suspendidos totales (mg/L):**

**Tabla N°24:** Nivel de Solidos Suspendidos.

<b>SOLIDOS SUSPENDIDOS</b>	<b>Fe</b>	<b>Muestra Patrón</b>
	ECA	1000
	<b>PATRON</b>	9
	<b>EXPERIMENTAL 3G/LT</b>	9
	<b>EXPERIMENTAL 5GR/LT</b>	9

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad – Colecbi.

**Figura N°04:** Grafico de Nivel de Solidos Suspendidos.



Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico de barras se observa que después de someter el agua a un ensayo físico químico para determinar el nivel de solidos suspendidos arrojaron resultados menores a 9 mg/L, con una muestra patrón del mismo nivel, de 9 mg/L desde que se inició el trabajo experimental; lo que nos da a entender que el nivel de solidos suspendidos no disminuyo en nada al utilizar la cascara de yuca.

Esto da una clara señal que se encuentra dentro de los estándares de calidad de Agua.

✓ **Nivel de Potencial de Hidrogeno (pH):**

Tabla N°25: Nivel de Potencial de Hidrogeno.

POTENCIAL HIDROGENO	Fe	Muestra Patrón
	ECA	6.50-8.50
	PATRON	8.11
	EXPERIMENTAL 3G/LT	7.57
	EXPRIMENTAL 5GR/LT	7.5
	PROMEDIO 3GR/LT (%)	6.66
	PROMEDIO 5GR/LT (%)	7.52

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad – Colecibi.

**Figura N°05:** Grafico de Nivel de Ph



Fuente: Elaboración Propia

Habiendo obtenido los resultados ya expresados en el gráfico de barras se puede observar que el pH del agua en su estado inicial se encontraba en un estado alcalino o básico y producto al trabajo experimental realizado llegó a tener una pequeña reducción, paso de 8.11 a 7.57 utilizando la dosis de 3gr/lit y de 8.11 a 7.50 al utilizar la dosis de 5gr/lit.

Esto nos indica que la presencia la cascara de yuca en un proceso de remoción, no remueve elementos inorgánicos que son causantes de la alcalinidad como lo son el nitrógeno, fosforo y azufre.

## VI. CONCLUSIONES

- ✓ Se confirma que la eficiencia de la remoción del biofiltro es superior al 60%.
- ✓ Se comprobó experimentalmente la capacidad de remoción que tiene la cascara de yuca al momento de remover el hierro del agua superficial.
- ✓ Se comprobó que al utilizar el biofiltro con la cascara de yuca activada, reducen más del 60% de hierro, lo cual lo coloca por debajo de los estándares de calidad ambiental dados por ECA.
- ✓ La cascara de yuca utilizada generó una idea de cómo este tipo de sistemas pueden ser aplicados a la eliminación de metales pesados y otros contaminantes del agua para el consumo humano.
- ✓ Los resultados obtenidos nos confirman la eficiencia del biofiltro como un sistema no convencional en el tratamiento de aguas residuales.
- ✓ Se demostró que al realizarle el ensayo físico químico tanto a la muestra patrón como a la muestra experimental, en ambos casos se encontraron dentro de los límites permisibles del ECA (Minam, 2015).

## **VII. RECOMENDACIONES**

- ✓ La presente investigación se debe utilizar como base de futuros estudios referentes al tratamiento y depuración de aguas residuales industriales y domésticas.
- ✓ Se debe promover el uso de sistemas no convencionales en el tratamiento de aguas residuales, el biofiltro es un claro ejemplo de la eficiencia de un tratamiento biológico.
- ✓ Es recomendable realizar un seguimiento de los sistemas de conducción puesto que en estos se puede detectar la presencia de hierro, con lo cual se puede tomar rápidamente las medidas correctivas que evitan causar mayores daños en las tuberías y molestias en los consumidores finales.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Aguilar, Llorens, Soler y Ortuño. (2002).** *Tratamiento físico químico de aguas residuales.* Murcia.

**Camilo López, Silvia Restrepo, Valerié Verdier. (2006).** *Evaluación sobre la absorción de la yuca.* Bogotá.

**Dávila, D. (2008).** *Síntesis de un termoplástico de almidón de cascara de yuca influencia de la concentración de látex de caucho, glicerina y agua en su resistencia mecánica y absorción de agua.* Trujillo.

