

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



**Remoción de plomo con biofiltro de ceniza de cáscara de  
tomate en el Río Santa – Ticapampa.**

**Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil**

**Autor:**

Lozano Romero, Hanok Andrés

**Asesor:**

Cerna Chavez, Rigoberto

Chimbote – Perú

2020

**PALABRAS CLAVE:**

<b>Tema</b>	Tratamiento del agua
<b>Especialidad</b>	Hidráulica

**KEY WORDS:**

<b>Topic</b>	Water treatmen
<b>Specialty</b>	Hydraulics

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

<b>Línea de investigación</b>	Hidráulica
<b>Área</b>	Ingeniería y Tecnología
<b>Subarea</b>	Ingeniería Civil
<b>Disciplina</b>	Ingeniería Civil

## **TÍTULO**

Remoción de plomo con biofiltro de ceniza de cáscara de tomate  
en el Río Santa – Ticapampa.

## RESUMEN

La finalidad del proyecto fue determinar la remoción de plomo y mejoramiento de parámetros físico-químicos que inciden en la calidad del agua, dentro de la norma de los Estándares de Calidad Ambiental para aguas destinadas a uso poblacional y recreacional, debido a la realidad problemática encontrada en el Río Santa-Ticapampa donde según los parámetros ECA solo se permite hasta un 0.050 de Pb mientras que el patrón contiene un 0.533 de Pb siendo 10.66 veces mayor.

Siendo la metodología la experimentación ya que aislaremos el objeto de estudio y las propiedades de otros factores no esenciales asimismo controlando las condiciones, donde se realizarán pruebas de ATD, Fluorescencia de rayos X y la elaboración de un Biofiltro para la remediación de dichos metales debido a la contaminación.

La prueba de ATD, nos muestra una curva de pérdida de masa el cual tiene mayor aceleración entre 100° y 500° C. Además, una curva calorimétrica con dos picos endotérmicos donde ocurre un cambio estructural en las moléculas a 105° y 510° C.

La prueba de alcalinidad de la ceniza de cáscara de tomate alcanzo un pH = 10.42, altamente alcalino.

Los resultados de la composición química de la ceniza de cáscara de tomate muestran un 50.206 % en K<sub>2</sub>O y un 14.415% de ClO<sub>2</sub>, siendo los más representativos y cuales ayudan en el mejoramiento del agua. Al agregar 4 g/L a 200 rpm durante 15 min se logró una remoción de 79.92% y durante 25 min una remoción de 86.30%.

Se concluye que la ceniza de cáscara de tomate es un adsorbente del metal pesado plomo, además de mejorar otros parámetros físico-químicos del agua.

## ABSTRACT

The purpose of the project was to determine the removal of lead and improvement of physical-chemical parameters that affect water quality, within the norm of the Environmental Quality Standards for waters intended for populational and recreational use, due to the problematic reality found in the Rio Santa-Ticapampa where, according to the ECA parameters, only up to 0.050 Pb is allowed, while the standard contains 0.533 Pb, being 10.66 times higher.

Being the methodology the experimentation since we will isolate the object of study and the properties of other non-essential factors also controlling the conditions, where ATD tests, X-ray Fluorescence and the elaboration of a Biofilter for the remediation of said metals due to pollution.

The ATD test shows us a mass loss curve which has a greater acceleration between 100 ° and 500 ° C. In addition, a calorimetric curve with two endothermic peaks where a structural change occurs in the molecules at 105 ° and 510 ° C. .

The alkalinity test of the tomato peel ash reached a pH = 10.42, highly alkaline.

The results of the chemical composition of the tomato peel ash show 50,206% in K<sub>2</sub>O and 14,415% of ClO<sub>2</sub>, being the most representative and which help in water improvement. Adding 4 g / L at 200 rpm for 15 min achieved a removal of 79.92% and for 25 min a removal of 86.30%.

It is concluded that the tomato peel ash is an adsorbent of the heavy metal lead, in addition to improving other physical-chemical parameters of the water.

## INDICE

<b>PALABRAS CLAVES – LINEA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>i</b>
<b>TÍTULO.....</b>	<b>ii</b>
<b>RESUMEN... ..</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE.....</b>	<b>v</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>II. METODOLOGÍA</b>	<b>27</b>
<b>III. RESULTADOS</b>	<b>34</b>
<b>IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN</b>	<b>43</b>
<b>V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>46</b>
<b>VI. AGRADECIMIENTOS</b>	<b>48</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>49</b>
<b>ANEXOS Y APÉNDICE</b>	
<b>ANEXO N°1: Resultados de Laboratorio Patrón.....</b>	<b>53</b>
<b>ANEXO N°2: Resultados de Laboratorio Experimental 1... ..</b>	<b>56</b>
<b>ANEXO N°3: Resultados de Laboratorio Experimental 2... ..</b>	<b>59</b>
<b>ANEXO N°4: Ensayo de Análisis Térmico Diferencial.....</b>	<b>62</b>
<b>ANEXO N°5: Resultados de Tratamiento Térmico.....</b>	<b>66</b>
<b>ANEXO N°6: Ensayo de Fluorescencia de Rayos X.....</b>	<b>68</b>
<b>ANEXO N°7: Ensayo del pH de la Ceniza .....</b>	<b>73</b>
<b>ANEXO N°8: Panel Fotográfico .....</b>	<b>75</b>

## Índice de Tablas

<b>Tabla 01.</b> Parámetros de aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable .....	8
<b>Tabla 02.</b> Taxonomía del tomate de árbol .....	18
<b>Tabla 03.</b> Contenido de minerales de frutas comerciales y de sachatomate por 100g de fracción comestible .....	18
<b>Tabla 04.</b> Variable dependiente.....	25
<b>Tabla 05.</b> Variable independiente.....	25
<b>Tabla 06.</b> Fluorescencia de rayos X de la ceniza de cáscara de tomate .....	36
<b>Tabla 07.</b> pH de ceniza de cáscara de tomate .....	36
<b>Tabla 08.</b> Ensayos físico-químicos y metal pesado patrón .....	37
<b>Tabla 09.</b> Comparación de parámetros del agua .....	37
<b>Tabla 10.</b> Ensayos físico-químicos y metal pesado exp.1.....	38
<b>Tabla 11.</b> Ensayos físico-químicos y metal pesado exp.2.....	38
<b>Tabla 12.</b> Cuadro resumen .....	42

## Índice de Figuras

<b>Figura 01.</b> Esquema general del proceso de bioadsorción .....	13
<b>Figura 02.</b> Cultivo y producción del tomate de Árbol – Perú.....	20
<b>Figura 03.</b> Curva de pérdida de masa - análisis termo gravimétrico – cáscara de tomate .....	34
<b>Figura 04.</b> Curva calorimétrica dsc – cáscara de tomate .....	35
<b>Figura 05.</b> Sólidos totales disueltos respecto al patrón .....	39
<b>Figura 06.</b> Cloruros respecto al patrón.....	39
<b>Figura 07.</b> Turbidez respecto al patrón .....	40
<b>Figura 08.</b> Conductividad respecto al patrón .....	40
<b>Figura 09.</b> pH respecto al patrón .....	41
<b>Figura 10.</b> Contenido de plomo respecto al patrón .....	41
<b>Figura 11.</b> Bioadsorción de plomo respecto al patrón en porcentajes .....	42

## I. INTRODUCCIÓN:

De los antecedentes encontrados se ha abordado los trabajos más relevantes a esta investigación, como el de:

- **Cabrera, L. (2017).** Con su investigación titulada: “BIOADSORCION DE IONES DE PLOMO Y CROMO PROCEDENTES DE AGUAS RESIDUALES UTILIZANDO LA CASCARA DE TOMATE DE ARBOL (SOLANUM BETACEUM)”. En su investigación habla de la eficacia de bioadsorción de residuos orgánicos como la cáscara de tomate de árbol (solanum betaceum) en iones de plomo y cromo donde se utilizó 0.1 gramos de cáscara donde se varió el PH y tamaño de la partícula para determinar los mejores valores. Siendo esta investigación **experimental** de nivel **cuasi-experimental**, se muestran algunas de las reflexiones identificadas como Cromo (Cr) y Plomo (Pb). El objetivo de este trabajo fue la remoción de metales pesados como el cromo y plomo, en los que se busca que posean características positivas a la hora de reacciones los iones positivos con los negativos y se adhieran a su estructura de las pieles de tomate. Se concluye que con un Ph ideal de 4.0 para plomo y 2.0 para cromo, a 5 ppm cada uno y agitado a 120 minutos se obtuvo un porcentaje de adsorción de 61.1% para el plomo y 52.73% para el cromo. Este proyecto se realizó al usar las pieles de tomate trituradas, disueltas en el agua contaminada con el fin de mejorar la calidad del agua para consumo humano.

- **Mallampati, R. (2012).** Con su investigación titulada: “APPLICATION OF TOMATO PEEL AS AN EFFICIENT ADSORBENT FOR WATER PURIFICATION—ALTERNATIVE BIOTECHNOLOGY)”. En su investigación habla de la capacidad de bioadsorción que tienen las pieles de tomate, después de ser sumergidas en alcohol isopropílico y secadas a temperatura ambiente. Siendo esta investigación **experimental** de nivel **cuasi-experimental**, se muestran algunas de las reflexiones identificadas como Plomo (Pb). El objetivo de este trabajo fue la remoción de metales pesados como el plomo, en los que se busca que los metales pesados se adhieran en los grupos funcionales como NH<sub>2</sub>, OH, COOH y que a la hora de reaccionar los iones positivos con los negativos se adhieran a su estructura de

las pieles de tomate. Se concluye que 8 pieles de tomates en un litro de agua pueden eliminar los iones de plomo en el plazo de una hora. Este proyecto se realizó al usar las pieles de tomate remojadas en alcohol isopropílico, secada y luego sumergidas en el agua contaminada con el fin de mejorar la calidad del agua para consumo humano.

- **Gil, P. (2018).** Con su investigación titulada: “DISEÑO DE UN BIOFILTRO DE MUCÍLAGO DE TUNA (*OPUNTIA FICUS - INDICA*) PARA REMOVER ARSÉNICO”. En su investigación habla de la capacidad de bioadsorción que tienen el mucílago de tuna respecto al arsénico y el diseño del biofiltro. Siendo esta investigación **experimental** de nivel **cuasi-experimental**, se muestran algunas de las reflexiones identificadas como Arsénico (As). El objetivo de este trabajo fue la remoción de metales pesados como el arsénico y parámetros físico químicos mediante un biofiltro, en los que se busca que los metales pesados se adhieran en el mucílago de tuna debido a su composición de Potasio (K) y Calcio (Ca). Este proyecto se realizó al usar el mucílago de tuna como gel coagulante y floculante que caen por gravedad luego de adsorber las cargas negativas del metal.

- **Ramirez, L. (2017).** Con su investigación titulada: “PROPUESTA DE DESARROLLO DE UN BIOFILTRO PARA REMOCION DE PLOMO EN EL AGUA DE CONSUMO DE POBLADORES DEL RECINTO YURIMA - DAULE”. En su investigación habla de la capacidad de bioadsorción que tienen la Azolla, Spirodela y Lemna cuales son plantas acuáticas. Siendo esta investigación **experimental** de nivel **cuasi-experimental**, se muestran algunas de las reflexiones identificadas como Plomo (Pb). El objetivo de este trabajo fue la remoción de metales pesados como el plomo mediante un biofiltro, en los que se busca que los metales pesados sean removidos a través de la fitoremediación. Este proyecto se realizó al usar diferentes plantas acuáticas en distintos estados los cual permitió remover hasta un valor máximo de 87.5% con Azolla.

• **Rodriguez, J. (2004).** Con su investigación titulada: “ZEOLITA SÓDICA COMO INTERCAMBIADOR DE IONES PLOMO (II)”. En su investigación habla de la capacidad de adsorción a través del intercambio iónico que tiene la zeolita sodificada que es un mineral microporoso además de la afinidad del Pb con algunos electrolitos como el Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>. Siendo esta investigación **experimental** de nivel **cuasi-experimental**, se muestran algunas de las reflexiones identificadas como Plomo (Pb). El objetivo de este trabajo fue la remoción de metales pesados como el plomo mediante la sodificación de la zeolita, en los que se busca que los metales pesados sean removidos a través del intercambio iónico. Se concluye que el proceso de intercambio iónico para la remoción de iones de plomo(II) mediante la zeolita modificada se ve favorecido a temperaturas de 25°C.

• **Aguilar, M. (2009).** Con su investigación titulada: “REMOCIÓN DE PLOMO DE SOLUCIONES ACUOSAS POR TITANATO DE POTASIO DOPADO CON SÍLICE”. En su investigación habla de la capacidad de adsorción en soluciones acuosas provenientes de procesos industriales y la mejora de esta debido al aumento de pH. Siendo esta investigación **experimental** de nivel **cuasi-experimental**, se muestran algunas de las reflexiones identificadas como Plomo (Pb). El objetivo de este trabajo fue la remoción de metales pesados como el plomo mediante tetratitanato de potasio modificado con SiO<sub>2</sub>, el cual se produjo en forma granular y se combinan los procesos de adsorción, intercambio iónico y coprecipitación del plomo. Se concluye que el adsorbente promueve la remoción de plomo en soluciones ácida y ligeramente ácidas.

## **Fundamentación científica**

### **Hidrología**

La hidrología se desarrolló como respuesta para comprender el complejo sistema hídrico de la Tierra y solucionar los problemas de agua. Los hidrólogos tienen un gran papel en la búsqueda de soluciones para los problemas del agua.

Los hidrólogos ejecutan el conocimiento científico y principios matemáticos en la solución de problemas con el agua en la sociedad como: problemas de calidad, cantidad y disponibilidad. Se encargan de buscar los abastecimientos de agua para las ciudades o fincas con regadío, o de controlar las inundaciones por ríos o la erosión del suelo. También pueden trabajar en protección ambiental: localización de lugares seguros para la eliminación de desechos peligrosos o limpieza de la contaminación o prevención.

En la actualidad nos enfrentamos a unos consumos muy altos, abastecimientos inciertos, y demandas incrementadas de protección contra la contaminación y las inundaciones. El efecto de la escasez de agua limpia es preocupante sobre la salud y la economía (**Marcano, 2019**).

### **Agua**

**Pereira y Rocha (como se citó en Rodríguez, 2007, p.1)** dice que el agua representa un líquido indispensable para la humanidad, muestran que las reservas de agua en el mundo tienen una distribución de 97.2% para los océanos, seguidos de los glaciares con un 2.14%. El agua subterránea contiene el 0.61% de ese total y las aguas superficiales el 0.009%, la humedad del suelo el 0.005% el agua de la atmosfera el 0.001%. El agua subterránea corresponde al 98% del agua potable disponible de la tierra.

La gente no puede llevar una vida productiva y sana sin agua potable, es muy complejo el tema de calidad del agua. El agua constituye un factor fundamental para que el hombre pueda desarrollarse y transformarse además de su importancia en la economía de pueblos y su estructuración política y social **(Rodríguez, 2001, p.10)**.

### **Metales pesados**

Los metales pesados se caracterizan por sus propiedades químicas, físicas, y toxicológicas encontradas en la corteza terrestre el cual pertenece al grupo de elementos químicos naturales. Los metales pesados son aquellos que cuentan con un número atómico mayor a 20 o una densidad igual o superior a 5 gr/cm<sup>3</sup> (excluyendo a los metales alcalinotérreos y alcalinos) **(Navarro et al., 2007, p.10)**.

**Ríos (como se citó en Cabrera, 2017, p.6)** Son las propiedades como toxicidad, peso atómico, densidad y número atómico por las cuales se establecen definiciones para metales pesados.

Los metales pesados se pueden incorporar fácilmente en la cadena trófica debido a que son altamente solubles y pueden ser encontrados en el suelo, agua o aire **(Ballesteros, 2011, p.17)**.

### **Problemas socio-ambientales de los metales pesados**

Los metales pesados favorecen el progreso y desarrollo de la sociedad debido que se usan en distintos procesos industriales.

Uno de los grandes peligros es que no pueden ser degradados química o biológicamente por lo cual se magnifican con el tiempo pudiendo afectar a diferentes sistemas u órganos **(Romero, 2009)**.

