

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL



**Remoción de arsénico en soluciones de agua del río
Virú, utilizando 6 g y 12 g de polvo de cáscara de
naranja (citrus sinesis)**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

Autor

Gómez Cumpa, Edwin Aldair

Asesor

Castañeda Gamboa, Rogelio Fermin

Código ORCID 0000-0002-6961-7418

Chimbote – Perú

2021

PALABRAS CLAVE:

Tema	Bioadsorción
-------------	--------------

Especialidad	Hidrología
---------------------	------------

KEY WORDS:

Topic	Biosorption
--------------	-------------

Specialization	Hydrology
-----------------------	-----------

LINEA DE INVESTIGACION:

Programa	Ingeniería Civil
-----------------	------------------

Línea de Investigación	Hidráulica
-------------------------------	------------

Area	Ingeniería y Tecnología
-------------	-------------------------

Sub área	Ingeniería Civil
-----------------	------------------

Disciplina	Ingeniería Civil
-------------------	------------------

**“Remoción de arsénico en soluciones de agua del río
Virú, utilizando 6 g y 12 g de polvo de cáscara de
naranja (citrus sinesis)”**

RESUMEN

Debido a la preocupación de la contaminación actual del río Virú en la provincia de Virú, región La Libertad, dada la existencia de niveles de concentración arsénico no aptos para el consumo humano, la presente investigación, tuvo por objetivo, demostrar que, el método bioadsorción, haciendo uso de polvo de cascara de naranja activado térmicamente, como biosorbente, resulta efectivo para lograr la remoción de arsénico. La investigación se basó en un diseño tipo cuasiexperimental de estímulo creciente, haciendo uso de una dosis de 6 g y 12 g del biosorbente, realizándose los ensayos de espectrofotometría de absorción atómica con el fin de determinar los niveles de concentración del arsénico, antes y después de la aplicación del biosorbente, así también el ATD, ensayos de pH al agua y al biosorbente. De la investigación se concluyó que, el método bioadsorción resulta efectivo para la remoción de arsénico, tal es así que un nivel de concentración de 0.0551 mg/l, se redujo a 0.0307 mg/l, con una dosis de 12 g; ello se explicaría dada la presencia de compuesto, como la celulosa y la pectina, que poseen grupos funcionales activos como los hidroxilos y carboxilos respectivamente, susceptibles de unirse a los iones metálicos; así mismo se vio favorecido por los altos porcentajes de los óxidos de calcio y potasio (39.29% y 33.04% respectivamente), lo que favorece el intercambio iónico, a esto se le sumó, el porcentaje óptimo del pH en el biosorbente.

ABSTRACT

Due to the concern of the current contamination of the Virú river in the province of Virú, La Libertad region, given the existence of arsenic concentration levels unfit for human consumption, the present investigation was aimed at demonstrating that the bioadsorption method, making use of thermally activated orange peel powder, as a biosorbent, is effective in achieving arsenic removal. The investigation was based on a quasi-experimental type design of increasing stimulus, using a dose of 6 g and 12 g of the biosorbent, performing atomic absorption spectrophotometry tests in order to determine arsenic concentration levels, before and after application of the biosorbent, as well as the ATD, pH tests to the water and the biosorbent. From the investigation it was concluded that the bioadsorption method is effective for arsenic removal, such that a concentration level of 0.0551 mg / l was reduced to 0.0307 mg / l, with a dose of 12 g; this would be explained given the presence of a compound, such as cellulose and pectin, which have active functional groups such as hydroxyls and carboxyls respectively, capable of binding to metal ions; Likewise, it was favored by the high percentages of calcium and potassium oxides (39.29% and 33.04% respectively), which favors ionic exchange, to this was added, the optimum percentage of pH in the biosorbent.