**Héctor Ciro, Steban Largo y Hamed Casafús. (2011).** *Caracterización reologica de la yuca.* Colombia.

**Johanna Teresa y Danilo Mejía. (2007).** *Evaluación y análisis del almidón de yuca.* Costa Rica.

**Montoya. (2007).** *Industrialización de la yuca.* Colombia.

**Sánchez, S. (2008).** *Yuca o mandioca: Propiedades, beneficios y contraindicaciones.* Ecuador.

**Tejada, C (2016).** *Remoción de hierro de soluciones acuosas utilizando la cascara de yuca.* Cartagena.

IX. ANEXOS Y APÉNDICE

**ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA.**

ANEXO I

ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA

CATEGORÍA 1: POBLACIONAL Y RECREACIONAL

PARÁMETRO	UNIDAD	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable			Aguas superficiales destinadas para recreación	
		A1	A2	A3	B1	B2
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	Contacto Primario	Contacto Secundario
		VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR
<b>FÍSICOS Y QUÍMICOS</b>						
Aceites y grasas (MEH)	mg/L	1	1,00	1,00	Ausencia de película visible	**
Cianuro Libre	mg/L	0,005	0,022	0,022	0,022	0,022
Cianuro Wad	mg/L	0,08	0,08	0,08	0,08	**
Cloruros	mg/L	250	250	250	**	**
Color	Color verdadero escala Pt/Co	15	100	200	sin cambio normal	sin cambio normal
Conductividad	us/cm <sup>25</sup>	1 500	1 600	**	**	**
D.B.O <sub>5</sub>	mg/L	3	5	10	5	10
D.Q.O.	mg/L	10	20	30	30	50
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4	≥ 5	≥ 4
pH	Unidad de pH	6,5 - 8,5	5,5 - 9,0	5,5 - 9,0	6-9 (2,5)	**
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500	**	**
Sulfatos	mg/L	250	**	**	**	**
Sulfuros	mg/L	0,05	**	**	0,05	**
Turbiedad	UNT <sup>20</sup>	5	100	**	100	**
<b>INORGÁNICOS</b>						
Aluminio	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	**
Antimonio	mg/L	0,006	0,006	0,006	0,006	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,05	0,01	**
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	0,7	**
Berilio	mg/L	0,004	0,04	0,04	0,04	**
Boro	mg/L	0,5	0,5	0,75	0,5	**
Cadmio	mg/L	0,003	0,003	0,01	0,01	**
Cobre	mg/L	2	2	2	2	**
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	**
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	**
Hierro	mg/L	0,3	1	1	0,3	**
Manganeso	mg/L	0,1	0,4	0,5	0,1	**

FUENTE - MINAM

**ANEXO A**

**RESULTADOS DEL ENSAYO DE BARRIDO DE**

**METALES**





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



Registro 015-146

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20210108-001**

Pág. 1 de 2

SOLICITADO POR	: BRANDON ROBLES ALONZO.
DIRECCIÓN	: Urb. 21 de Abril B10 Lote 14 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	: 01 muestra.
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA	: Frascos de plástico con tapa.
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	: En buen estado. Refrigerada.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2021-01-08
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO	: 2021-01-08
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO	: 2021-01-21
LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS	: Laboratorio Instrumental.
CÓDIGO COLECBI	: SS 210108-1

**RESULTADOS**

**ENSAYOS DE METALES**

METALES TOTALES	L.C. (mg/L)	QUEBRADA RAHUAR
Plata (Ag)	0,002	<0,002
Aluminio (Al)	0,02	0,21
Arsénico (As)	0,005	<0,005
Boro (B)	0,003	0,062
Bario (Ba)	0,003	0,045
Berilio (Be)	0,0002	<0,0002
Calcio (Ca)	0,02	219,40
Cadmio (Cd)	0,0001	0,0207
Cerio (Ce)	0,009	<0,009
Cobalto (Co)	0,0006	0,0012
Cromo (Cr)	0,0003	<0,0003
Cobre (Cu)	0,002	0,091
Hierro (Fe)	0,002	0,229
Mercurio (Hg)	0,001	<0,001
Potasio (K)	0,1	2,3
Litio (Li)	0,003	0,010
Magnesio (Mg)	0,02	30,11
Manganeso (Mn)	0,0003	0,1017
Molibdeno (Mo)	0,002	<0,002
Sodio (Na)	0,06	23,22
Niquel (Ni)	0,0006	0,0223
Fósforo (P)	0,01	0,04
Plomo (Pb)	0,002	0,005
Antimonio (Sb)	0,003	<0,003
Selenio (Se)	0,005	<0,005