Las principales vías de exposición en los seres humanos son la ingesta de agua contaminada, inhalación de humos, contacto directo con la piel y aire contaminado **(Reyes, 2012)**.

Existen dos factores de concentraciones anómalas producidas por causas naturales como: terremotos, tsunamis, actividad volcánica, etc. Además de causas antropogénicas como: procesos industriales, minería, emisiones pesticidas, etc. **(Navarro et al., 2007, p.11)**.

### **Aplicaciones de los metales pesados en la industria**

En la actualidad se conocen por lo menos 80 elementos metálicos existentes en la naturaleza, por lo cual se conoce del gran impacto en contaminación presente en el medio ambiente, estos metales se encuentran en la corteza terrestre y pueden ser liberados de forma antropogénica o natural. El problema es cuando se hace uso excesivo de estos en actividades cotidianas y terminan contaminando el suelo, aire y agua **(Carro de Diego, 2012, p.8-9)**.

### **Normativa legal peruana**

Se establecieron regulaciones internacionales cada vez más estrictas debido a los riesgos por la contaminación de los metales pesados.

Los problemas debido a los metales pesados han sido motivo de creación de normativas legales en diversos países según su concentración máxima permitida para la descarga y emisión de contaminantes en el aire, agua o suelo.

En nuestro proyecto se estudia las enfermedades del plomo a nivel hídrico por lo cual nos centramos en la normativa legal Peruana de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA), la cual considera:

## **Artículo 1.- Objeto de la norma**

**Según el Ministerio Nacional del Ambiente (MINAM, 2017, p.10)** La presente norma tiene por objeto compilar las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo. Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y mantiene otros, que fueron aprobados.

## **Artículo 2.- Aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua**

Apruébase los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, que como Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo.

## **Artículo 3.- Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua**

Para la aplicación de los ECA para Agua se debe considerar las siguientes precisiones sobre sus categorías:

### **3.1 Categoría 1: Poblacional y recreacional**

- A2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional, mediante dos o más de los siguientes procesos: Coagulación, floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; incluyendo su desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

**TABLA 1***Parámetros de aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable*

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamientos convencionales.	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
<b>FÍSICO-QUÍMICOS</b>				
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,007	**	**
Cianuro Libre	mg/L	**	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	μS/cm	1500	1600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno(DQO5)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno(DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante origen antrópico	Ausencia de material flotante origen antrópico
Nitratos (NO <sub>3</sub> ) ( c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO <sub>2</sub> ) (d)	mg/L	3	3	**
Amoniac- N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno disuelto (valormínimo)	mg/L	≥6	≥5	≥4
Potencia de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 - 8,5	5,5 - 9,0	5,5 - 9,0
Sólidos Disuelto Totales	mg/L	1000	1000	1500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ3	Δ3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
<b>INORGÁNICO</b>				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Barios	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4

Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**
Niquel	mg/L	0,07	**	**
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Zinc	mg/L	3	5	5

Fuente: Estándares de Calidad Ambiental (ECA) – MINAM 2017

### Propiedades físicas y químicas del plomo

**Ruiz et al. (como se citó en Cabrera, 2017, p.20)** A nivel industrial se utiliza en gran cantidad debido a que es muy maleable y dúctil, además de su resistencia a la corrosión, ácido clorhídrico y ácido sulfúrico. Pertenece al grupo IV A de la tabla periódica, con una densidad 11 veces mayor al agua, además de un color azulado en estado natural, se disuelve con facilidad en ácido nítrico, se oxida rápidamente y contiene poca conductividad eléctrica.

### Aplicaciones del plomo

El plomo se usa en tuberías, cables y productos metálicos (**Moscoso y Tintin, 2013, p.6**). **Nordberg (como se citó en Cabrera, 2017, p.24)** en 1920 se utilizaba el compuesto de tetraetilo de plomo en la gasolina, aunque hoy en día ya no se usa a nivel comercial, el plomo aun esta en productos que causan efectos tóxicos en distintos seres vivos.

## **Efectos toxicológicos y ambientales del plomo**

El plomo suele acumularse y magnificarse en medio ambientes producto de actividades antropogénicas o naturales, el cual es muy nocivo para las distintas especies. Los problemas medio ambientales mayormente son por actividades humanas que generan disminución de la producción agrícola, alteración de la alcalinidad del suelo y hasta en los peores casos desertificación. El gran problema para identificar estos efectos silenciosos es que se suelen hacer al final **(Romero, 2009)**.

Los efectos que tiene la alta presencia de plomo en las plantas son la reducción potencial de la biodiversidad y estructura vegetal. Además, disminuye la tasa fotosintética, inhibe el desarrollo de las raíces, reduce la transpiración, etc. En el peor de los casos puede producir la muerte de las plantas **(Moscoso y Tintin, 2013, p.10-12)**.

Se estima que la ingesta de plomo se da en un 50% en niños y 10% en adultos el cual se almacena en el riñón, encéfalo y huesos. En los huesos es donde más años puede almacenarse con un promedio de entre 20 a 30 años, de total ingerido en el cuerpo humano el 90% es acumulado aquí **(Valdivia, 2005, p.23)**.

**Viera et al. (como se citó en Cabrera, 2017, p.27)** expresa que la presencia de plomo en el cuerpo humano es debido a la inhalación de partículas en el aire o ingesta, produce cáncer de riñón, vómitos cólicos, manchas hepáticas, anemia por mencionar algunos. En las mujeres también produce riesgo de aborto, infertilidad, problemas menstruales. Mientras que en los niños produce mareo, vomito, ataxia, etc.

## **Contaminación ambiental**

**Solís y López (como se citó en Franco, 2013, p.147-148)** expresa que en los últimos tiempos se le ha prestado cada vez mayor atención a la contaminación en todo el mundo debido a que han aumentado dando presencia a más efectos nocivos para la salud humana y el medio ambiente.

Se define a la contaminación ambiental como todo cambio indeseable biológico, físico o químico presente en el aire, agua y/o suelo el cual se evidencia en la fauna y flora.

**Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2005)** define que “el agua está contaminada cuando su composición se haya alterado de modo que no reúna las condiciones necesarias para ser utilizada beneficiosamente en el consumo del hombre y de los animales”.

Los metales pesados constituyen uno de los principales contaminantes del agua debido a su capacidad de bioacumularse y biomagnificarse, estos no pueden ser tratados con métodos convencionales. Los lagos, ríos y organismo acuáticos son el principal transporte de estos contaminantes **(Izquierdo, 2010, p.6)**

Las actividades como fabricación de plásticos, fabricación de equipos de oficina, limpieza de metales, minería, fabricación de baterías, extracción de minerales y teñido de prendas han generado preocupación en la sociedad ya que los contaminantes al estar en contacto con un curso de agua pueden almacenarse por cientos de años **(Buitrón, 2015, p.5-7)**.

## **Eliminación de contaminantes en aguas residuales**

En la búsqueda de avance y progreso tecnológico, los seres humanos utilizan recursos y bienes de la naturaleza en la producción de artículos que faciliten la vida diaria sin medir las consecuencias que conlleva el emitir sustancias contaminantes al agua, aire o suelo. Los métodos industriales para remediar este impacto ambiental como la eliminación de metales pesados en aguas residuales son muy costosos, por ello la búsqueda de métodos más rentables y menos limitados han hecho que las medianas y pequeñas industrias implementen métodos biológicos para mejorar la calidad de aguas contaminadas **(Rios, 2014, p.43-46)**

## **Adsorción**

La adsorción el general es un proceso en el que el adsorbato se adhiere a la superficie de otra. La capacidad de adsorción del sólido depende del área de contacto y su porosidad interna, La mayoría de estos adsorbentes derivan de algún carbón activado y puede ser de origen vegetal. La estructura de su superficie está compuesta por micro poros que permiten fijar las moléculas contaminantes mediante atracción molecular **(Castells, 2012, p.936)**

En este tipo de proceso actúan diferentes variables como concentración del metal, pH, tiempo de contacto, tamaño de la partícula, temperatura, presencia de otros metales, método de contacto y sustancias extrañas en el medio **(Izquierdo, 2010, p.41-53)**

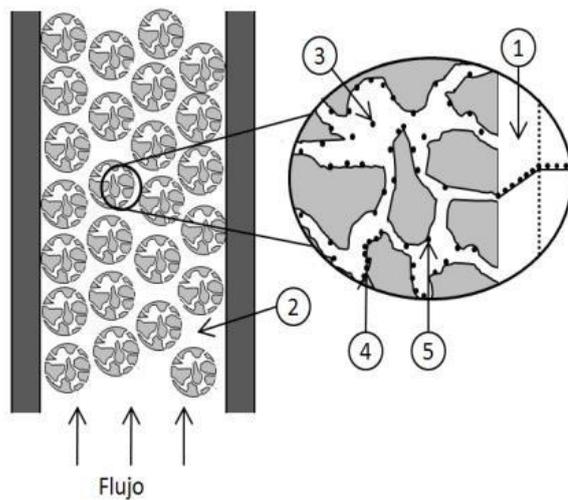
## **Bioadsorción**

Durante mucho tiempo la descarga de contaminantes a cursos de agua ha sido uno de los principales problemas para los pueblos en desarrollo, producto de su toxicidad en el medio ambiente que afecta la salud. Así es como nace la bioadsorción un método convencional para el tratamiento de aguas contaminadas principalmente por metales

pesados, este método está dirigido para pequeñas y medianas industrias que no cuentan con los recursos suficientes (Cabrera, 2017, p.53)

La bioadsorción es un proceso donde interviene un contaminante presente en el aire, agua y/o suelo que es retenido en la estructura del bioadsorbente. Existen varios bioadsorbentes como algas, bacteria, hongos y residuos vegetales los cuales tienen propiedades de bioadsorbente y también de intercambiadores de iones (Tejada, Villabona, & Garcés, 2015, p.112)

La bioadsorción se define como “un proceso de adsorción con captación de especies químicas por una biomasa (viva o muerta), a través de mecanismos fisicoquímicos o intercambio iónico”. Las ventajas que presenta este método son: es un método económico, no se requiere uso energético, se puede aplicar desorción para la recuperación de dichos metales y gran acceso a estos recursos a través de jugueras utilizando sus residuos. (Pinzón y Vera, 2009, p.2)



**Figura 1.** Esquema general del proceso de bioadsorción.

## **Parámetros que influyen en el proceso de bioadsorción**

En la búsqueda de los parámetros a controlar para tener una mayor eficiencia en la remoción contamos con:

### ***Efecto del pH de la disolución***

“El pH es un parámetro altamente influyente al momento de adsorción de cationes con un pH mayor a 4,5 además de aniones con un pH entre 1,5 y 4” (Tejada, Villabona, & Garcés, 2015, p.113).

“El problema en la variación del pH se debe a los grupos funcionales del bioadsorbente (hidroxilo, carboxilo, sulfhidrilo), con un pH bajo la superficie del bioadsorbente se carga positivamente y repele cationes metálicos mientras que valores altos de pH pueden ocasionar la precipitación del metal en la disolución” (Carro de Diego, 2012, p.33).

Para determinar el pH se evaluó 0,1 g del bioadsorbente con 0,3 mm de tamaño en 5 ppm de plomo en soluciones con valores de pH de 2,4,6 y 8. Posteriormente se agito por 2 horas a 2000 rpm para finalizar se analizó dicha solución (Cabrera, 2017, p.95)

Se conoce que soluciones acuosas para  $\text{pH} < 5$  los iones de  $\text{Pb}^{2+}$  predominan, para pH entre 5-6 la soluciones contienen un alto contenido de  $\text{PbOH}^+$  y iones de  $\text{Pb}^{2+}$  y en soluciones de  $\text{pH} > 6$  se da la precipitación del  $\text{Pb}(\text{OH})_2$  (Aguilar et al, 2009, p.130)

### ***Efecto de la temperatura en la disolución***

**Liu y Wang (como se citó en Carro de Diego, 2012, p.35)** de forma general según algunos estudios se demostró que si bien la temperatura no se considera como un factor o parámetro de mucha relevancia esta interviene en el grado y velocidad de bioadsorción debido a que perjudica la estructura del material o puede brindar mayor afinidad entre adsorbente/adsorbato.

“El estudio de la misma se lleva a cabo a través de las isotermas de adsorción que son modelos que permiten obtener las constantes de equilibrio adsorbente/adsorbato” **(Carro de Diego, 2012, p.35).**

### ***Tamaño de partícula***

El tamaño de la partícula cumple un importante papel en el proceso de bioadsorción debido a que afecta en la velocidad de reacción y cinética de adsorción. “La presencia de mayor cantidad de centros activos mejoran la reacción y generan mayor facilidad para que el adsorbato pueda acceder a los poros y aumentar la retención en su estructura” **(Buitrón, 2015, p.20).**

Se establecieron rangos de tamaño como entre 0,300 y 0,425 mm lo cuales se determinan para el mejor aprovechamiento de las partículas con mayor presencia de poros **(Pinzón y Vera, 2009, p.2)**

### ***Tiempo de contacto***

**Lee, Hong, Kajiuchi y Yang (como se citó en Cabrera, 2017, p.58)** expresa que “el tiempo de contacto hace referencia al instante en el que el bioadsorbente se satura y por mayor tiempo que permanezca este ya no podrá remover más metal”.

El tiempo de contacto tiene mucha importancia en la elaboración de estudios posteriores, pero depende también de la dosis del adsorbente y la concentración del metal. Normalmente el tiempo de contacto suele durar pocas horas hasta en algunos casos minutos dependiendo de la disolución y concentración del metal (**Carro de Diego, 2012, p.36**)

Se trabajó con partículas menores a 0,3 mm del bioadsorbente en distintos tipos de ppm y con un pH de 4 para soluciones de plomo en distintos tiempos como 10,30,60 y 120 min. Al término del proceso se guardó las soluciones de forma hermética y fueron analizadas (**Cabrera, 2017, p.96-97**)

#### ***Tipo y concentración inicial del metal***

“El comportamiento de la superficie del sólido es variable según sus propiedades químicas y físicas del metal que condiciona su comportamiento de interacción, además que dependen del tipo de metal, Allen y Brown (1995) relacionaron la diferencia de afinidad de algunos bioadsorbentes por la electronegatividad del metal” (**Izquierdo, 2010, p.43**)

**Ordoñez (como se citó en Cabrera, 2017, p.58)** Es importante conocer el tipo de metal, pero también lo es saber la capacidad máxima de adsorción del sorbente a emplear la cual estará sujeta a experimentales y temperatura de la mezcla.

#### ***Efecto de la fuerza iónica***

Este parámetro es de gran importancia como la del pH en biorremedación con vegetales. La fuerza iónica tiene una gran importancia en la distribución de la carga eléctrica entre líquido y sólido debido a que es un método cuantitativo que sirve para expresar la composición química en una disolución (**Rios, 2014, p.17**).

La fracción de Na presente en la solución es mayor que en la zeolita, lo cual da a conocer que la afinidad de sodio (Na) con la zeolita decrece en cuanto la cantidad de Pb(II) aumenta en la disolución. En otras palabras, expresa que al aumentar cantidad de electrolito (Na) aumenta la afinidad de la zeolita por los iones de Pb(II) **(Rodriguez et al, 2004)**

Los iones de  $Pb^{2+}$  al ser adsorbidos por el tetratitanato de potasio modificado con  $SiO_2$  empiezan a participar en un intercambio iónico con los cationes  $K^+$  encontrados en los canales del adsorbente. El aumento del pH genera la precipitación de  $Pb(OH)_2$  **(Aguilar et al, 2009, p.130)**.

### **Generalidades del tomate (*Solanum betaceum* Cav)**

**Bohs (como se citó en Meza y Manzano, 2009, p.290)** el tomate de árbol también llamado tomate de lima, tomate serrano, tomate silvestre entre otros. Su nombre científico es *Solanum Betaceum*. El 1799 fue clasificado como *Solanum Betaceum*, por Cavanilles posteriormente en 1845 Sendtner lo clasificó al género de *Cyphomandra* pero fue en 1995 que volvió al género *Solanum* por Bohs.