ÍNDICE GENERAL

Palabras Claves-Línea de Investigación	i
Título de investigación.....	ii
Resumen.....	iii
Abstract.....	iv
Índice General.....	v
Índice de Anexos	vi
Índice de Tablas	vii
Índice de Figuras.....	viii
Introducción.....	1
Metodología.....	21
Resultados.....	26
Análisis y Discusión	36
Conclusiones y recomendaciones	39
Referencias bibliográficas	41
Agradecimientos	44

INDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1: Análisis de composición química del polvo de cascara de naranja.....	46
Anexo N° 2: Certificado de calcinación de la cáscara de naranja.....	50
Anexo N° 3: Análisis de composición químico de polvo de cascara de naranja	52
Anexo N° 4: Ensayo de pH del polvo de la ceniza de cáscara de naranja	58
Anexo N° 5: Nivel de Arsénico y pH en muestra patrón.....	60
Anexo N° 6: Niveles de arsénico y pH en muestra experimental con 6 g y 12 g de polvo de cascara de naranja	62
Anexo N° 7: Panel fotográfico.....	64
Anexo N° 8: Tablas y figuras como fundamentos teóricos.....	71
Anexo N° 9: Lamina de ubicación del punto de muestreo.....	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Adición de Polvo de Cascara de Naranja.....	2
Tabla 2. Contenido Porcentual de la Cascara de Naranja	7
Tabla 3. Tabla de Elementos Químicos y pH	11
Tabla 4. Análisis de la Composición Química del Polvo de Ceniza de Cascara de Naranja.....	28
Tabla 5. Niveles de pH del Polvo de Ceniza de Cascara de Naranja	28
Tabla 6. Resultados de la Muestra patrón	29
Tabla 7. Nivel de arsénico y pH en muestras experimentales (6 g).....	30
Tabla 8. Nivel de arsénico y pH en muestras experimentales (12 g)	31
Tabla 9. Comparación de la Muestra Patrón con LMP.....	33
Tabla 10. Cuadro de Resumen de Valores Obtenidos	33
Tabla 11. Límites Máximos Permisibles del Agua	35
Tabla 12. Resumen de Reacción de la Remoción de Arsénico	72
Tabla 13. Concentraciones Máximas Permisibles de Arsénico (mg/l) según los Estándares	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Enlace Químico de la Celulosa.....	8
Figura 2. Enlace Químico de la Hemicelulosa.....	8
Figura 3. Enlace Químico de la Pectina.....	9
Figura 4. Presencia de Especies de Arsenico en Agua en el Sistema AS-02-H2O A 298.15K(25°C) y 1 ATM(12)	13
Figura 5. Curva de Pérdida de Masa Análisis Termogravimetro.....	26
Figura 6. Curva Calorimetrica DSC (Curva de Calor Adsorbido).....	27
Figura 7. Escala del Potencialde Hidrogeno.....	29
Figura 8. Nivel de Arsenico Experimental (6 g).....	30
Figura 9. Potencial de Hidrogeno (pH) de la Muestra Experimental (6 g).....	31
Figura 10. Nivel de Arsénico Experiencia (12 g)	32
Figura 11. Potencial de Hidrogeno (pH) de Muestra Experimental (12 g).....	32
Figura 12. Remoción de Arsénico Comparación con la Muestra Patron.....	34
Figura 13. Comparación de Potencial de Hidrogeno (pH) del Patrón y Experimental.....	34
Figura 14. Complejo de Citrato de Hierro	72
Figura 15. Producción de Fruto Cítricos	74
Figura 16. Producción de Cascara de Naranja en el Perú	74

I. INTRODUCCIÓN

De las investigaciones encontradas se tomó en cuenta los trabajos más trascendentales a esta investigación de nivel internacional disponemos de la siguiente investigación Peng, Y. Xiao, H, Chen, H. (2013) desarrollaron el tema de “Eliminación de Arsénico de las Aguas Residuales mediante el Pretratamiento de la Cascara de Naranja”.

El objetivo del trabajo es verificar el uso del polvo de cascara de naranja como material de remoción de arsénico de aguas residuales en china.

En el Perú no está muy la bioadsorción de arsénico con cascara de naranja. En el artículo presentado se da una bioadsorción de arsénico con excelentes resultados como explicamos.

Nos muestra en las ocho muestras experimentales utilizando 1gr de polvo de cascara de naranja aumentando sucesivamente, con una revolución por minuto (RPM) 150 con un tiempo de 30 minutos y a una temperatura estándar de 25C° nos muestra su pH varía entre 5,0- 6,5 la remoción de arsénico fue entre 60% a 95%.

En la investigación de Khaskeli, Memon, Siyal y Khuawar (2011) en el artículo de investigación de Kasi Institute of Chemistry, University of Sindh Jamshoro, Pakistan.” Uso de Residuos de Cascara de Naranja para la Remoción de Arsénico en Agua Potable”

La investigación concluye la eficacia de remoción de arsénico con un bioadsorbente innovador y nos muestra como resultado que contralando el tiempo de contacto y tamaño de la muestra.