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

**COLECBI S.A.C.**



## **ANEXO B**

### **RESULTADOS DEL ENSAYO DE ANALISIS**

#### **TERMICO DIFERENCIAL (ATD)**



Trujillo, 18 de enero del 2021

**INFORME N° 02 - ENE -21**

**Solicitante:** Brandon Edward Robles Alonzo – Universidad San Pedro

**RUC/DNI:** 71802474

**Supervisor:** .....

**1. MUESTRA:** Cáscara de yuca (1.0 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	CS-02	6.3 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 – 650 °C.
- Masa de muestra analizada: 6.3 mg.

**Jefe de Laboratorio:**

Ing. Danny Chávez Novoa

**Analista responsable:**

Ing. Danny Chávez Novoa

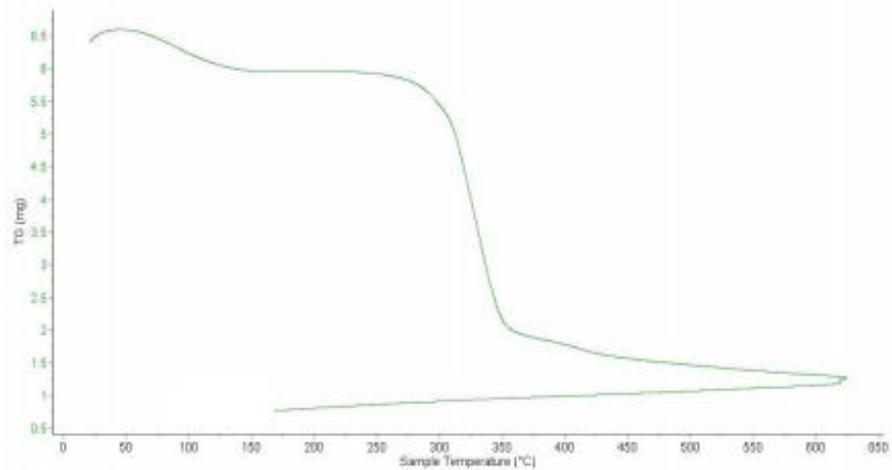


Trujillo, 18 de enero del 2021

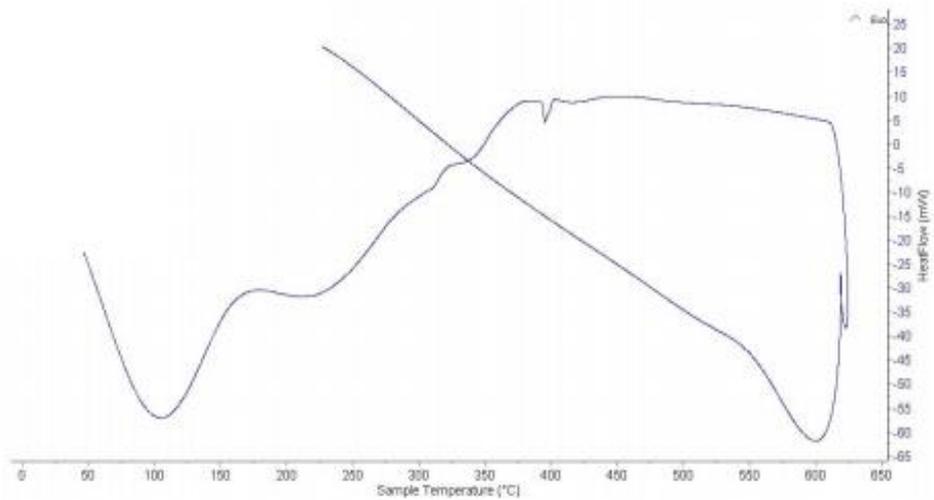
INFORME N° 02 - ENE -21

4. Resultados:

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



II- Curva Calorimétrica ATD





Trujillo, 18 de enero del 2021

**INFORME N° 02 - ENE -21**

## 5. CONCLUSION:

1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra dos caídas de la masa, la primera caída es leve y se da en un rango entre 80 y 120°C, y la más importante, la segunda, se da entre 260 y 350°C, posteriormente la caída es lenta, hasta llegar a perder un total de 85% de su masa inicial aproximadamente cuando se ha alcanzado su máxima temperatura de ensayo.
2. De acuerdo al análisis ATD, se puede mostrar picos endotérmicos en 105°C y una banda endotérmica alrededor de 210C, posteriormente, se muestra un ligero pico de absorción térmica alrededor de 400°C que es una temperatura de cambio estructural y de las características del material.