Cuenta con una estructura de hojas codiformes con tamaño de 8 a 10 cm de largo y frutos ovoides con diámetros de 4 a 6 y 8 a 10 cm, pesos de 130 y 40 gr respectivamente **(Meza y Manzano, 2009, p.290)**

### **Origen del tomate**

**Ciro, Avilés y León (como se citó en Cabrera, 2017, p.66-67)** internacionalmente se le conoce como tamarillo o tomate de árbol y se atribuye a Sudamérica y Filipinas, este fruto puede ser encontrado desde el norte de Argentina hasta Venezuela debido a que se encuentra a lo largo de la cordillera de los Andes, es en los bosques de Ecuador, Perú y Colombia donde se puede encontrar en estado silvestre ya que muchos autores señalan como su lugar de origen.

## Taxonomía

**TABLA 2**

*Taxonomía del tomate de árbol.*

CATEGORÍA	TAXONES
<b>Reino</b>	Plantae (Vegetal)
<b>División</b>	Angiospermae
<b>Subdivisión</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Subclase</b>	Asteridae
<b>Orden</b>	Solanales
<b>Familia</b>	Solanaceae
<b>Género</b>	<i>Solanum</i>
<b>Especie</b>	<i>Solanum betaceum</i> Cav.
<b>Nombre común</b>	Tomate de árbol, tomate silvestre, chimango, etc.
<b>Nombre científico</b>	<i>Solanum betacea</i> Cav.

Fuente: León y Viteri (2008).

## Composición química

El siguiente cuadro muestra la composición química de distintos frutos en la región de Celendin y Huayrapongo evidenciando al Potasio como principal mineral del tomate:

**TABLA 3**

*Contenido de minerales de frutas comerciales y de sachatome por 100g de fracción comestible*

MINERALES	MANZANAS	MANDARINAS	FRESAS	DURAZNOS	PLATANO	TOMATE	SACHA TOMATE	
							ZONA 1	ZONA 2
Calcio (mg)	5,8	42	21	8	12,9	14	8,96	9,24
Hierro (mg)	0,25	0,19	0,64	0,4	0,9	0,5		0,09
Potasio (mg)	122	165	161	200	434,6	297	351,1	424,8
Fosforo (mg)	12	23	29	12	38,6	26	20,6	19,9
Sodio (mg)	1,2	1,4	1,4		5,8	6,3	1,6	4,1
Cobre (mg)						0,06	0,05	0,05
Zinc (mg)						0,2	0,08	0,06
Magnesio (mg)						20	15,1	12,3

Fuente: Navarro (2017)

## **Influencia del Potasio en la remoción**

El mineral Potasio (K) al ser sometido a un proceso de activación térmica da origen al Óxido de Potasio  $K_2O$  el cual al estar en contacto con el agua forma Hidróxido de Potasio KOH conocido como potasa caustica la cual reacciona muy bien en contacto con ácidos, además de ser corrosiva para metales como zinc, aluminio, estaño y plomo (**Enriquez, 2013, p.25**). También se utiliza en tratamientos de aguas residuales, potables e industriales para ajustar el pH (**Enriquez, 2013, p.29**)

## **Estaciones de producción**

**Prohens y Nuez (como se citó en Cabrera, 2017, p.73-74)** sostiene que las frutas están influenciadas por dos factores como las características meteorológicas y la condiciones agro-ambientales dependiendo el sector donde se ubiquen. Normalmente el tomate tiene una mayor producción de frutos en ambientes con clima de poca variación, en ambientes donde se da lo contrario se tienen que hacer varias cosechas siendo la primavera el establecimiento de frutos y el otoño la maduración de los mismos.

## **Cosecha del tomate de árbol en el Perú**

El cultivo del tomate en el Perú, que se desarrolla fundamentalmente en Ica y Lima, necesita una serie de transformaciones tecnológicas para asegurar la calidad de un producto que es consumido por millones de familias en el país.

El tomate aumenta continuamente su producción y cultivo debido a su gran demanda por lo cual es una de las hortalizas más cultivadas a nivel mundial. El Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), describe como principales zonas de producción: Arequipa, Lima (Rímac, Chillón, Huaral-Chancay, Lurín), Huacho, La Libertad, Ica, Barranca, Cañete, Lambayeque y Mala. El Perú en 2016 superó las 6,000 ha que

produjeron 233,000 toneladas, en su gran mayoría fue destinado para el consumo interno (**Gargurevich, 2018**)

En Ancash se cultiva en zonas como Francisco de Bolognesi y Carhuaz donde se construyó un invernadero para el cultivo de mejores tomates y otras hortalizas

**C.23 PERÚ: TOMATE POR REGIÓN SEGÚN VARIABLES PRODUCTIVAS, ABRIL-JUNIO 2017**

Región	Superficie cosechada (ha)			Producción (t)			Rendimiento (t/ ha)			Precio al productor (S/ x t)		
	Abr <sup>P</sup>	May <sup>P</sup>	Jun <sup>P</sup>	Abr <sup>P</sup>	May <sup>P</sup>	Jun <sup>P</sup>	Abr <sup>P</sup>	May <sup>P</sup>	Jun <sup>P</sup>	Abr <sup>P</sup>	May <sup>P</sup>	Jun <sup>P</sup>
<b>NACIONAL</b>	<b>385</b>	<b>420</b>	<b>418</b>	<b>13 616</b>	<b>14 603</b>	<b>14 501</b>	<b>35,3</b>	<b>34,8</b>	<b>34,7</b>	<b>973</b>	<b>1 140</b>	<b>1 072</b>
Amazonas	3	2	2	22	17	12	8,0	7,0	7,3	1.665	1.066	1.288
Ancash	18	18	40	438	368	855	24,3	20,4	21,4	1 800	1 041	831
Apurímac	21	18	2	315	307	20	15,0	17,1	10,0	1 068	1 294	2 000
Arequipa	68	52	70	3 510	2 693	3 451	51,6	51,8	49,3	689	1 025	1 181
Ayacucho	15	12	1	156	141	3	10,4	11,8	3,0	1 038	1 235	1 500
Cajamarca	43	22	10	269	132	61	6,3	6,2	6,4	1 114	1 076	1 310
Cusco	6	8	3	105	137	56	17,5	17,1	18,7	1 353	1 350	1 800
Huancavelica	6	21	10	62	158	80	10,3	7,5	8,0	1 000	2 000	1 888
Huánuco	3	5	4	71	110	91	23,7	24,4	22,8	822	994	620
Ica	26	38	46	2 011	3 418	3 755	78,9	91,1	81,6	924	1 029	1 017
Junín	0	0	2	0	0	24	-	-	12,0	-	-	1 000
La Libertad	12	21	4	385	1 076	127	32,0	51,2	31,7	2 300	1 870	1 188
Lambayeque	0	12	20	0	300	449	-	25,0	22,5	-	946	1 045
Lima	127	139	157	5 263	4 396	4 425	41,4	31,6	28,2	893	1 098	1 065

*Figura2.* Cultivo y producción del tomate de Árbol - Perú.

### **Tratamiento en la obtención de las cáscaras para mejorar el proceso de bioadsorción.**

#### *Preparación de la muestra*

Las cáscaras debes ser limpiadas con agua y eliminar rastros de contaminantes como tierra y pelados sin dañar la estructura para un máximo aprovechamiento en el proceso de bioadsorción (**Cabrera, 2017, p.85**) Se realiza el secado de las cáscaras mediante una estufa a 70°C por tres días.

### ***Análisis granulométrico***

Utilizó 5 tamices, siendo los de 20, 30, 40, 50 y 60; realizando 5 pruebas de 37 minutos cada una, la primera con una muestra de 100 gr y las otras 4 con 200 gr cada una. Estos tamices se usaron según las especificaciones de tamaño de partícula dadas por Pinzón Bedoya & Vera Villamizar en el 2008 **(Cabrerá, 2017, p.86-87)**. Al término del tamizado, las muestras se guardan en fundas herméticamente selladas y pesadas.

### ***Prueba de cenizas totales***

Para realizar esta prueba se debe de agregar 2 g de la muestra en el crisol y luego incinerarla hasta que esté totalmente carbonizada y deje de emitir humo para ser colocado en la mufla durante 2 horas a 200 °C y luego a 550°C por 8 horas **(Cabrerá, 2017, p.89)**

## **Justificación de la investigación**

Mediante la presente investigación, se busca determinar la cantidad de tiempo de contacto para la remoción de plomo en el Río Santa-Ticapampa, el que beneficiara no solo a Ticapampa si no también a la Provincia del Santa debido a que su agua de este río son vertidas en el Río Santa y es un material que el 30% se consume como alimento procesado y que sus cáscaras se pueden reutilizar para la potabilización del agua, además de contar con un precio bajo para la población. Hoy en día encontramos biofiltros a nivel industrial, los cuales son costosos y no resultan totalmente eficaces. Estas aplicaciones son de tipo empírico.

Las posibilidades de usar las cáscaras de tomate en el beneficio de reducción de enfermedades e impacto ambiental, además de mejorar el consumo de agua contaminada en zonas alejadas. Siendo altos los residuos de cáscara de tomate que podrían ofrecer una posibilidad de remoción de metales de plomo con fines de interés social, los costos son menores respecto al de biofiltros industriales. Se busca mejorar la calidad del agua con productos de fácil alcance para la población.

En la actualidad es una opción favorable en la remoción de metales en Ríos contaminados de nuestro país, el hecho de construir un biofiltro a base de cascara de tomates. Esta es una tecnología para el abastecimiento y tratamiento del agua que requiere de muy bajo gasto de energía y no genera contaminación. Se busca que el biofiltro aporte una alta remoción de metales (Pb), el cual nos brindaría calidad de las aguas a tratar.

## **Problema**

### **Realidad Problemática**

A nivel internacional el plomo es uno de los metales que genera mayor preocupación debido a los peligros de salud mental y física. En la actualidad no existe un tratado que controle la contaminación de dicho metal, se considera por la Organización Mundial de Salud (OMS) como uno de los productos de mayor preocupación en salud pública. Para los niños pequeños que ingieren plomo de una determinada fuente durante la etapa de desarrollo puede ser de 4 a 5 veces mayor que de los adultos **(Gray, 2008)**

Más de 600 personas han dado niveles altos, y en muchos casos peligrosos, del metal pesado en la sangre en la población de Yangxunqiao (provincia costera de Zhejiang) en el 2011, Alrededor del 75% de la producción mundial del plomo es destinada a baterías **(Reinoso, 2011)**

Una posibilidad de solución a este problema se viene realizando en la ciudad de Singapur donde se están aplicando bioadsorbentes para la remediación de este contaminante **(Mallampati y Valiyaveettil, 2012)**. Así mismo en Ecuador se presentó una solución parecida, pero a nivel industrial donde se utiliza el tomate como material para realizar un biofiltro **(Cabrera, 2017, p.2)**

El Perú es uno de los principales países donde se extrae plomo a través de la minería ubicada en su mayoría en la parte sierra, sin contar el sistema de explotación del mineral este es comúnmente vertido en las aguas de ríos. Durante muchas décadas los Ríos Rímac y Mantaro se han visto afectados por esta indiscriminada práctica con la disminución de su flora y fauna. Otro lugar que está contaminado es la Oroya, la situación se agudiza porque el río desemboca y deposita sus aguas en el mar del Callao donde ya se reportaron casos de intoxicación de niños al tener más de 10 microgramos de plomo por decilitro en su sangre **(Ubillos, 2003, p.42)**

**Según el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA, 2017)** está actuando de inmediato para que cese la contaminación en la zona del Callao, cuyas empresas trabajan con plomo, cadmio y diversos productos químicos.

Se conoce que el Rio Ticapampa está contaminado con diferentes tipos de metales pesados entre los cuales se encuentra el Plomo, además de tener parámetros físico-químicos que no están dentro de la normativa legal peruana. El nivel encontrado en ciertos puntos de monitoreo establecidos por el AAA (Autoridad Administrativa del Agua) es superior a los establecido en los estándares ECA, con los cuales nos regimos. Este fenómeno en las aguas de Ticapampa se genera por que existen 10 pasivos en esta región, sin embargo, como principales encontramos al yacimiento polimetálico “Relave de Mina Alianza” proveniente de la Mina Hércules con un volumen de 680,000 m<sup>3</sup> y presencia de cobre, plata, plomo y zinc (**Romero et al, 2008, p. 15-16**).

Por lo cual se ha venido notificando a las mineras que se encuentra aguas arriba del Rio para que dejen de contaminarlo, las autoridades como el ALA, ANA se están encargando de que se cumplan las leyes establecidas para mejorar la calidad del agua en la Cuenca del Santa.

### **Formulación del problema**

El tomate es un material que el 30% se consume como alimento procesado y que sus cascaras se pueden reutilizar para la potabilización del agua, además el desarrollo del cultivo del tomate en el país, constituye una oportunidad para promover su exportación a nivel de Sudamérica en principio proyectado a otros mercados internacionales a futuro, dado a que el mercado interno se encuentra cubierto (**Mallampati y Valiyaveettil, 2012**).

De acuerdo a lo anteriormente escrito, formulamos la siguiente pregunta o problema de investigación:

**¿EN QUE MEDIDA REMOVERÍA EL PLOMO, UTILIZANDO UN BIOFILTRO DE CENIZA DE CASCARAS DE TOMATE EN AGUA DEL RIO SANTA-TICAPAMPA?**

## Conceptualización y operacionalización de las variables

**TABLA 4**

*Variable dependiente*

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR
Capacidad de remoción de iones de plomo en el Rio Santa-Ticapampa	La remoción es un proceso que permite la captación activa o pasiva de iones metálicos a través de distintos métodos como adsorción, bioadsorción, etc. (Tejada, Villabona, & Garcés, 2015, p.110).	Es el porcentaje de remoción que se logra a través de la combinación de agua contaminada con plomo y 4 gr de ceniza de cáscara de tomate en 1 litro de agua a 15 y 25 min, con una velocidad de 200 rpm.	Tiempo de contacto  Tiempo de Reposo  Tiempo de Mezcla	Promedio de los porcentajes de Plomo

Fuente: Elaboración propia

**TABLA 5**

*Variable independiente*

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR
Proporción de ceniza cáscara de tomate en el biofiltro	La cáscara de tomate es un residuo que se puede reutilizar para la potabilización del agua debido a que el 30% se consume como alimento procesado (Mallampati y Valiyaveettil, 2012). Contiene	Las soluciones de agua son muestras del lugar elegido, con la finalidad de realizar ensayos de remoción de plomo mediante un biofiltro prototipo utilizando	Temperatura de activación de la cáscara de tomate.	Niveles de Hidrogeno  Niveles de Oxigeno

	<p>minerales como fósforo, calcio y potasio. Este último mencionado se halla en mayor número que otro mineral en su composición, el cual favorece a procesos de remoción (Navarro, 2017, p.63)</p>	<p>ceniza de cáscara activado térmicamente.</p>	<p>Dosificaciones de la ceniza de cáscara de tomate</p>	<p>Concentración másica (g/L)</p>
--	--	---	---	-----------------------------------

Fuente: Elaboración propia

## Hipótesis

Se removerá el porcentaje de plomo en el agua del Río Santa-Ticapampa usando un biofiltro de rotación con 4 gr de ceniza de cáscara de tomate por litro.

## Objetivos

### Objetivo general

Determinar en qué medida removería el plomo, utilizando un biofiltro de ceniza de cáscara de tomate en agua del Río Santa-Ticapampa.

### Objetivos específicos

- Determinar los parámetros físico-químico y presencia de plomo en el patrón.
- Determinar la temperatura de calcinación de la cascara de tomate mediante ATD (Análisis Térmico Diferencial).
- Determinar la composición química de la ceniza de cáscara de tomate mediante el análisis de fluorescencia de Rayos X.
- Determinar el pH de la ceniza de cáscara de tomate.
- Determinar la presencia del plomo y parámetros físico-químico en el agua después en los experimentales.

## II. METODOLOGÍA:

### TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:

#### ➤ TIPO DE INVESTIGACIÓN:

La investigación es de tipo exploratorio porque se va probando con diferentes tiempos de contacto mezcla de ceniza de cascara de tomate y agua con plomo, no existe muchos estudios previos al proyecto.