Se concluye la mejor dosificación 200mg/20ml y el tamaño de la partícula con mayor remoción fue utilizado con la malla 100. Nos muestra la capacidad máxima de captación de arsénico a pH. 7 y la velocidad optima de agitación de 150 rpm.

En la investigación de Vera (2009) en la tesis de investigación de la Universidad de Autónoma Agraria Antonio Narro, México.” Remoción de Arsénico del Agua Residual Industrial de Proceso Mediante el Método de Bioadsorción”

El objetivo de este estudio fue el tamaño de la partícula de la cascara de naranja y analizar el porcentaje de remoción de arsénico.

Tabla N°1: Adición de Polvo de Cascara de Naranja

Parámetros o variables	Numero de muestras							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Ph	5.5	5.5	5.5	5.5	2	2	2	2
Tamaño de partícula (mm)	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Concentración del metal (ppm)	90	90	90	90	90	90	90	90
Cantidad de cascara (g)	0.3	1	0.5	0.8	0.5	0.8	0.3	1
Tiempo de contacto (h)	4	2	4	2	2	4	2	4
Temperatura (°C)	22	22	22	22	22	22	22	22
Intensidad	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8

Fuente: Vera (2009).

En la investigación de Ordoñez, A. (2014). En la tesis de titulación de la universidad Técnica de Machala, Ecuador. “Bioadsorción de pb y cr Mediante Utilización de Cascara de Naranja (citrus sinensis) molida, machala.”

Establecer la operatividad de la cascara de naranja para la remoción de arsénico del agua residual industrial, aplicando un procedimiento natural.

El nivel de dicha investigación fue experimental, con la cual se llegó a las siguientes conclusiones:

Se evidencia el predominio en la concentración de biomasa en todas las ocurrencias, la cantidad de metal absorbido acrecienta rápidamente al aumentar la relación sólida/liquido hasta una relación de 16g/L.

El mayor porcentaje de remoción en Cr es de un 91.6% siendo su composición

4g/L de cascara de naranja molida con una dimension de partícula de 400 µm.

En esta investigación nos da como conclusión a mayor cantidad de bioadsorbente mayor remoción de Cr y otros metales pesados nos una noción de poder subir nuestros niveles de gramos de nuestro material bioadsorbente.

En la investigación de Zapana, R. (2016). En la tesis de titulación de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann-Tacna. “Estudio de Remoción de arsénico del agua del rio sama – Tacna, Empleando Fe^o y ácido cítrico”.

Determinar la situación más adecuadas y la relación de hierro cero, junto al ácido cítrico y tiempo de contacto elabora una mayor eficiencia en la remoción.

El nivel de dicha investigación fue experimental, con la cual se llegó a las siguientes conclusiones:

Las mejores condiciones para obtener los mayores niveles de remoción de arsénico se utilizó las siguientes cantidades superiores a 1,6 gramos de gotas de limón y 1.6 gramos de lana de acero por litro de agua de rio bajo agitación constante a 40 rpm mientras un tiempo mayor a 230 min.

Seguidamente se agita la muestra patrón, linealmente la etapa de filtración se acorta la concentración de arsénico por debajo de 0,01 mg/L o 10 ug/l, partiendo de aguas con contenidos de arsénico de 0.37mg/L o 370 ug/L.

Nos muestra los siguientes valores mayores al 96% , con esto se concluye la eficacia de remoción de arsénico utilizando este método de investigación.

En la investigación de Torres S. (2020). En la tesis de la Universidad San Pedro – Chimbote. “Remoción de arsénico mediante un biofiltro utilizando ceniza de cascara de naranja (Citrus Cinensis) en las aguas del Río Santa - Ticapampa – 2020”.

Determinar la efectividad de la ceniza de la cascara de naranja usándolo como biofiltro en la remoción de arsénico.

El nivel de dicha investigación fue experimental, con la cual se llegó a las siguientes conclusiones:

La mayor efectividad de la remoción de arsénico fue la temperatura de 370 °C, el tiempo de 120 minutos de acuerdo al Análisis Térmico Diferencial (ATD).