Trujillo, 18 de enero del 2021

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

VºBº MSc. Danny Chávez N.

## **ANEXO C**

### **RESULTADOS DEL ENSAYO 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°125-LAQ/2019**

**Análisis de ceniza de cáscara de yuca por FRXDE**

**Introducción.**

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de cáscara de yuca a pedido del Sr. **Robles Alonzo, Brandon Edward**, alumno de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

**“Biofiltro para la Remoción de Hierro en la Quebrada Rahuar Utilizando la Cáscara de Yuca.”**

La cáscara de yuca había sido calcinada a 400°C durante 90 min. y está en la forma de grano fino de color gris oscuro.

**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  $\mu$ 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 1.5 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 9082 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 Na (Z=11) y Mg (Z=12) no pueden ser registrados en el espectro.

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



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

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS**  
**Laboratorio de Arqueometría**

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 ceniza de cáscara de yuca. 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 y la energía.

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 formar en un proceso de calcinación. La suma de estas concentraciones es ligeramente mayor



# UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

## FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

### Laboratorio de Arqueometría

que 100%, que se puede deber a que los elementos estén formando compuestos diferentes de óxidos y/o a una ligera deficiencia en la calibración instrumental. Luego, estos porcentajes son normalizados a 100%. Para mayores detalles sobre la composición estructural de la muestra se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X.

Tabla 1. Composición elemental de ceniza de cáscara de yuca en % de masa.

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.563	16.928
SiO <sub>2</sub>	54.301	49.420
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2.949	2.690
SO <sub>2</sub>	1.405	1.281
ClO <sub>2</sub>	0.817	0.745
K <sub>2</sub> O	9.018	8,224
CaO	14.261	13.005
TiO <sub>2</sub>	0.727	0.663
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.009	0.008
Cr <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.031	0.028
MnO	0.161	0.147
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.481	5.910
Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.014	0.013
CuO	0.492	0.448
ZnO	0.340	0.310
BrO <sub>2</sub>	0.004	0.004
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.015	0.013
SrO	0.047	0.043
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.003	0.002
ZrO <sub>3</sub>	0.018	0.016
Total	109.655	100.00



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

Laboratorio de Arqueometría

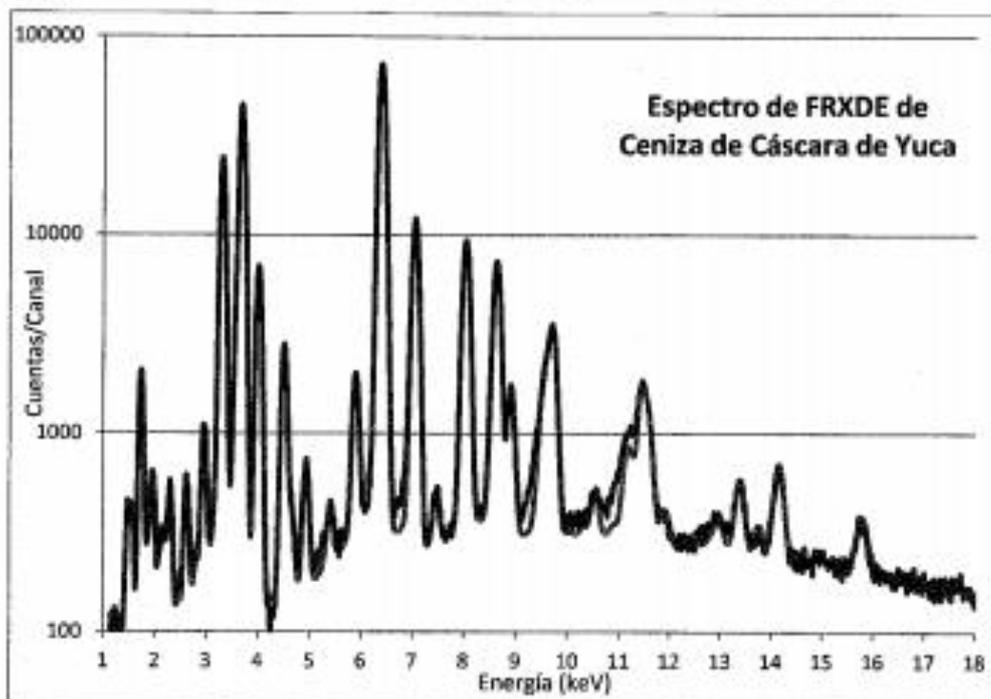


Figura 1. Espectro de FRXDE de ceniza de cáscara de yuca en escala semilogarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos

Laboratorio de Arqueometría

Lima, 12 de diciembre del 2019



**ANEXO D**

**RESULTADOS DEL ENSAYO FISICO QUIMICO Y**

**CONCENTRACION DE HIERRO**



**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° 20210128-004**

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR	: BRANDON ROBLES ALONZO.
DIRECCIÓN	: Urb. 21 de Abril B10 Lote 14 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	: 11 muestras.
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA	: Frascos de plástico con tapa.
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	: En buen estado. Refrigerada.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2021-01-28
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO	: 2021-01-28
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO	: 2021-02-11
LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS	: Laboratorio Físico Químico.
CÓDIGO COLECBI	: SS 210128-2

**RESULTADOS**

**ENSAYOS FÍSICO QUÍMICOS**

ENSAYOS	MUESTRAS		
	Normal	3g	5g
(**)pH	8,11	7,57	7,59
Conductividad (uS/cm)	1137	1167	1197
Sólidos Suspendedos Totales (mg/L)	<9	<9	<9
(*) Turbidez (NTU)	<1	<1	<1

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA  
(\*\*) Fuera del alcance de la acreditación por vigencia de muestra.

**ENSAYOS DE METALES**

METALES TOTALES (mg/L)	L.C. (mg/L)	3g	5g
Hierro (Fe)	0,002	0,087	0,071

**METODOLOGÍA EMPLEADA**

pH : SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017. pH Value. Electrometric Method.  
 Conductividad : SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed. 2017. Conductivity. Laboratory Method.  
 Sólidos Suspendedos Totales : SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed. 2017. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C.  
 Turbidez : APHA, AWWA and WEF/SM 23rd Edition 2017 2130B  
 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 Diligencia 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, Febrero 12 del 2021.  
GVR/jms

LC-HRBEVO  
Rev. 06  
Fecha 2019-07-01

**A. Gustavo Vargas Ramos**  
 Gerente de Laboratorio  
 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  
 Nivel: R30\*2000 - RPM # 012000 - Anaran 127