El método de Investigación que se aplica es la Experimentación, ya que se utilizan nuevos tipos de materiales para la elaboración de soluciones las cuales remuevan el plomo del Rio Santa-Ticapampa

El método experimental se apoya en pruebas, ensayos, repetición, laboratorio especializados. La mayor parte del estudio, se realizará en el laboratorio, observando y debatiendo los resultados obtenidos.

Por ende, se diría que nuestra investigación está orientada al nivel “Experimental”. Ya que trataremos de buscar un material el cual haga que dicha solución (cáscara de tomate) resulte beneficiosa para el uso de la remoción de plomo en los ríos.

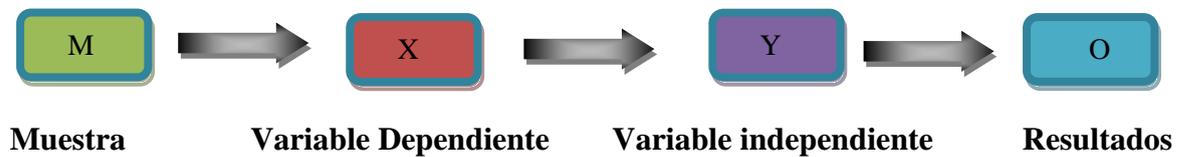
Se empleará el método de la Observación porque se tomará datos mediante una **Guía de Observación.**

#### ➤ DISEÑO DE INVESTIGACION:

El método es experimental porque se manipula la variable independiente tiempo de contacto de ceniza de cascara de tomate.

- Diseño de investigación : experimental
- Diseño experimental : cuasi experimental

Siendo el esquema del diseño de investigación el siguiente:



Donde:

M: muestra

X: Variable dependiente

Y: Variable independiente

O: Resultados

✓ **Enfoque de la investigación.**

**Cuantitativo**, porque se estudia las variables y sus indicadores objetivamente midiendo y registrando, empleando métodos de recolección de datos cualitativos a través de observaciones y parámetros.

Los ensayos se realizarán de manera experimental teniendo varias horas semanales dedicadas a la elaboración de las mismas. La mayor parte del estudio, se realizará en el Laboratorio, observando, analizando y comparando los resultados obtenidos.

Enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio. Cada etapa procede a la siguiente y no podemos “omitir” pasos, el orden es riguroso y secuencial, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea, que va acotándose y una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación. Se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y se determinan variables; se desarrolla un plan para probarlas (diseño). Se miden las variables en un determinado contexto, y se establece una serie de conclusiones respecto de la(s) hipótesis.

## **Población y muestra**

### **• Población**

Conformada por el agua que se encuentra a 100 metros antes de la desembocadura del Rio Santa-Ticapampa.

### **• Muestra**

Están constituidos por 3 unidades de un 1 litro de agua cada uno. Que serán distribuidas 1 litro para el análisis que determine los parámetros físico-químicos y presencia de plomo para el patrón, 2 litro para después de aplicar la ceniza de cascara de tomate.

## **Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Para la recolección de datos utilizamos como instrumento la guía de observación y parámetros que serán analizados mediante cuadros comparativos y gráficos de barras.

<b>TECNICA</b>	<b>INSTRUMENTO</b>
<b>Observación</b>	Guía de observación Resumen. Fichas técnicas del laboratorio de las pruebas a realizar.
<b>Análisis documental</b>	Reporte de monitoreo del agua

Al ser una investigación de nivel Cuasi-Experimental de adopto como Técnica de Investigación: LA OBSERVACION CIENTIFICA. (Guía de observación resumen como instrumento), en donde se quiere ir comparando la variación de los niveles de plomo que se removerán mediante la solución (ceniza de cáscara de tomare).

✓ **Proceso y análisis de los datos**

El proceso se realizará con los programas Excel. Para efectos de clasificar, procesar y resumir información que sea obtenida a través de la técnica e instrumento de recolección aplicada, utilizaremos métodos estadísticos descriptivos.

Se elaborarán tablas y gráficos estadísticos para analizar y visualizar el comportamiento de la variable estudiada.

✓ **Guía de observación**

**Situación a observar**

Registrar los resultados que se obtengan, se deberá registrar los niveles de remoción de plomo.

## **METODOLOGÍA DE TRABAJO:**

### **➤ UBICACIÓN DEL TOMATE:**

Ubicación :  
- Ancash  
- Santa  
- Chimbote

Lugar : Mercado “La Perla”

Accesibilidad : Por la Av. Pardo a 15 min del centro de Chimbote

Coordenadas :

<b>Coord. UTM WGS 84</b>		
<b>Zona</b>	<b>Este</b>	<b>Norte</b>
17L	768625.69	8992936.58

### **➤ TOMATE:**

#### **ADQUISICIÓN DEL TOMATE:**

El tomate fue adquirido en el “Mercado la Perla” en un puesto común, se compró 60 Kg. (**Fotografía N°1 – N°2**)

#### **PREPARACIÓN DE LA CÁSCARA:**

Se lavó los tomates con agua potable, y posteriormente se pelo para ser secado en una bandeja de metal cubierta por una malla para evitar los insectos y se dejó secar durante 10 días. (**Fotografía N°3 – N°5**)

### **RECOLECCIÓN DE CÁSCARAS SECAS:**

Se procedió a recolectar las cáscaras de la bandeja luego de los 10 días y se inició con la trituración mediante una licuadora. **(Fotografía N°6 – N°8)**

### **GRANULOMETRÍA:**

Por antecedentes, solo optamos por pasar las partículas de cáscara de tomate por las mallas #40, #50 y #60 el cual tiene un tamaño  $<0.3\text{mm}$  el cual favorece la bioadsorción, obteniendo 494 g para realizar el ATD. **(Fotografía N°9 – N°10)**

### **CALCINACIÓN DEL POLVO DE CÁSCARA DE TOMATE:**

Después de haber realizado el ensayo de ATD, con los resultados obtenidos el material pasara a ser calcinado a una temperatura y tiempo ( $100^{\circ}\text{C}$  a 2 horas y  $500^{\circ}\text{C}$  a 8 horas) controlado. La ceniza de cáscara de tomate será analizada mediante FRXDE para conocer su composición química. **(Fotografía N°11 – N°13)**

### **➤ ELABORACIÓN DEL BIOFILTRO:**

Se inició con el armado del biofiltro mediante baldes, tuberías y un motor DC instalado encima de la tapa del balde central. Las revoluciones por minuto (rpm) se midieron gracias a un Tacómetro digital en la caja contra placada que contiene un mecanismo dinámico, siendo de 200 la velocidad utilizada. Finalizando se llevó a la universidad para que sea aprobado su elaboración. **(Fotografía N°17)**

### **Materiales:**

- ✓ 03 baldes de plástico transparente de 4Lt. con grifo.
- ✓ 01 hélice de 10cm de diámetro, 04 codos de  $45^{\circ}$  de 1/2"
- ✓ 02 llaves de paso de 1/2", 04 niples mixtos de 1/2".
- ✓ 01 unión universal de 1/2", malla organza, lija N°40.
- ✓ Tubería PVC 1/2" (2m), cinta teflón, pegamento para tuberías.
- ✓ Motor DC, fuente DC de 5 voltios, 01 switch, 01 Jack, 01 cable de poder, 01 potenciómetro, 01 caja contraplacada de 14x14 cm, sellador sikaflex, 01 tacómetro digital, tornillos.

➤ **UBICACIÓN DEL AGUA:**

Ubicación :  
- Ancash  
- Recuay  
- Ticapampa

Lugar : Rio Santa-Ticapampa

Accesibilidad : A 1 hora pasando Huaraz.

Coordenadas :

Coord. UTM WGS 84		
Zona	Este	Norte
18L	231278.29	8922695.19

➤ **ADQUISICIÓN DEL AGUA:**

El agua contaminada se obtuvo del Río Santa – Ticapampa, obteniendo 10 L para realizar el patrón y experimentales. **(Fotografía N°18)**

➤ **PATRÓN:**

Se tomó una muestra de 1 L del agua extraída del Río sin agregarle ningún componente externo y se llevó a analizar. **(Fotografía N°19)**

➤ **EXPERIMENTAL:**

Se procedió a llenar el primer balde (CAPTACIÓN), posteriormente se abrió la primera llave para dejar pasar el agua al segundo balde (BIOFILTRO) el cual cuenta con una caja con motor y una pantalla electrónica con lectura de rpm, se dejó pasar 2.5 L y se agregó 10 gr de la ceniza de cáscara de tomate. Se procedió a esperar por 15 min a 200 rpm y finalmente se dejó sedimentar las partículas por 20 min. Se abrió la segunda llave para dejar pasar el agua al tercer balde (ALMACENAMIENTO) y se recolecto una muestra de 1 L para ser analizada.

El proceso se repitió de la misma forma para el segundo experimental, pero en este caso se manejó un tiempo de 25 min a 200 rpm, con el fin de ser un agua potable destinada para los pobladores. **(Fotografía N°20– N°29)**

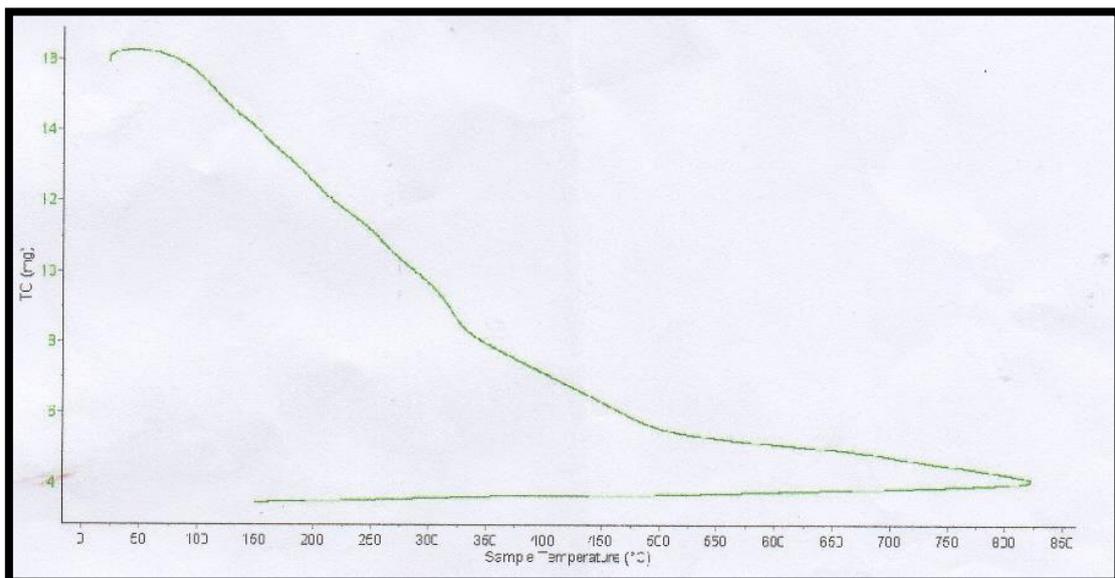
### III. RESULTADOS:

#### ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL:

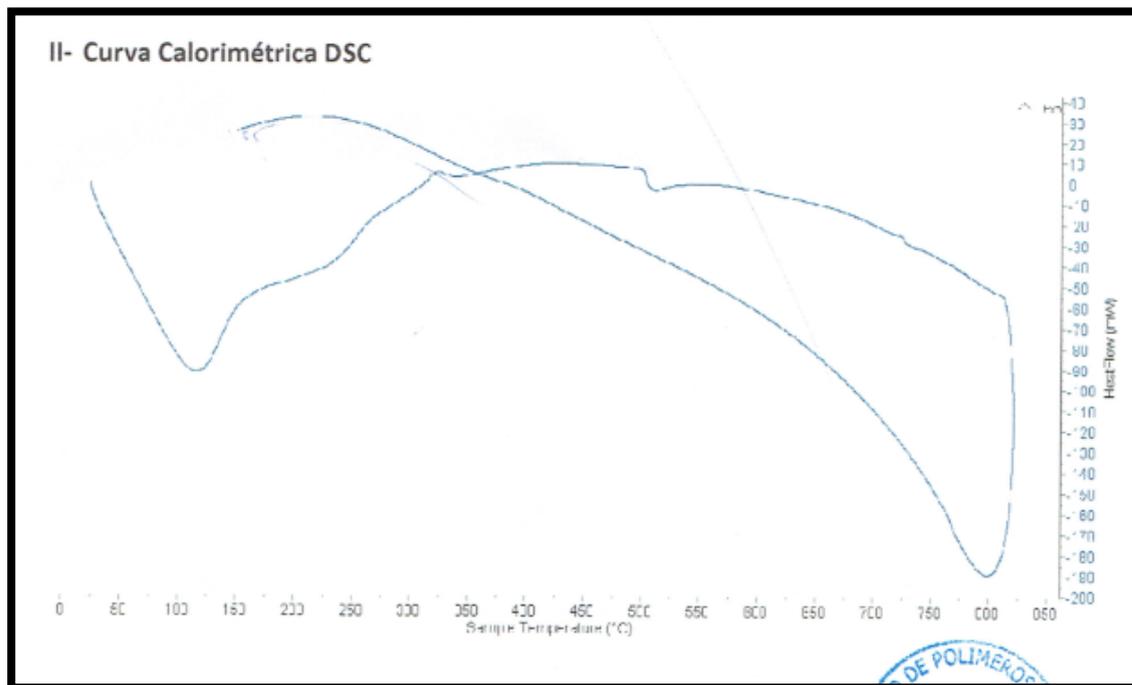
#### CÁSCARA DE TOMATE TRITURADA:

Este ensayo se realizó para obtener la temperatura óptima de calcinación, mediante el Análisis Térmico Diferencial en el Laboratorio de Polímeros de la Universidad Nacional de Trujillo. Se trabajó con una masa inicial de 16.3 mg.

Los resultados del análisis se muestran en el Grafico 1 y Gráfico 2.



**Figura 3.** Curva de pérdida de masa - análisis termo gravimétrico – cáscara de tomate (LABORATORIO DE POLIMEROS- UNT, 2020).



**Figura 4.** Curva calorimétrica dsc – cáscara de tomate (LABORATORIO DE POLIMEROS- UNT, 2020).

De acuerdo al ATD el polvo de cáscara de tomate se calcinó a 100°C por 2 horas y a 500°C por 8 horas debido a que estos son los dos picos endotérmicos donde se presenta una variación en la estructura molecular.

### **COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS MATERIALES:**

Para obtener la caracterización del material se sometió a una prueba de Rayos XDE mediante un Espectrómetro de Fluorescencia.