Lo cual demuestra la efectividad de la ceniza de la cascara de naranja, obteniendo valores mayores al 95%.

Actualmente, una de las principales preocupaciones que se tiene con el medio ambiente es el alto índice de contaminación que existe tanto en el aire como en el agua, esto trae como consecuencia enfermedades como el cáncer. Si bien es cierto, el desarrollo industrial y tecnológico nos facilitó muchas cosas; pero a su vez se eliminaba los desechos.

Este problema no es solo de las fábricas; sino que también el arsénico lo podemos encontrar en los volcanes o los yacimientos mineros, esta es otra forma en la que se contamina el agua y las consecuencias son las intoxicaciones, también es muy frecuente la mezcla del arsénico con el agua cuando se extrae el agua subterránea, como ejemplo tenemos los casos que sucedieron en Bangladés, en este país se dio una intoxicación masiva debido a la construcción de pozos subterráneos, el agua que fue almacenada estaba contaminada con arsénico. Estos casos no solo se dan en países en vías de desarrollo; sino que también se presentó un caso de intoxicación en España.

En muchos países la contaminación ambiental es un tema de suma importancia como por ejemplo en Argentina se ha investigado que, en algunas partes del territorio argentino, los pobladores toman dosis que exceden más de 30 veces los valores máximos permitidos.

En base a lo anterior, en el país de México se ha encontrado arsénico en aguas subterráneas que se emplea para abastecimiento de los pobladores, como en las regiones de Delicias-Meoqui; Zimapan, Hidalgo; la comarca lagunera comprendida en los estados de Coahuila y Durango; en Acámbaro, Guanajuato; en Zacatecas, Zacatecas; en Jimenez en Chihuahua y Huautla, Morelos, sitios donde elevada concentración de arsénico de 1.0 mg/l. (Avilés Flores et al. s/f).

En el Perú se establecido y ajustado los vertimientos en algunos receptores por la gran contaminación de los recursos hídricos. El gobierno peruano empezó a laborar la gestión integral ambiental y recursos hídrico, dando como efecto la promulgación: “Ley de Recursos Hidricos”; la Autoridad Nacional del Agua toma protagonismo. (ANA, 2013).

De acuerdo con el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, los nuevos estándares se clasifican de la siguiente manera (Ver anexo 7):

Categoría 1: Agua para uso poblacional y recreacional

Categoría 2: Actividades marino costeras

Categoría 3: Riego vegetal y bebida de animales

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

En Perú se realizó un estudio para medir el nivel de arsénico del agua subterránea y superficial, como resultado se obtuvo que el 86% de las muestras tomadas superan el 0.01 mg/l, que es lo permisible por la OMS. Además, se tuvo que el 56% de muestras sobre pasan los 0.05 mg/l (OMS, 2014).

En Tacna y Moquegua están ubicados frente al mar por las minas de cobre de Toquepala; en los ríos tales como Santa, Mantaro, Rímac, el lago de Junín y ríos cercanos a centros mineros. De estos centros mineros y plantas concentradoras mencionados son responsables de la contaminación. Los centros mineros más importantes comprenden los siguientes elementos tales como: fierro, arsénico, zinc, plomo, mercurio y otras sustancias altamente toxicas para la vida animal, vegetal y seres humanos. En Tacna, Madre de Dios son lavaderos de oro y mercurio lo más preocupante que estos establecimientos mineros quedan ubicados cerca a centros acuíferos.

El río Virú se extiende por las provincias de Julcán, Trujillo y Virú se encuentra contaminado por contaminantes, esto se da porque cerca a los afluentes del río Virú se han formado botaderos de residuos sólidos, también el vertimiento de

aguas residuales domésticas sin tratamiento previo alguno o con tratamiento inadecuado. De esto se identificó que los pobladores cercanos al río (principalmente agricultores) consumen esta agua contaminada sin ningún tipo de tratamiento.

La Autoridad Nacional del Agua (ANA) realizó un estudio para saber la contaminación de los ríos a nivel nacional, los estudios revelaron que en su mayoría se encontró coliformes producto del vertimiento de aguas residuales; así mismo, se encontró la presencia de cobre, zinc, hierro, arsénico, cadmio, níquel y plomo. Dentro de la larga lista de los ríos contaminados por arsénico se encuentra el río Virú (El Comercio, 2016).