## **PANEL FOTOGRAFICO**

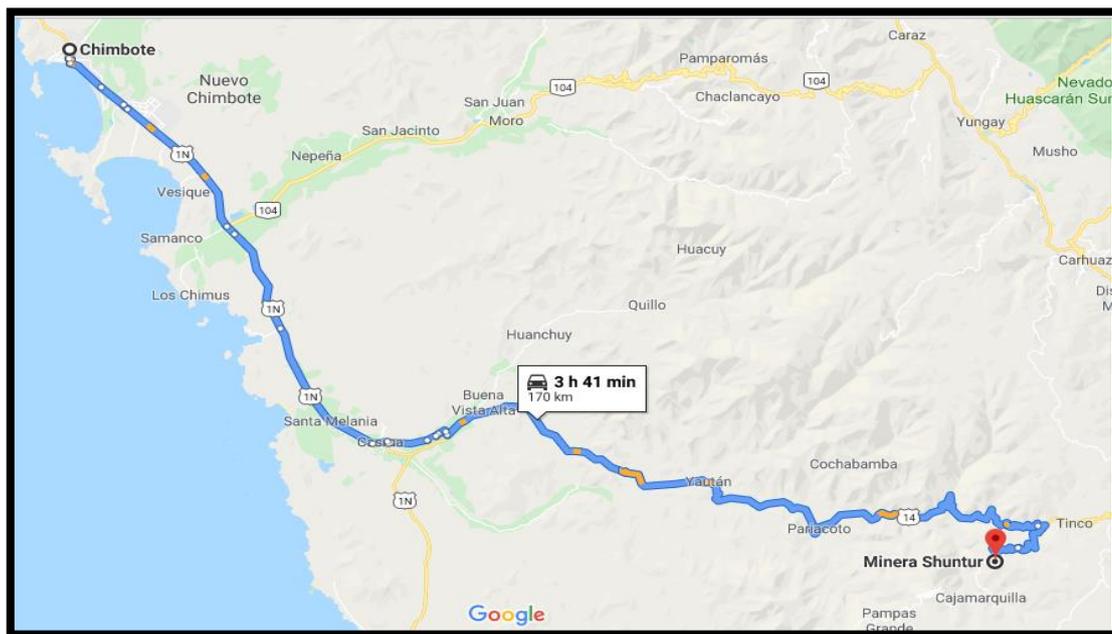


Figura N° 6 - Ruta a la Quebrada Rahuar



Figura N° 7 - Minera Shuntur S.A.



Figura N° 8 - Aguas de Quebrada Rahuar



Figura N° 9 - Primera Extracción

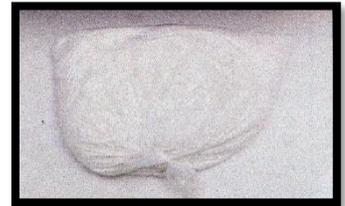


Figura N° 10 - Primera Extracción

## PREPARACION PARA EL ENSAYO DE ANALISIS

### TERMICO DIFERENCIAL (ATD)

1° Seleccionamos los materiales a utilizar



2° Procedemos a lavar la cascara de yuca en un depósito con agua destilada



3° Dejamos secar por 48 horas a la luz del sol.



4° Remojamos la muestra durante 24 horas en la mezcla de agua destilada con ácido cítrico con la siguiente dosificación, por cada 20ml de agua destilada agregamos 1gr de ácido cítrico en 0.26gr de cascara de yuca. Para este caso

utilizaremos 20lts de agua destilada mezclado con 1kg de ácido cítrico y colocando 260gr de cascara de yuca.



5° Volvemos a secar la muestra al sol durante 48 horas.



6° Luego trituramos los 260gr de cascara de yuca y separamos 10gr para el ensayo de análisis térmico diferencial.



7° Finalmente, llevamos los 10gr separados a la Universidad Nacional de Trujillo para realizar el Análisis Térmico Diferencial, a cargo del Ing. Chávez Novoa, encargado del laboratorio de polímeros de la UNT.



Figura N° 11 Facultado de Ing. De Materiales - UNT



Figura N° 12 - Ing. Chavez Novoa

## **PREPARACION PARA EL ENSAYO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X**

1° Ya sabiendo los resultados del ATD, nos dio que debíamos calcinar la muestra a una temperatura de 400 °C por 90 minutos.

2° Separamos 10gr de las cenizas y se lleva a la Universidad Nacional Mayor de San Marcos a realizar el ensayo de Fluorescencia de Rayos X, a cargo del Dr. Bravo, encargado del Laboratorio de Física.

## **ELABORACION DEL BIOFILTRO**

1° Primero cortamos el triplay, el cual usaremos como encofrado del biofiltro.

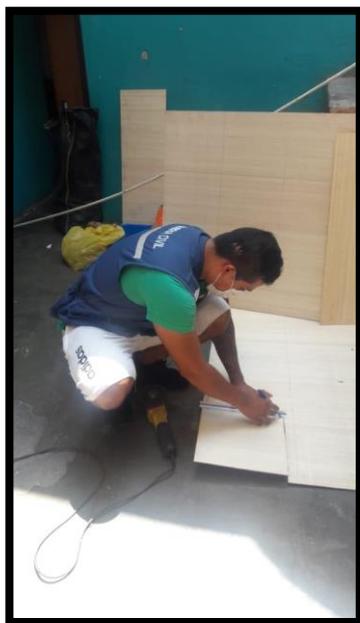


Figura N° 13 - Midiendo el triplay



Figura N° 14 - Cortando el triplay



Figura N° 15 - Encofrado acabado

2° Una vez listo el encofrado, procedemos a realizar el vaciado del concreto.



Figura N° 16 - Mezclando concreto



Figura N° 17 - Vaciado de concreto

3° Luego de 7 días, procedemos con el desencofrado del biofiltro.



Figura N° 18 - Biofiltro

4° Recolectamos los materiales a utilizar en el biofiltro.



Figura N° 19 - Arena fina



Figura N° 20 - Piedra chancada



Figura N° 21 - Cenizas de Cascara  
de Yuca