## CENIZA DE CÁSCARA DE TOMATE:

**TABLA 6**

*Fluorescencia de rayos X de la ceniza de cáscara de tomate*

Elemento	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.900	13.698
SiO <sub>2</sub>	2.183	3.02
SO <sub>2</sub>	2.514	3.478
ClO <sub>2</sub>	10.419	14.415
K <sub>2</sub> O	36.286	50.206
CaO	2.614	3.616
TiO <sub>2</sub>	0.066	0.091
MnO	0.046	0.064
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.796	1.101
Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.002	0.002
CuO	0.014	0.019
ZnO	0.050	0.069
BrO <sub>2</sub>	0.023	0.032
RbO	0.028	0.039
SrO	0.009	0.012
ZrO <sub>2</sub>	0.003	0.004
Total	72.280	100.00

Fuente: Laboratorio de Arqueometría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Físicas

## POTENCIAL DE HIDRÓGENO DE LA CENIZA:

**TABLA 7**

*Ph de ceniza de cáscara de tomate*

ENSAYOS	ENSAYO Ph
CENIZA DE CÁSCARA DE TOMATE	10,42

Fuente: Laboratorio de Ensayos Clínicos "COLECBI" S.A.C

## ANÁLISIS DE LA MUESTRA PATRÓN:

**TABLA 8**

*Ensayos físico-químicos y metal pesado patrón*

ENSAYOS	MUESTRA
	MUESTRA PATRÓN RIO SANTA - TICAPAMPA
S.T.D. (mg/L)	328
Cloruros (mg/L)	7
Turbidez (UNT)	645
Conductividad (uS/cm)	509
pH	3,73
Plomo (mg/L)	0,533

Fuente: Laboratorio de Ensayos Clínicos "COLECBI" S.A.C

## COMPARACIÓN DE LA MUESTRA PATRÓN Y EL ECA:

**TABLA 9**

*Comparación de parámetros del agua*

ENSAYOS	MUESTRA MUESTRA PATRÓN RIO SANTA - TICAPAMPA	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE (MINSA)	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE (MINAM)
S.T.D. (mg/L)	328	1000	1000
Cloruros (mg/L)	7	250	250
Turbidez (UNT)	645	5	100
Conductividad (uS/cm)	509	1500	1600
pH	3,73	6,5 a 8,5	5,5-9,0
Plomo (mg/L)	0,533	0,01	0,05

Fuente: Laboratorio de Ensayos Clínicos "COLECBI" S.A.C

## ANÁLISIS DE LOS EXPERIMENTALES:

**TABLA 10**

*Ensayos físico-químicos y metal pesado exp.1*

ENSAYOS	MUESTRA
	EXPERIMENTAL 1 - 4gr/L DE CENIZA DE CÁSCARA DE TOMATE A 15 MIN Y A 200 RPM
S.T.D. (mg/L)	2120
Cloruros (mg/L)	17
Turbidez (UNT)	110,4
Conductividad (uS/cm)	3,30
pH	10,28
Plomo (mg/L)	0,107

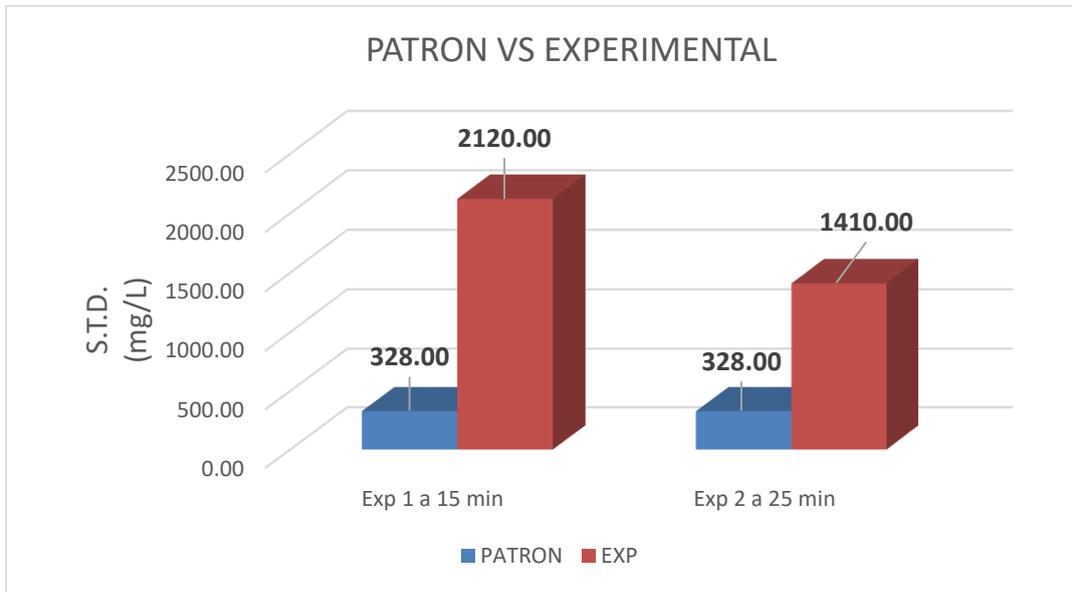
Fuente: Laboratorio de Ensayos Clínicos "COLECBI" S.A.C

**TABLA 11**

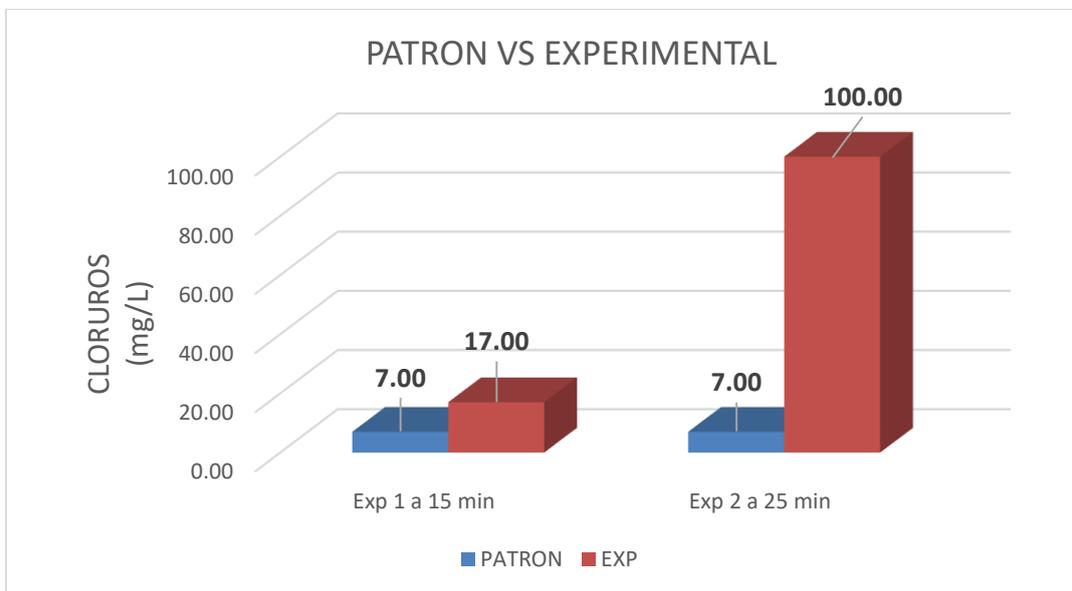
*Ensayos físico-químicos y metal pesado exp.2*

ENSAYOS	MUESTRA
	EXPERIMENTAL 2 - 4gr/L DE CENIZA DE CÁSCARA DE TOMATE A 25 MIN Y A 200 RPM
S.T.D. (mg/L)	1410
Cloruros (mg/L)	100
Turbidez (UNT)	102,9
Conductividad (uS/cm)	2,21
pH	10,17
Plomo (mg/L)	0,073

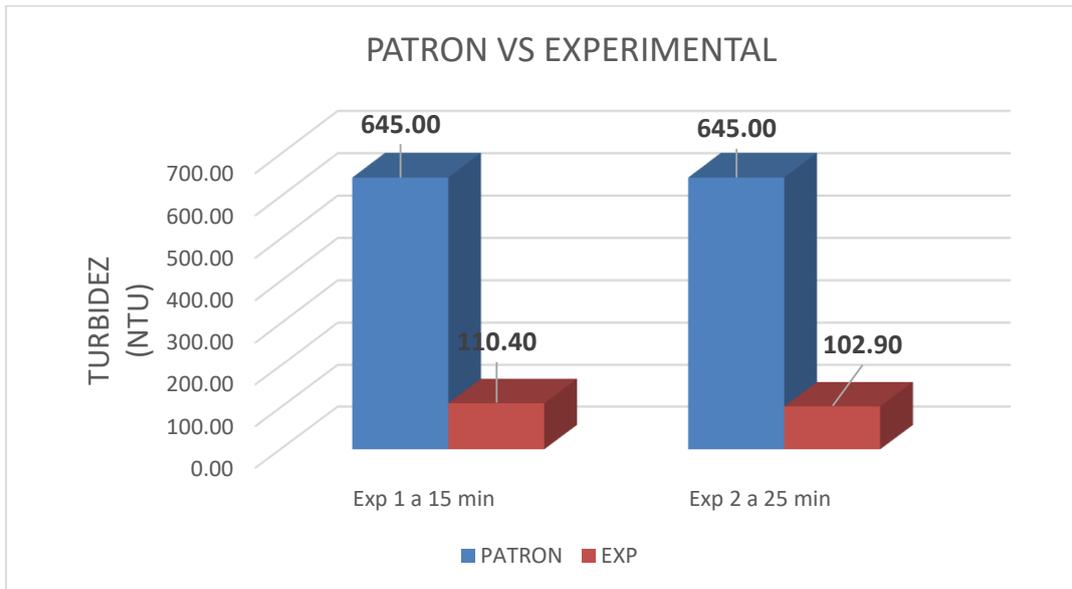
Fuente: Laboratorio de Ensayos Clínicos "COLECBI" S.A.C



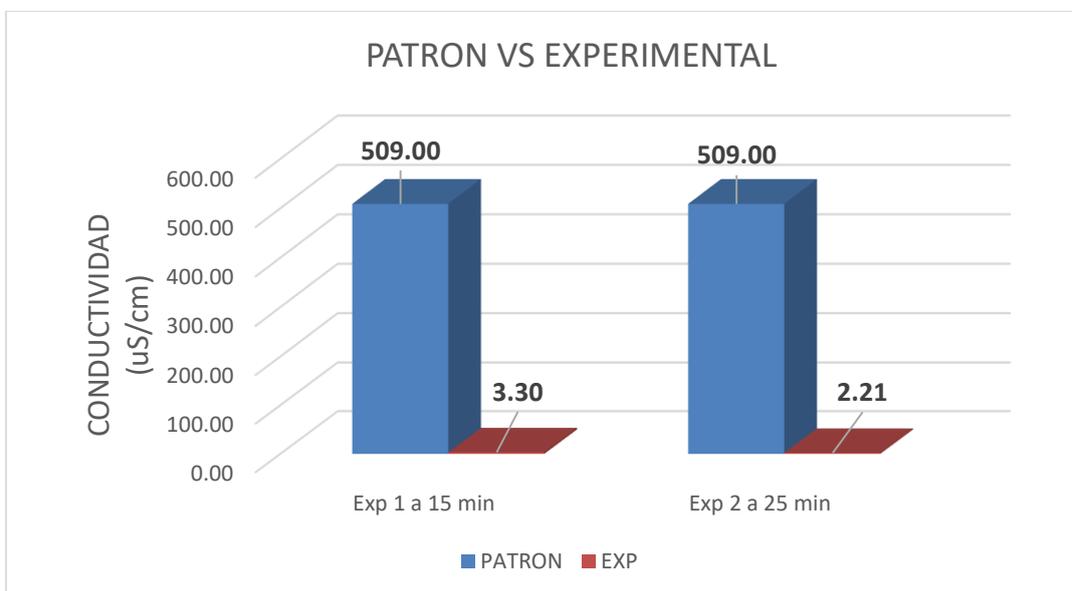
**Figura 5.** Sólidos totales disueltos respecto al patrón (COLECBI, 2020).



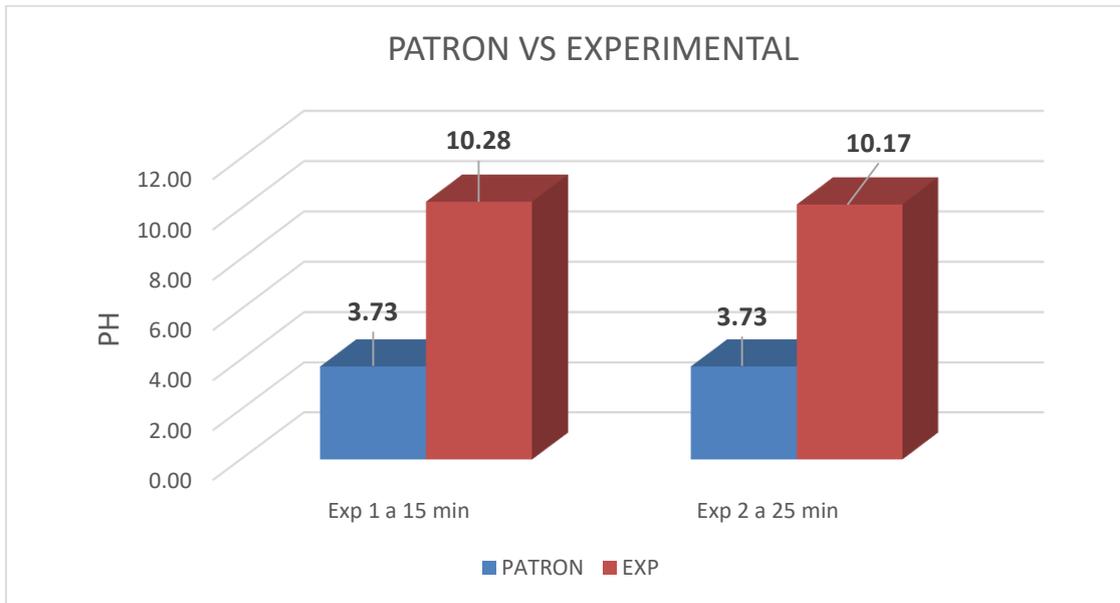
**Figura 6.** Cloruros respecto al patrón (COLECBI, 2020).



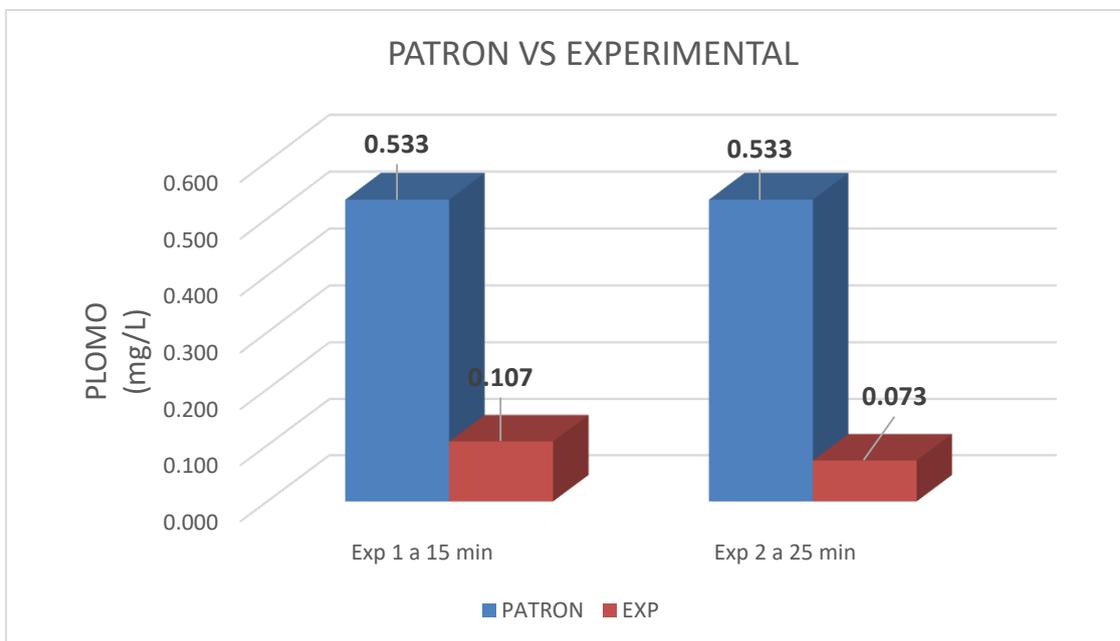
**Figura 7.** Turbidez respecto al patrón (COLECBI, 2020).