A causa de estos problemas, la FAO (la organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Cultura) en cooperación con OMS (la Organización Mundial de la Salud) determinaron que el nivel de arsénico máximo permitido en el agua es de 10 $\mu\text{g/l}$ (equivale a 0.01 mg/l), antes se permitía 50 $\mu\text{g/l}$ (OMS, 2014).

Uno de los problemas muy frecuentes de poblaciones expuestas a niveles altos de arsénico inorgánico causa varios problemas de salud como infertilidad y aborto en mujeres, protuberancia en la piel, disminución en la resistencia a infecciones, alteración en el corazón y daño en el cerebro tanto en mujeres como en hombres de cualquier edad. En conclusión, el ADN puede ser dañado por el arsénico inorgánico. Por otro lado, el arsénico orgánico no puede causar cáncer, ni tampoco daño al ADN. Sin embargo, exponiendo a un individuo a dosis elevadas de arsénico orgánico puede ser perjudicial sobre la salud humana, tales como dolores de estómago y lesión de nervios. Michoacán (2015).

Hoy por hoy en nuestro país existe un notorio aumento de comercio de jugo de naranja donde hay expectativa la utilización de los residuos generados por este comercio, en estos momentos no hay utilidad y reutilización especial de estos residuos; entre los residuos encontramos lo que frecuentemente se nombra cascara de naranja que está constituida por dos partes claramente visibles, el albedo (parte interna esponjosa de color blanco) y el flavedo (parte externa de color amarillo), el

albedo es de suma importancia en los estudios sorción puesto que implica pectina en su estructura química en conjunto con las uvas y manzanas se conceptúan como potenciales materiales sorbentes, siembargo además se considera que el fruto cítrico es la más eficiente entre las otras.

La cáscara de naranja es un biomaterial que puede ser utilizado para la remoción de metales pesados por medio bioadsorción, en este proceso actúa en tiempos cortos de contactos generan efluentes de calidad, con la posibilidad de trabajar en un amplio rango de condiciones. (García, 2010).

La naranja específicamente con su nombre científico como Citrus Sinensis. El fruto con una anchura de 6,5 a 9,5 cm. Las cascaras de naranja era producidas para conseguir las fracciones volátiles y no volátiles de los aceites esenciales y aromas en las bebidas gaseosas, helados, pasteles, ambientadores y productos cosméticos. Como se observa en la tabla N°2, la cascara de naranja tiene una composición de celulosa azúcares esenciales, hemicelulosa y pectina (Foo & Hameed, 2011).

Tabla N°2: Contenido porcentual de la cascara de naranja

COMPONENTES	%
Azúcares Solubles	16,9
Celulosa	9,21
Hemicelulosa	10,5
Pectina	42,25

Fuente: Rincon (2010).

La celulosa es un polímero contiene cadenas largas sin ninguna ramificación de β -D-Glucosa y se distingue del almidón por tener grupos $-CH_2OH$ alternando por arriba y por debajo del plano de la molécula. La poca existencia de cadenas laterales nos permite a las moléculas de celulosa acercarse unas a otras para formar estructuras comprimidas y rígidas (Garces y Coava, 2012).

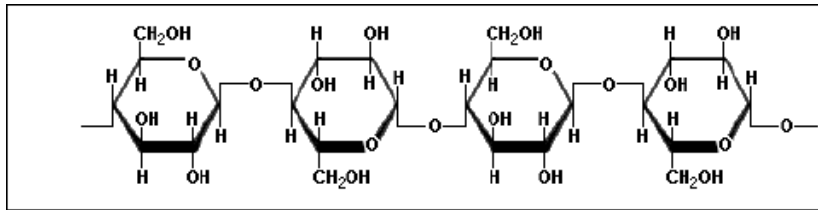


Figura 1: Enlace químico de la Celulosa
Fuente: Garces & Coava (2012)

La hemicelulosa es un polisacárido que constituye las paredes celulares de las plantas además de la celulosa y se puede extraer con una solución alcalina diluida. La hemicelulosa representa aproximadamente un tercio de los carbohidratos en la parte leñosa de las plantas. La conformación química de la hemicelulosa está compuesta por cadenas largas y diversas pentosas, hexosas y sus correspondientes ácidos urónicos. (Garces y Coava,2012).

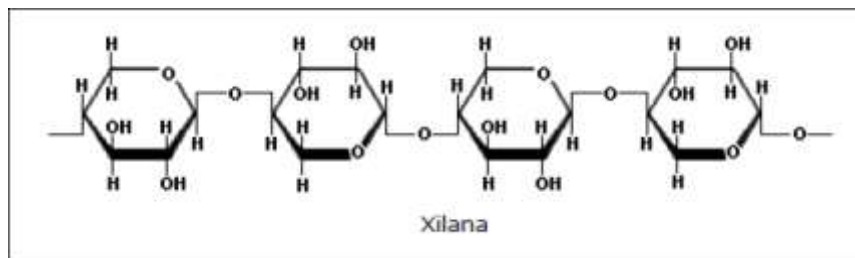


Figura 2. Enlace químico de hemicelulosa.
Fuente: Garces & Coava (2012)

El 30 % de peso seco de la pared celular primaria de células vegetales, los polímeros ácidos y neutros son componentes importantes de la pectina. Determinar la disponibilidad de sustratos enzimáticos y por tanto la porosidad de la pared implicadas en las modificaciones de la misma. Las pectinas también conforman superficies cargadas que regulan el balance iónico y pH (Garces y Coava,2012).

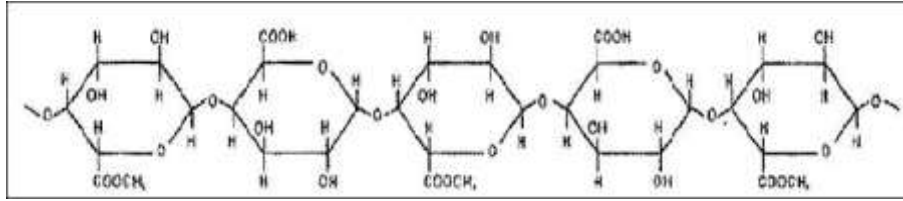


Figura.3: Enlace químico de la Pectina.
Fuente: Garces & Coava(2012).

Uno de los elementos más tóxicos que se pueden encontrar en el mundo es el arsénico, debido a sus efectos tóxicos sobre la salud humana, se producirán en la tierra una pequeña cantidad de enlaces de arsénico inorgánico. Las personas pueden contaminarse con arsénico a través de los alimentos, el agua y el aire, y una persona también puede contaminarse a través del contacto de la piel con tierra o agua que contiene arsénico. Michoacán (2015). El elemento químico, el símbolo es As y el número atómico es 33. En la naturaleza, el arsénico está completamente distribuido (aproximadamente $5 \times 10^{-4}\%$ de la corteza terrestre). Es uno de los 22 elementos conocidos que consta de un solo nucleído estable $^{75}33\text{As}$; su peso atómico es 74,922. 17 otros radionucleidos de arsénico conocidos(Miliarum,2008).

Uno de los elementos más tóxicos que se puede encontrar en el mundo es el arsénico, en vista a los efectos tóxicos para la salud humana, en la tierra se produce pequeñas cantidades de enlaces arsénico inorgánico. La población puede contaminarse con arsénico a través de comida, agua y aire, también se una persona se puede contaminar a través del contacto con la piel con el suelo o agua que contenga arsénico. Michoacán (2015). Elemento químico, cuyo símbolo es As y su número atómico 33. En la naturaleza se encuentra suficientemente distribuido el elemento arsénico (cerca de $5 \times 10^{-4}\%$ de la corteza terrestre). Es uno de los 22 elementos conocidos que se componen de un solo nucleído estable, $^{75}33\text{As}$; el peso atómico es de 74.922. Se conocen otros 17 nucleídos radiactivos de As (Miliarum,2008).

Hay tres alotropos o modificaciones polimórficas del arsénico. La forma cubica amarilla se obtiene condensado vapor a muy baja temperatura. Polimorfo negro b, iso-estructural con fosforo negro. Cuando se calienta o se expone a la luz, ambos reducen a la forma más estable, gris o metálica del arsénico romboédrico. La

forma metálica es un conductor eléctrico y térmico moderado, frágil, fácil de romper y baja ductilidad.