**Figura 8.** Conductividad respecto al patrón (COLECBI, 2020).



**Figura 9.** pH respecto al patrón (COLECBI, 2020).



**Figura 10.** Contenido de plomo respecto al patrón (COLECBI, 2020).

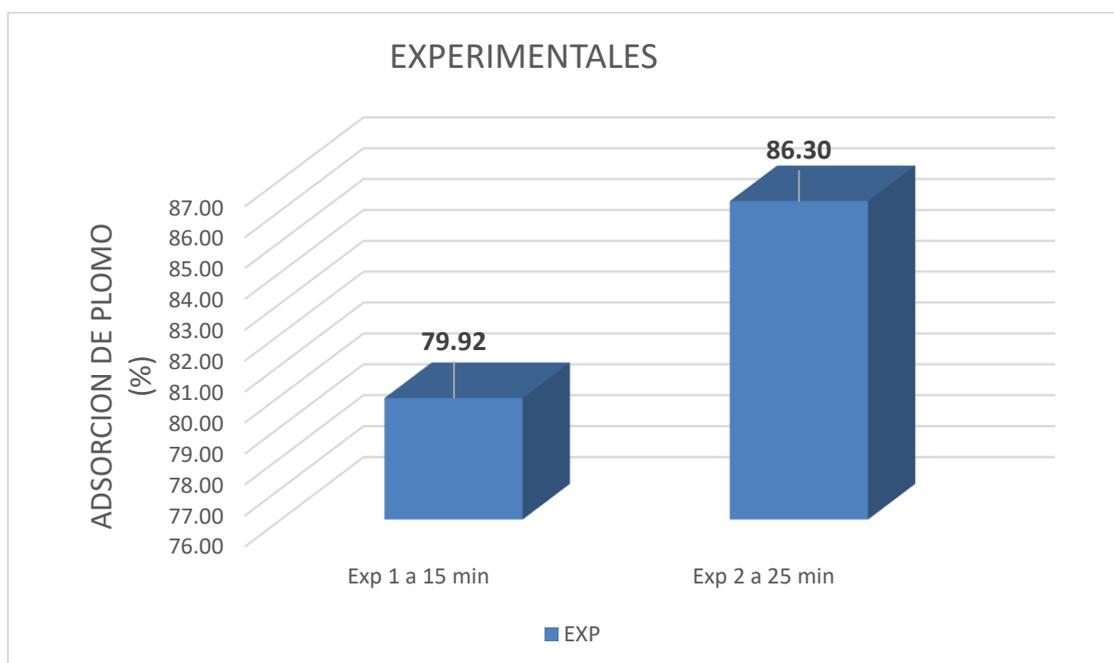


Figura 11. Bioadsorción de plomo respecto al patrón en porcentajes (COLECBI, 2020).

### CUADRO RESUMEN:

**TABLA 12**

*Cuadro resumen*

ENSAYOS	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE (MINSA)	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE (MINAM)	MUESTRA MUESTRA PATRÓN RIO SANTA - TICAPAMPA	MUESTRA EXPERIMENTAL 1 - 4gr/L DE CENIZA DE CÁSCARA DE TOMATE A 15 MIN Y A 200 RPM	MUESTRA EXPERIMENTAL 2 - 4gr/L DE CENIZA DE CÁSCARA DE TOMATE A 25 MIN Y A 200 RPM
S.T.D. (mg/L)	1000	1000	328	2120	1410
Cloruros (mg/L)	250	250	7	17	100
Turbidez (UNT)	5	100	645	110,4	102,9
Conductividad (uS/cm)	1500	1600	509	3,30	2,21
pH	6,5 a 8,5	5,5-9,0	3,73	10,28	10,17
Plomo (mg/L)	0,01	0,05	0,533	0,107	0,073

Fuente: Laboratorio de Ensayos Clínicos "COLECBI" S.A.C, MINS, MINAM.

#### IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS:

**Definir el tiempo y grado de calcinación** de la cáscara de tomate se realizó el análisis térmico diferencial y térmico gravimétrico, en el gráfico 1 se muestra que el mayor cambio de pérdida de masa es a partir de los 825°C, mientras que en el análisis calorimétrico se originan dos picos endotérmicos en la gráfica que indican una transformación de fase a 105°C y 510°C (Gráfico N°2), dan origen la activación de óxidos. Según (Cabrerá, 2017, p.89) la temperatura es de 2 horas a 200°C y luego 550°C por 8 horas sin embargo se consideró a través del ATD 2 horas a 100°C y 8 horas a 500°C para realizar su tratamiento Térmico.

**El análisis químico de fluorescencia de rayos X** La cáscara de tomate térmicamente activada contiene como elemento primordial el Óxido de Potasio  $K_2O$  con 50.206% del total (Tabla N°6), este compuesto reacciona vigorosa y exotérmicamente con el agua para forma Hidróxido de Potasio KOH conocido como potasa caustica la cual reacciona muy bien en contacto con ácidos, además de ser corrosiva para metales como cinc, aluminio, estaño y plomo (Enriquez, 2013, p.25). La cáscara de tomate contiene también Oxido de Cloro  $ClO_2$  con 14.415% (Tabla N° 6) este elemento está protegido en soluciones acuosas, añadiendo ácido hasta una requerida concentración se activa el desinfectante. En su forma líquida y sólida es un poderoso agente oxidante, blanqueador y desinfectante que elimina bacterias y virus que pueden adherirse a otras materias en suspensión que generan el aumento de **TURBIDEZ**. Los compuestos de cloro son los desinfectantes más utilizados a nivel industrial y no tiene comparación con otro igual en el tratamiento de las aguas (Diomedi et al, 2017, p.165). Ambos componentes son electrolitos fundamentales que funcionan como intercambiadores iónicos. Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2005, p.22) la presencia del Oxido de Aluminio o también llamada Alúmina activada  $Al_2O_3$  el cual está presente con un 13.698% sirve para la remoción de Flúor.

**En la determinación del pH** de la ceniza de cáscara de tomate es de 10,42 (Tabla N° 7) el cual permitió estabilizar el pH del agua del Rio Santa-Ticapampa subiendo el valor del patrón de 3,73 a 10,28 para un tiempo de contacto de 15 min (Tabla N°10) y a 10,17 a un tiempo de contacto de 25 min (Tabla N°11). Esto permite que la solución pase de un estado ácido a uno con alta alcalinidad y se generen los enlaces iónicos. (Aguilar et al, 2009, p.130)

**La bioadsorción de Plomo** obtenidos de los 2 experimentales fueron 79.92 % y 86.30 % (Gráfico N° 9) observando que el material trabaja muy bien en remoción de Plomo debido a la gran presencia del Oxido de Potasio  $K_2O$  en su composición química, siendo activado térmicamente es que alcanza su mayor potencial para la bioadsorción debido a su capacidad de intercambio iónico donde actúa el  $K^+$  y el  $Pb^{2+}$  por ser iones móviles (Aguilar et al, 2009, p.130). Respecto a la norma del MINSA y MINAM las muestras con ceniza de cáscara de tomate lograron disminuir el porcentaje de plomo y acercarse al límite máximo permisible por ley en determinados tiempos de contacto.

**La conductividad** obtenida del patrón fue de 509  $\mu s/cm$  siendo un agua moderadamente dura (Tabla N°9) el cual se ve reducido significativamente respecto al experimental 1 con 3.30  $\mu s/cm$  y el experimental 2 con 2.21  $\mu s/cm$ , ambos experimentales son aguas muy blandas. Esto se debe a los enlaces iónicos producidos por el  $ClO_2$  de la ceniza de cáscara de tomate que interactúan con los iones de  $Ca^{2+}$ , este último es la causa principal de la dureza del agua, a mas  $Ca^{2+}$  más será la dureza del agua y también la conductividad (Solís et al, 2018, p.37).

**La cantidad de cloruros** encontrados en el patrón fue de 7 mg/L el cual se vio incrementado en el experimental 1 a 17 mg/L y en el experimental 2 a 100 mg/L, este aumento en ambos experimentales se produjo debido a la presencia del ion cloro en la composición química de la ceniza, el cual reacciona con el  $Ca^{2+}$  intercambiándose. El  $Cl^-$  se encuentra ausente en aguas que predominan cationes como el calcio y magnesio (Aguilar, 2001, p.1).

**La cantidad de Sólidos Totales Disueltos (STD)** se puede obtener por la presencia de sales, minerales, metales y cualquier otro compuesto orgánico o inorgánico menor a 1.5 micras o que se disuelve en el agua, los STD encontrados en el patrón fue de 328 mg/L el cual se incrementó en el experimental 1 a 2120 mg/L y el experimental 2 a 1410 mg/L, este aumento en ambos experimentales se produjo debido a que la ceniza de cáscara de tomate cuenta con un 50.206%  $K_2O$  el cual es una sal iónica de oxígeno (**Diaz, 2019**). También contiene Oxido de Cloro  $ClO_2$  con 14.415% el cual tiene el ion  $Cl^-$  siendo un cloruro muy soluble y también una sal inorgánica (**Padilla, 2014, p. 22**).

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

### CONCLUSIONES:

1. Existe la presencia del Plomo con una cantidad de 0.533 mg/l en el agua encontrada en el Rio Santa-Ticapampa además de tener parámetros físico-químico con pH de 3.73, sólidos totales disueltos de 3.28 mg/L, cloruros 7 mg/L, turbidez de 645 UNT y conductividad de 509  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , por lo que esta agua debe ser tratada.
2. Con un tratamiento térmico de 2 horas a 100°C y 8 horas a 500°C se logró tener un cambio en la estructura de la cáscara del tomate formando óxidos y perdiendo un 89.45% de masa inicial de 419.35g de cáscara de tomate solo quedaron 44.72g en cenizas de cáscara de tomate.
3. La cáscara de tomate térmicamente activada contiene un 50,206% de  $\text{K}_2\text{O}$  (Oxido de Potasio) siendo el principal óxido y actuando como intercambiador iónico para la remoción del  $\text{Pb}^{2+}$  (Plomo). También contiene 14.415% de  $\text{ClO}_2$  (Oxido de Cloro) el actuó como un desinfectante para mejorar la conductividad mediante el intercambio iónico con el  $\text{Ca}^{2+}$  (Calcio), sin embargo, el  $\text{ClO}_2$  aumenta la cantidad de cloruros.
4. Se determinó que la ceniza de cáscara de tomate presento un pH de 10,42 lo cual le permitió estabilizar el pH del agua con 4g/L a 15 min y 25 min a 10,28 y 10,17 respectivamente.
5. Se concluye que el exp.1 de ceniza de cáscara de tomate se redujo a 0.107 mg/l el cual representa el 79.92%, el exp. 2 de ceniza de cáscara de tomate se redujo a 0,073 mg/l el cual representa el 86.30% mostrando que se acercaron al máximo permisible que es de 0.05 mg/l según MINAM. Además para el exp.1 y exp.2 los sólidos totales disueltos aumentaron a valores de 2120 mg/L y 1410 mg/L superando la norma, los cloruros aumentaron a 17 mg/L y 100 mg/L manteniéndose dentro de la norma, la turbidez se mejoró a 110,4 UNT y 102,9 UNT superando por muy poco la norma, la conductividad se mejoró a 3,30  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 2,21  $\mu\text{S}/\text{cm}$  manteniéndose muy por debajo de la norma respectivamente.

## **RECOMENDACIONES:**

1. Se recomienda cambiar los tiempos de contactos (15 y 25 min) y las revoluciones (200 rpm) entre las partículas y el agua para ver su comportamiento.
2. Realizar los ensayos variando el tamaño de partícula del biomaterial para observar su influencia.
3. Investigar sobre la capacidad de reutilización y adsorción de otros metales con el mismo material.
4. Se recomienda realizar un diseño de muestras emparejadas con más muestreos, sacrificando las variantes por las repeticiones.
5. Buscar un nuevo material que complemente a la cáscara de tomate y mejore los diferentes parámetros.

## **VI. AGRADECIMIENTO:**

Agradezco a la Universidad San Pedro por haberme abierto las puertas de su seno científico para poder estudiar mi carrera, así como también a las diferentes docentes que brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante día a día.

Agradezco también a mis Asesores por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico, así como también haberme tenido paciencia para guiarme durante todo el desarrollo de la tesis.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Aguilar et al. (Enero de 2009). REMOCIÓN DE PLOMO DE SOLUCIONES ACUOSAS POR TITANATO DE POTASIO DOPADO CON SÍLICE. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 25(3), 125-132. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v25n3/v25n3a1.pdf>
- Aguilar, M. (2001). ANÁLISIS DE AGUA - DETERMINACIÓN DE CLORUROS TOTALES EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA (CANCELA A LA NMX-AA-073-1981). *BECARIOS ANIQ*. Obtenido de <https://aniq.org.mx/pqta/pdf/Respaldo/NMX-AA-quimicosgp02.pdf>
- Ballesteros, J. (Diciembre de 2011). *Los metales pesados además de ser altamente tóxicos y persistentes en el ecosistema también se caracterizan por su ubicuidad ya que pueden estar presentes en el aire, suelo y agua, además son altamente solubles lo que les permite incorporarse fácilmente e*. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador: <https://dspace.ups.edu.ec/>
- Buitrón, D. (31 de Julio de 2015). *BIOSORCIÓN DE CROMO Y NÍQUEL EN AGUAS CONTAMINADAS USANDO QUITOSANO*. Obtenido de REPOSITORIO DIGITAL DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL DE ECUADOR: <http://www.dspace.uce.edu.ec/>
- Cabrera, L. (Julio de 2017). *BIOADSORCIÓN DE IONES DE PLOMO Y CROMO PROCEDENTES DE AGUAS RESIDUALES UTILIZANDO LA CÁSCARA DE TOMATE DE ARBOL (SALUNUM BEATACEUM)*. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador: <https://dspace.ups.edu.ec/>
- Carro de Diego, L. (17 de Octubre de 2012). *ELIMINACIÓN DE MERCURIO DE EFLUENTES ACUOSOS CON MATERIALES DE BAJO COSTE: PROCESO COMBINADO DE BIOADSORCIÓN-REDUCCIÓN*. Obtenido de Portal del Congreso de la República: [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4\\_uibd.nsf/27DA7661B6BA4E3705257BF90079F16A/\\$FILE/CarrodeDiego\\_LeticiaM\\_TD\\_2012.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/27DA7661B6BA4E3705257BF90079F16A/$FILE/CarrodeDiego_LeticiaM_TD_2012.pdf)
- Castells, E. (2012). *Tratamiento y Acondicionamiento de Gases*. Obtenido de Diaz de Santos: <https://www.editdiazdesantos.com/>
- Diaz, R. (2019). Óxido de potasio (K<sub>2</sub>O): fórmula, propiedades, riesgos, usos. Obtenido de <https://www.lifeder.com/oxido-de-potasio/>
- Diomedi et al. (Abril de 2017). Antisépticos y desinfectantes: apuntando al uso racional. Recomendaciones del Comité Consultivo de Infecciones Asociadas a la Atención de Salud, Sociedad Chilena de Infectología. *Revista chilena de infectología*, 34(2), 156-174. Chile. Obtenido de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0716-10182017000200010](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-10182017000200010)

- Enriquez, F. (2013). *COMPORTAMIENTO DEL HIDRÓXIDO DE SODIO Y POTASIO EN FUNCIÓN DE LA HUMEDAD Y TEMPERATURA AMBIENTAL*. Obtenido de UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR REPOSITORIO DIGITAL: <http://200.12.169.19/>
- Franco, A. (Julio de 2013). *PERFIL AMBIENTAL Y EDUCATIVO DE LA COMUNIDAD DE ALDEA EL NARANJITO DEL MUNICIPIO DE MIXCO DEL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA*. Obtenido de Biblioteca Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala: <http://biblioteca.usac.edu.gt/biblioteca2/index.php>
- Gargurevich, G. (Marzo de 2018). *Reinventar el cultivo del tomate*. Obtenido de Redagícola: <https://www.redagricola.com/pe/>
- Gray, T. (2008). *La contaminación por plomo y sus impactos en los derechos humanos*. Obtenido de Center for International Environmental Law: <https://www.ciel.org/>
- Izquierdo, M. (15 de Julio de 2010). *ELIMINACIÓN DEL METALES PESADOS EN AGUAS MEDIANTE BIOADSORCIÓN. EVALUACIÓN DE MATERIALES Y MODELACIÓN DEL PROCESO*. Obtenido de Tesis Doctorales en Xarxa: <https://www.tdx.cat/>
- Mallampati y Valiyaveetil. (19 de Agosto de 2012). Application of tomato peel as an efficient adsorbent for water purification—alternative biotechnology? *Royal Society of Chemistry*. Singapur. Obtenido de ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY: <https://pubs.rsc.org/>
- Marcano, J. (2019). *La Hidrología*. Obtenido de Educación Ambiental en la Republica Dominicana: <https://jmarcano.com/planeta/hidrologia.html#:~:text=La%20hidrolog%C3%ADa%20se%20ha%20desarrollado,solucionar%20los%20problemas%20de%20agua.&text=La%20hidrograf%C3%ADa%20involucra%20la%20descripci%C3%B3n,lagos%2C%20mares%20interiores%20y%20oc%C3%A9anos>.
- Meza y Manzano. (28 de 12 de 2009). Características del fruto de tomate de árbol (*Cyphomandra betaceae* [Cav.] Sendtn) basadas en la coloración del arilo, en la Zona Andina Venezolana. *Revista Científica UDO Agrícola*, 9(2). Venezuela. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3308209>
- MINAM. (7 de junio de 2017). *Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM .- Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias*. Obtenido de SINIA: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones-1>
- Moscoso y Tintin. (Junio de 2013). *Capacidad de Absorción de la planta de papa Solanum tuberosum ssp andigena, en el suelo contaminado con plomo*. Obtenido de Universidad Politecnica Salesian de Ecuador: <https://dspace.ups.edu.ec/>