Aunque el arsénico se encuentra generalmente en la superficie de las rocas combinado con azufre o metales como Mn, Fe, Co, Ni, Ag o Sn, naturalmente también se puede encontrar como un mineral de cobalto. El principal mineral del arsénico es FeAsS (pirita de arsénico, piedra en bruto); otros arseniuros metálicos son FeAs₂ (espodumita), NiAs (zeolita de nicotina), CoAsS (cobalto brillante), NiAsS (germanita) y CoAs₂ (Diabasa) mineral. Los arseniatos y tioarsenatos naturales son comunes y la mayoría de los minerales de sulfuro contienen arsénico. El elemento arsénico tiene poca utilidad. Es uno de los pocos minerales con una pureza del 99,9999 +%. En estado sólido, se ha utilizado ampliamente en materiales láser de GaAs y se ha utilizado como promotor en la fabricación de diversos equipos (Miliarum,2008).

El contenido de arsénico en los alimentos es muy bajo, pero el contenido de arsénico en los pescados y mariscos puede ser alto porque los peces y otras especies marinas absorben arsénico del agua en la que moran. Afortunadamente, esta forma de arsénico orgánico es la menos dañina, pero el pescado que contiene grandes cantidades de arsénico inorgánico puede representar un peligro para la salud humana. Para quienes trabajan con arsénico, quienes beben mucho alcohol, quienes viven en casas equipadas con conservantes para madera y quienes viven en granjas que contienen arsénico en pesticidas, la exposición al arsénico puede ser mayor usado el pasado.

La alta tasa de exposición de arsénico inorgánico provocar efectos en la salud tales como la irritación de los intestinos y estómago, reducción de la producción de glóbulos rojos y blancos, alteración en la piel e irritación de los pulmones. No se recomienda tomar una gran cantidad de arsénico inorgánico para aumentar la posibilidad de cáncer, especialmente de piel, pulmón, hígado y linfoma.

En el agua (aguas superficiales y subterráneas), el arsénico suele existir en estados de oxidación de +5 (arsenato) y +3 (arseniato). En aguas superficiales con alto contenido de oxígeno, la especie más común es el arsénico pentavalente o arseniato (As + 5). En condiciones reductoras, generalmente en sedimentos de lagos o aguas subterráneas, predomina el arsénico trivalente o el arsenito (As +

3). El arsénico en H_3AsO_3 , $H_2AsO_3^-$, $H_2AsO_4^-$ y $H_2AsO_4^{2-}$ se encuentran en soluciones en agua natural con un pH de 5 a 9 (Miliarum, 2008).

Una forma estable de arseniato se encuentra en el agua H_3AsO_4 con altos niveles de oxígeno en el rango de pH de 2 a 13. La conversión de As + 3 a As + 5 es muy lenta y viceversa. El compuesto de As + 3 reducido se puede encontrar en el medio oxidante, y el compuesto de As + 5 oxidado se puede encontrar en el medio reductor.

Los reinos de flora, fauna y microorganismo pueden transmutar todos estos químicos de arsénico inorgánico en compuestos orgánicos (que dañan los átomos de carbono e hidrógeno). Las condiciones propicias para la oxidación química y biológica del arsénico conducirán a cambios en las especies pentavalentes, por el contrario, las que propician la reducción cambiarán el equilibrio a un estado trivalente.

En agua con alto contenido de oxígeno, (As + 5) (como H_3AsO_4) es estable en el rango de pH de 2 a 13 en comparación con las sustancias anteriores. Arseniato (As + 5) y arsénico (As + 3), debido a la existencia de dobles enlaces, el arsénico tiene una mayor capacidad de ionización. Las moléculas que han perdido iones de hidrógeno debido a la disociación permanecen cargadas negativamente y forman los siguientes aniones

Tabla N° 3: Tabla de elementos químicos y pH

Ph	0-9	10-12	13	14
As^{+3}	H_3AsO_3	H_2AsO_3	$H_3AsO_3^{-2}$	AsO_3^{-3}
Ph	0-2	3-6	7-11	12-14
As^{+5}	H_3AsO_4	$H_2AsO_4^{-}$	$H_3AsO_4^{-2}$	AsO_4^{-3}

Fuente: Miliarum, 2008

Como resultado de la disociación del ácido arsénico característico en aguas subterráneas con un pH superior a 7

En condiciones hipóxicas, incluso cuando el pH es superior a 7, el arsénico puede estabilizarse en sustancias dominantes no iónicas. El arsénico y el arsénico se disocian a diferentes valores de pH. En el rango de pH del agua natural de 6,5 a 8,5, el arseniato y el arsenito son las formas principales. La principal vía de difusión del arsénico en el medio ambiente es el agua. Incluso considerando la precipitación, la solubilidad del arsénico y el arsénico es suficiente para que el elemento sea transportado en sistemas acuáticos. El contenido de arsénico en el agua dulce natural varía mucho y puede depender de la forma de arsénico en el suelo local.