- Navarro et al. (10 de Mayo de 2007). Aspectos bioquímicos y genéticos de la tolerancia y acumulación de metales pesados en plantas. *Ecosistemas revista científica de ecología y medio ambiente*, 16(2). Alicante, España: Asociación Española de Ecología Terrestre. Obtenido de <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/125>
- Navarro, A. (2017). *EVALUACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL FRUTO DE Solasnum betaceum PROCEDENTE DE CELENDÍN Y DE HUAYRAPONGO, REGIÓN CAJAMARCA*. Obtenido de UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA REPOSITORIO INSTITUCIONAL: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/>
- OEFA. (16 de Agosto de 2017). *OEFA ordena no generar emisiones atmosféricas a dos empresas dedicadas a la fundición de plomo en Ventanilla*. Obtenido de Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental: <https://www.oefa.gob.pe/oefa-ordena-no-generar-emisiones-atmosfericas-a-dos-empresas-dedicadas-a-la-fundicion-de-plomo-en-ventanilla/ocac37/>
- OMS. (2005). *Contaminación Biológica del Agua*. Obtenido de REDACEITE SERVICIO ECOLÓGICOS: <http://www.redaceite.com.ar/>
- OPS. (5 de Diciembre de 2005). *GUÍA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA A NIVEL CASERO*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Lima, Perú. Obtenido de <http://sial.segat.gob.pe/documentos/guia-mejoramiento-calidad-agua-nivel-casero>
- Padilla, D. (2014). *Procesos hidrogeoquímicos que dan origen a la salinidad en el sistema acuífero de Tierra Nueva, San Luis Potosí*. Obtenido de REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE CICESE: <https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/927/1/235211.pdf>
- Pinzón y Vera. (30 de Marzo de 2009). *MODELAMIENTO DE LA CINÉTICA DE BIOADSORCIÓN DE Cr (III) USANDO CÁSCARA DE NARANJA*. *Biblioteca Digital de Universidad Nacional de Colombia*, 76(160), 2. Obtenido de Biblioteca Digital de Universidad Nacional de Colombia: <https://revistas.unal.edu.co/>
- Reinoso, J. (16 de Junio de 2011). *El plomo envenena las protestas en China*. Obtenido de El País: [https://elpais.com/diario/2011/06/16/internacional/1308175201\\_850215.html](https://elpais.com/diario/2011/06/16/internacional/1308175201_850215.html)
- Reyes, M. (15 de Enero de 2012). *METALES PESADOS: IMPORTANCIA Y ANALISIS*. Obtenido de DOCPLAYER: <https://docplayer.es/15527766-Metales-pesados-importancia-y-analisis.html>
- Rios, P. (2014). *CINÉTICA DE BIOADSORCIÓN DE ARSÉNICO UTILIZANDO CÁSCARA DE BANANO MADURO EN POLVO*. Obtenido de Repositorio Digital de la Universidad Técnica de Machala : <http://186.3.32.121/>
- Rodriguez et al. (2004). *ZEOLITA SÓDICA COMO INTERCAMBIADOR DE IONES*

- PLOMO (II). *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente.*, 8(1). Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/283711802\\_Zeolita\\_Sodica\\_como\\_intercambiador\\_de\\_iones\\_Plomo\\_II](https://www.researchgate.net/publication/283711802_Zeolita_Sodica_como_intercambiador_de_iones_Plomo_II)
- Rodríguez, J. (13 de Diciembre de 2007). *Aplicación de la norma 002-SEMARNAT-1996 en los restaurantes ubicados en la colonia la Paz*. Obtenido de Bibliotecas UDLAP: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lhr/rodriguez\\_c\\_jc/capitulo1.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lhr/rodriguez_c_jc/capitulo1.pdf)
- Rodriguez, P. (Agosto de 2001). *Abastecimiento de Agua*. Obtenido de Passeidireto: <https://www.passeidireto.com/arquivo/63105379/abastecimiento-de-agua-pedro-rodriguez-ruiz-2001>
- Romero et al. (9 de Noviembre de 2008). Estudio de los metales pesados en el relave abandonado de Ticapampa. *Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG*, 11(22), 13-16. Lima, Perú. Obtenido de Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG: <https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/RFIGMMG-22-1.pdf>
- Romero, K. (2009). CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS. *Revista Científica Ciencia Médica*, 12(1). Cochabamba, Bolivia. Obtenido de [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1817-74332009000100013](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1817-74332009000100013)
- Solís et al. (Enero de 2018). La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*, 31(1), 35-46. Obtenido de [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0379-39822018000100035&script=sci\\_abstract&tlng=es](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0379-39822018000100035&script=sci_abstract&tlng=es)
- Tejada, Villabona, & Garcés. (2015). Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. *TecnoLógicas*, 18(34), 109-123. Cartagena, Colombia. Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-77992015000100010&script=sci\\_abstract&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-77992015000100010&script=sci_abstract&tlng=es)
- Ubillos, J. (2003). *Estudio sobre la presencia de plomo en el medio ambiente de Talara en el año 2003*. Obtenido de Sistema de Bibliotecas y Biblioteca Central de la UNMSM: <http://sisbib.unmsm.edu.pe/>
- Valdivia, M. (18 de Enero de 2005). *Intoxicación por plomo*. Obtenido de Sistema de bibliotecas y biblioteca central UNMSM: <http://sisbib.unmsm.edu.pe/>

# **ANEXO N°1**

## **RESULTADOS DE LABORATORIO - PATRÓN**



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



Registro N° LE - 046

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

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20200221-024**

Pág. 1 de 2

SOLICITADO POR : LOZANO ROMERO HANOK.  
 DIRECCION : Miraflores Alto Perú Mz 46 B Lote 1 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 : 05 muestras.  
 PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En frascos de plástico con tapa.  
 CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2020-02-21  
 FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2020-02-21  
 FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2020-02-28  
 LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS : Laboratorio Físico Químico e Instrumental.  
 CÓDIGO COLECBI : SS 200221-8

**RESULTADOS**

**"REMOCION DE PLOMO CON BIOFILTRO DE CENIZA DE CASCARA DE TOMATE EN EL RIO SANTA -TICAPAMPA"**

**ENSAYOS FÍSICO QUÍMICOS**

ENSAYOS	MUESTRA
	MUESTRA PATRON RIO SANTA - TICAPAMPA
S.T.D. (mg/L)	328
Cloruros (mg/L)	7
(*) Turbidez (NTU)	645
Conductividad (uS/cm)	509
(**) pH	3,73

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

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

**ENSAYOS DE METALES**

METALES TOTALES (mg/L)	L.C. (mg/L)	MUESTRA PATRON RIO SANTA - TICAPAMPA
Plomo (Pb)	0,002	0,533

**COLECBI S.A.C.**

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 I Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752

Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127

e-mail: [colecbi@speedy.com.pe](mailto:colecbi@speedy.com.pe) / [medioambiente\\_colecbi@speedy.com.pe](mailto:medioambiente_colecbi@speedy.com.pe)

Web: [www.colecbi.com](http://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° 20200221-024**

Pág. 2 de 2

**METODOLOGÍA EMPLEADA**

**Sólidos Totales Disueltos** : SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 C, 23rd Ed. 2017. Solids. Total Dissolved Solids Dried at 180°C.  
**Turbidez**: APHA, AWWA and WEF/SM 23rd Edition 2017 2130B  
**Cloruros**: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-Cl B, 23rd Ed.2017. Chloride. Argentometric Method.  
**Conductividad**: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed. 2017. Conductivity. Laboratory Method.  
**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.
- A Solicitud del cliente solo se reportara Plomo.
- 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 percibibilidad 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 29 del 2020.  
 GVR/jms

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

LC-MP -HRIEVO  
 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 | 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 N°2**

### **RESULTADOS DE LABORATORIO – EXPERIMENTAL 1**



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20200221-025**

Pág. 1 de 2

SOLICITADO POR : LOZANO ROMERO HANOK.  
DIRECCION : Miraflores Alto Perú Mz 46 B Lote 1 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 : 05 muestras.  
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En frascos de plástico con tapa.  
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2020-02-21  
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2020-02-21  
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2020-02-28  
LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS : Laboratorio Físico Químico e Instrumental.  
CÓDIGO COLECBI : SS 200221-8

**RESULTADOS**

**"REMOCION DE PLOMO CON BIOFILTRO DE CENIZA DE CASCARA DE TOMATE EN EL RIO SANTA -TICAPAMPA"**

**ENSAYOS FÍSICO QUÍMICOS**

ENSAYOS	MUESTRA
	EXPERIMENTAL 1 4gr/L DE CENIZA DE CASCARA DE TOMATE A 15 MIN Y A 200RPM
S.T.D. (mg/L)	2120
Cloruros (mg/L)	17
(*) Turbidez (NTU)	110,4
Conductividad (uS/cm)	3,30
(**) pH	10,28

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

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

**ENSAYOS DE METALES**

METALES TOTALES (mg/L)	L.C. (mg/L)	EXPERIMENTAL 1 4gr/L DE CENIZA DE CASCARA DE TOMATE A 15 MIN Y A 200RPM
Plomo (Pb)	0,002	0,107

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

**COLECBI S.A.C.**

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 I 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

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20200221-025**

Pág. 2 de 2

**METODOLOGÍA EMPLEADA**

**Sólidos Totales Disueltos :** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 C, 23rd Ed. 2017. Solids. Total Dissolved Solids Dried at 180°C.

**Turbidez:** APHA, AWWA and WEF/SM 23rd Edition 2017 2130B

**Cloruros:** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-Cl B, 23rd Ed.2017. Chloride. Argentometric Method.

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

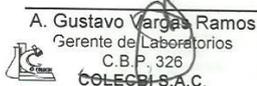
**pH:** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed.2017. pH Value. Electrometric Method.

**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.
- A Solicitud del cliente solo se reportara Plomo.
- 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 percibibilidad 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 29 del 2020.  
GVR/jms

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

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

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

FIN DEL INFORME

# **ANEXO N°3**

## **RESULTADOS DE LABORATORIO – EXPERIMENTAL 2**



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20200221-026**

Pág. 1 de 2

SOLICITADO POR : LOZANO ROMERO HANOK.  
DIRECCION : Miraflores Alto Perú Mz 46 B Lote 1 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 : 05 muestras.  
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En frascos de plástico con tapa.  
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2020-02-21  
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2020-02-21  
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2020-02-28  
LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS : Laboratorio Físico Químico e Instrumental.  
CÓDIGO COLECBI : SS 200221-8

**RESULTADOS**

**"REMOCION DE PLOMO CON BIOFILTRO DE CENIZA DE CASCARA DE TOMATE EN EL RIO SANTA -TICAPAMPA"**

**ENSAYOS FÍSICO QUÍMICOS**

ENSAYOS	MUESTRA
	EXPERIMENTAL 2 4gr/L DE CENIZA DE CASCARA DE TOMATE A 25 MIN Y A 200RPM
S.T.D. (mg/L)	1410
Cloruros (mg/L)	100
(*) Turbidez (NTU)	102,9
Conductividad (uS/cm)	2,21
(**) pH	10,17

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

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

**ENSAYOS DE METALES**

METALES TOTALES (mg/L)	L.C. (mg/L)	EXPERIMENTAL 2 4gr/L DE CENIZA DE CASCARA DE TOMATE A 25 MIN Y A 200RPM
Plomo (Pb)	0,002	0,073

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 - Teléfono: 043 310752  
Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127  
e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente\_colecbi@speedy.com.pe  
Web: www.colecbi.com

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20200221-026**

Pág. 2 de 2

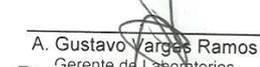
**METODOLOGÍA EMPLEADA**

**Sólidos Totales Disueltos:** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 C, 23rd Ed. 2017. Solids. Total Dissolved Solids Dried at 180°C.  
**Turbidez:** APHA, AWWA and WEF/SM 23rd Edition 2017 2130B  
**Cloruros:** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-Cl B, 23rd Ed. 2017. Chloride. Argentometric Method.  
**Conductividad:** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed. 2017. Conductivity. Laboratory Method.  
**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.
- A Solicitud del cliente solo se reportara Plomo.
- 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, Febrero 29 del 2020.  
GVR/jms

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

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

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

FIN DEL INFORME

## **ANEXO N°4**

# ENSAYO DE ANALISIS TÉRMICO DIFERENCIAL



Trujillo, 30 de enero del 2020

INFORME N° 18 - ENE-20

Solicitante: Hanok Lozano Romero – Universidad San Pedro

RUC/DNI: 72213240

Supervisor: .....

1. MUESTRA: C. Tomate (1. gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	T-18E	16.3 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 – 900 °C.
- Masa de muestra analizada: 16.3 mg.

Jefe de Laboratorio:

Ing. Danny Chávez Novoa

Analista responsable:

Ing. Danny Chávez Novoa

Tel.: 44-203510/949790880 [damechavez@hotmail.com](mailto:damechavez@hotmail.com) / Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria / Trujillo



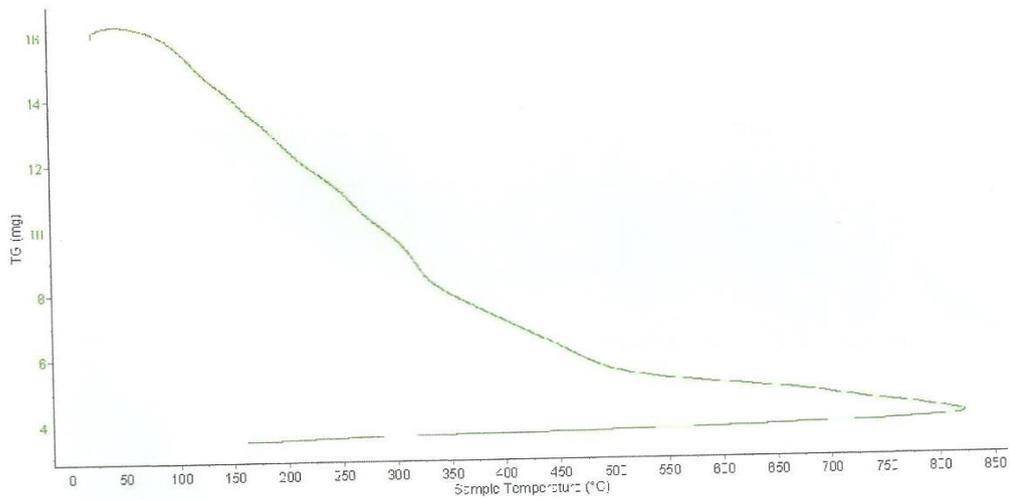


Trujillo, 30 de enero del 2020

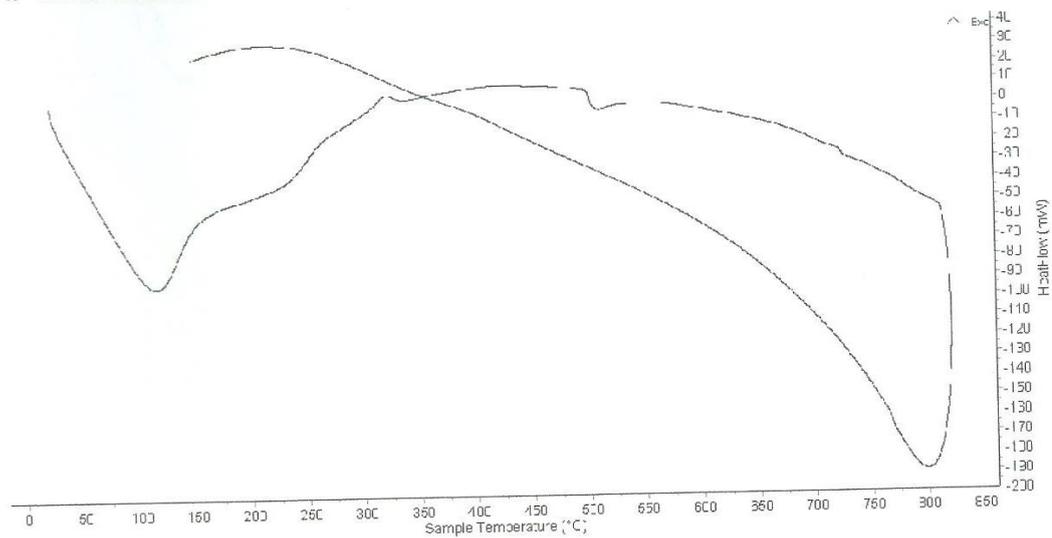
INFORME N° 18 - ENE-20

#### 4. Resultados:

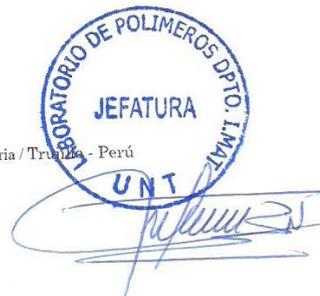
##### I- Curva de pérdida de masa - Análisis Termo gravimétrico.



##### II- Curva Calorimétrica ATD



Tel.: 44-203510/949790880 [damechavez@hotmail.com](mailto:damechavez@hotmail.com) / Av. Juan Pablo II s/n - Ciudad Universitaria / Trujillo - Perú





Trujillo, 30 de enero del 2020

INFORME N° 18 - ENE-20

5. CONCLUSION:

1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra una pérdida de masa progresiva del material, mostrando mayor aceleración entre 100 y 500°C. El material llega a perder en total aproximadamente 72% de su masa inicial.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, se puede mostrar un primer pico endotérmico a 105, y un segundo pico endotérmico a 510 ° C que podrían indicar temperaturas de cambio estructural y de las características en el material.

Trujillo, 30 de enero del 2020

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

# **ANEXO N°5**

## **RESULTADOS DE TRATAMIENTO TÉRMICO**



CALCINACION DE MATERIAL	
<b>PROYECTO:</b>	REMOCION DE PLOMO CON BIOFILTRO DE CENIZA DE CASCARAS DE TOMATE EN EL RIO SANTA - TICAPAMPA
<b>SOLICITANTE:</b>	LOZANO ROMERO HANOK ANDRES
<b>MATERIAL:</b>	CASCARAS DE TOMATE

### RESULTADOS

<b>TEMPERATURA DE CALCINACION</b>	PRIMERO: 100 °C SEGUNDO: 500 °C
<b>TIEMPO A TEMPERATURA CONSTANTE MAXIMA</b>	PRIMERO: 2 HORAS SEGUNDO: 8 HORAS
<b>PESO INICIAL</b>	240 g
<b>PESO FINAL</b>	56 g
<b>PERDIDA(%)</b>	73.6 %



Jorge Alejandro Barrios Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. O.P. N° 197384

## **ANEXO N°6**

### 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°02-LAQ/2020

#### Análisis de ceniza de cáscara de tomate por FRXDE

##### Introducción.

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) de esta muestra de ceniza de cáscara de tomate a pedido del Sr. **Lozano Romero, Hanok Andrés**, alumno de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

#### “Remoción de Plomo con Biofiltro de Ceniza de Cáscara de Tomate en el Río Santa - Ticapampa.”

La muestra había sido previamente activada térmicamente y está en la 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  $\mu$ 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 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 4470 cts/s.

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

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



# 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 tomate. 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 formar en un proceso de calcinación. La suma en términos de contenido de óxidos es menor



# UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

## FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

### Laboratorio de Arqueometría

que 100%. Es probable que la muestra esté constituida en parte por compuestos de Na y/o Mg, que esta técnica no puede detectar, y/o diferentes de óxidos, y/o hay una ligera deficiencia en la calibración del instrumento. Para mayores detalles sobre la composición estructural de la muestra se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X.

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

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.900	13.698
SiO <sub>2</sub>	2.183	3.020
SO <sub>2</sub>	2.514	3.478
ClO <sub>2</sub>	10.419	14.415
K <sub>2</sub> O	36.289	50.206
CaO	2.614	3.616
TiO <sub>2</sub>	0.066	0.091
MnO	0.046	0.064
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.796	1.101
Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.002	0.002
CuO	0.014	0.019
ZnO	0.050	0.069
BrO <sub>2</sub>	0.023	0.032
RbO	0.028	0.039
SrO	0.009	0.012
ZrO <sub>2</sub>	0.003	0.004
Total	72.280	100.00



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

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

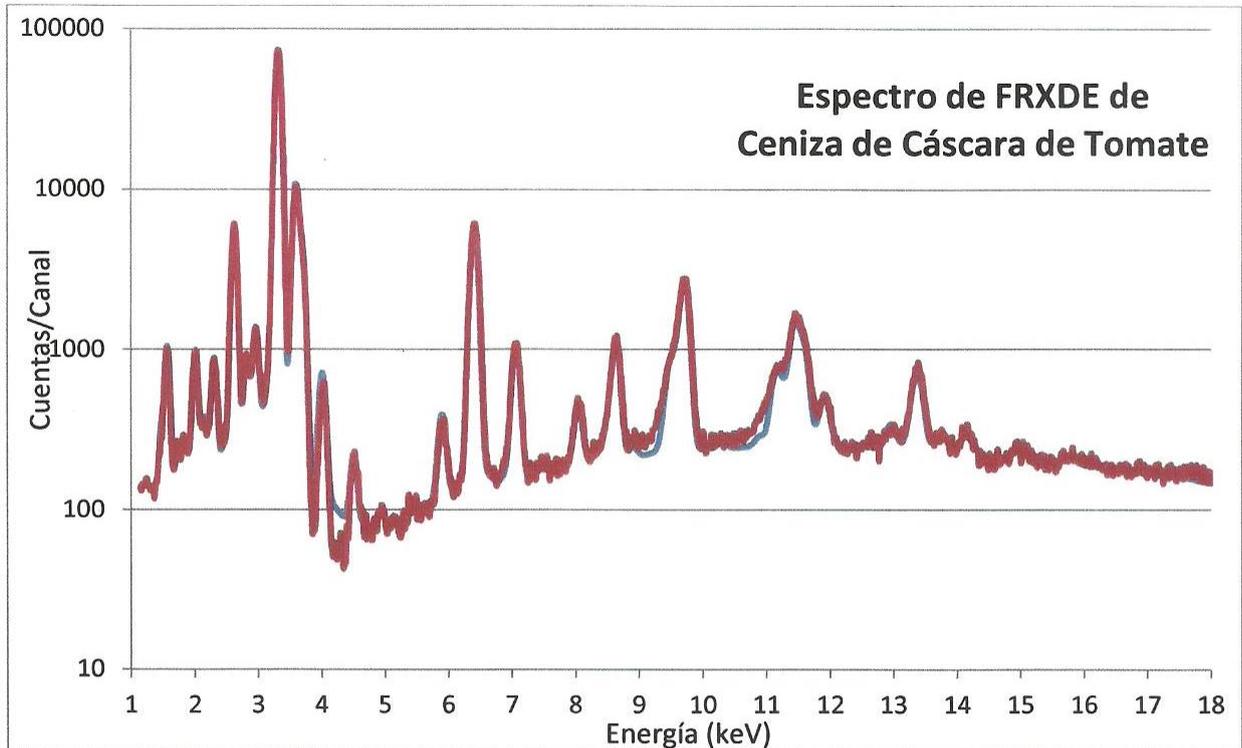


Figura 1. Espectro de FRXDE de ceniza de cáscara de tomate en escala semi-logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos.....*Jorge A. Bravo*  
Laboratorio de Arqueometría



Lima, 03 de Febrero del 2020

# **ANEXO N°7**

## **ENSAYO DEL PH DE LA CENIZA**



**CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES**

**“COLECBI” S.A.C.**

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

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

**INFORME DE ENSAYO N° 2020221-030**

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : LOZANO ROMERO HANOK  
 DIRECCIÓN : Miraflores Alto Mz 46 B Lote 1 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 : 2020-02-21  
 FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2020-02-21  
 FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2020-02-21  
 LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS : Laboratorio Físico Químico.  
 CÓDIGO COLECBI : SS 200221-8

**RESULTADO**

“REMOSION DE PLOMO CON BIOFILTRO DE CENIZA DE CASCARA DE TOMATE EN EL RIO SANTA –TICAPAMPA”

MUESTRA	ENSAYO
	pH
CENIZA DE CASCARA DE TOMATE	10,42

**METODOLOGIA 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 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, Febrero 22 del 2020.  
 GVR/jms

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

A. Gustavo Vargas Ramos  
 Gerente de Laboratorios  
 C.B/P. 326  
 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 I Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752

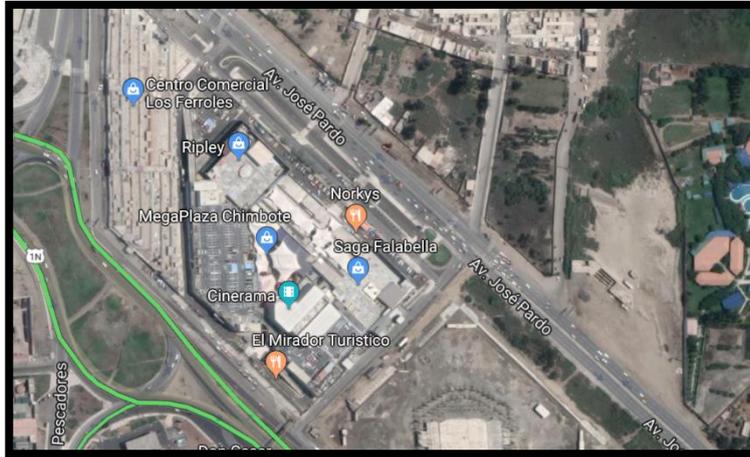
Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127

e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente\_colecbi@speedy.com.pe

Web: www.colecbi.com

**ANEXO N°8**  
**PANEL FOTOGRAFICO**

## OBTENCIÓN DE LA CASCARA DE TOMATE



*Fotografía 1.* Ubicación del Mercado La Perla - Chimbo



*Fotografía 2.* Ubicación del Mercado La Perla - Chimbo

## PREPARACIÓN DE LA CASCARA DE TOMATE



*Fotografía 3.* Lavado del tomate con agua potable



*Fotografía 4.* Se procedió a pelar los tomates y seleccionando las cáscaras.

## OBTENCIÓN DEL MATERIAL PARA EL EXPERIMENTAL



*Fotografía 5.* Se dejaron secar las cáscaras por 10 días a temperatura ambiente en una bandeja de metal y una malla para evitar insectos.



*Fotografía 6.* Cáscara de Tomate recién pelada y cáscara de tomate secada por 10 días

## TRITURACIÓN DE LA CÁSCARA



*Fotografía 7 - 8.* Se trituro en una licuadora y luego en un mortero.

## GRANULOMETRÍA



*Fotografía 9 - 10.* Se pasaron por las mallas #40, #50 y #60 el cual tiene granos  $<0.3\text{mm}$  el cual es el tamaño que favorece en la bioadsorción.

## CALCINACIÓN



*Fotografía 11.* De los 60 kilos se obtuvo 494 g que pasaron por la malla #60 para proceder a a la prueba de ATD.



*Fotografía 12.* Muestra antes de calcinar en mufla por 2 h a 100°C y por 8 h a 500°C.



*Fotografía 13.* Obtenido el material calcinado se procedió realizar su pH y FRXD.

### PESAJE DEL MATERIAL





*Fotografía 14 - 15.* Se pesaron las 02 muestras cada una de 10 gr para trabajar en el biofiltro en 2 ½ L.



*Fotografía 16.* Se pesaron los 20 gr para realizar el ph de la ceniza de cáscara de tomate.

## ELABORACIÓN DE BIOFILTRO



*Fotografía 17.* Se trasladó el biofiltro hasta la universidad para la verificación y aprobación.

## ADQUISICIÓN DEL AGUA



*Fotografía 18.* Recolección del agua del Río Santa - Ticapampa

## PATRÓN

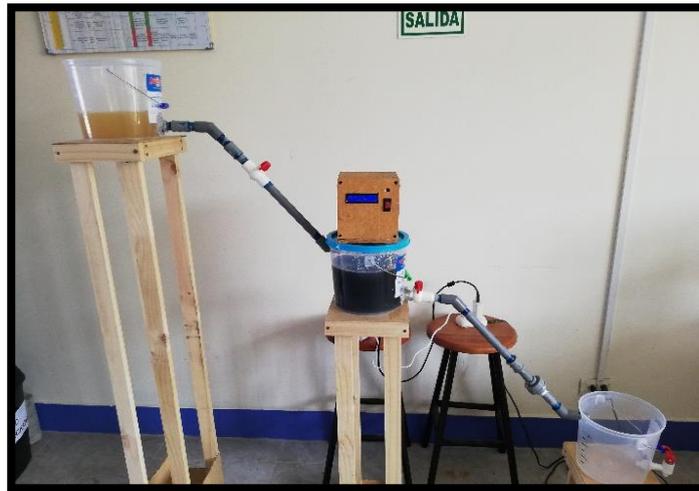


*Fotografía 19.* Se separó 1 L de agua del río para el patrón.

## EXPERIMENTAL



*Fotografía 20.* Se llenó con agua el primer balde de CAPTACIÓN.



**Fotografía 21.** Se abrió la llave, llenándose el segundo balde y agregando 10 gr de ceniza de cáscara de tomate.



**Fotografía 22.** Se procedió a parar el motor luego de 15 min.

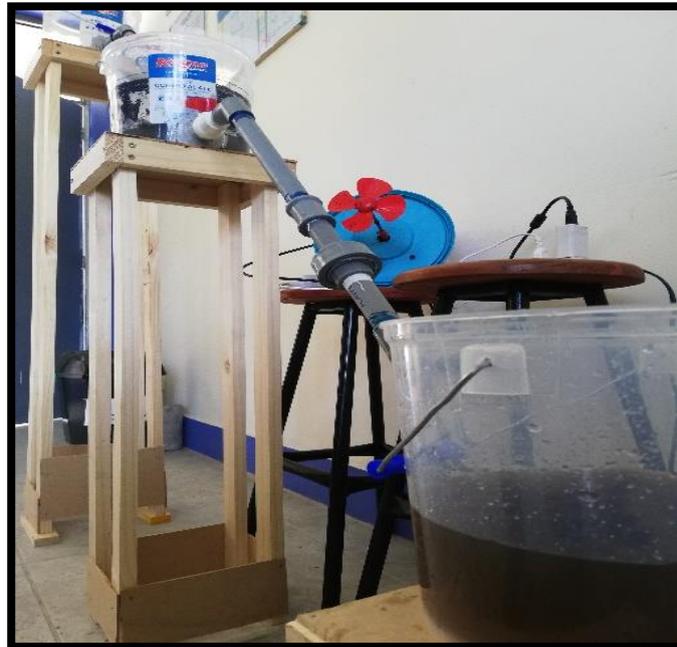


*Fotografía 23.* Se tuvo que esperar que sedimenten las partículas por 30 minutos.





*Fotografía 24 - 25.* Se abrió la llave para que pase el agua al balde de almacenamiento.





*Fotografía 26 - 27.* Se comenzó a llenar la primera muestra (experimental 1)



*Fotografía 28.* Luego de limpiar se volvió a repetir el proceso, pero a 25 min.



**Fotografía 29.** Para finalizar se llevaron las tres muestras a ser analizadas en el “Laboratorio de Ensayos Clínicos COLECBI S.A.C”