Los controladores por condiciones redox (potencial redox, Eh) y Ph son los encargados de la oxidación del arsénico y movilidad. De hecho, dado que el arsénico es móvil al pH típico del agua subterránea (pH 6,5-8,5), el arsénico es un elemento único entre los elementos formadores de aniones de oxígeno y metales pesados. A modo de aproximación, sin considerar otros factores como el contenido orgánico, en condiciones de oxidación el As (V) es más predominante que el As (III), y existe básicamente en forma de $H_2AsO_4^-$ a pH bajo (menor que 6.9), y a valores de pH más altos, la especie dominante es $HAsO_4^{2-}$ en condiciones extremadamente ácidas, y la especie dominante es $H_3AsO_4^0$ en condiciones extremadamente alcalinas (Figuras 2 y 3 (a)). En condiciones reductoras con un pH inferior a 9.2, predominarán las sustancias neutras (Lilo 2003).

La abundancia de las especies de arsénico uno sobre la otra, es debido al pH del agua y al potencial redox. A valores de pH altos (superiores a 8,5), el arsénico se desorberá del suelo o evitará que se reabsorba. El arsénico pentavalente es dominante en condiciones oxidantes y las condiciones oxidantes ocurren en las aguas superficiales. En condiciones reductoras (agua subterránea) se encontró una gran cantidad de arsénico trivalente, el comportamiento se muestra en la Figura 1 (Smedley y Kinniburgh, 2002).

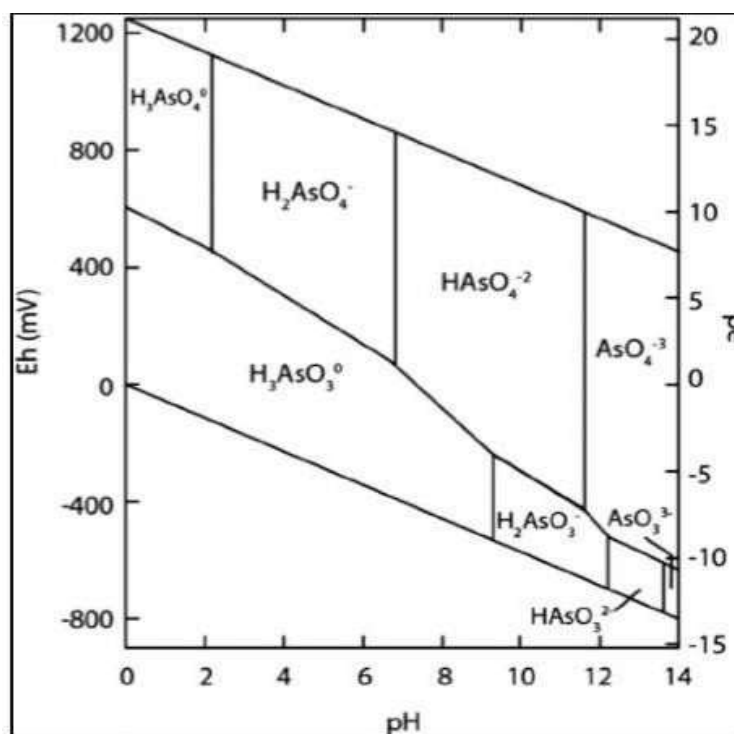


Figura 4. Presencia de especies de arsénico en agua en el sistema As-O₂-H₂O a 298,15 K (25 °C) y 1 atm
Fuente: Smedley & Kinniburgh, 2002.

El intercambio de iones es un proceso físico y químico en el que los iones de una especie determinada son reemplazados de materiales de intercambio insolubles (resinas) por otros iones en la solución. Puede eliminar eficazmente el arsénico en el rango de pH de 8 a 9. Sin embargo, el selenio, el fluoruro, el nitrato y los sólidos disueltos totales pueden competir con el arsénico y afectar la duración del proceso. Las contemplaciones de este procedimiento incluyen iones competidores, pH tipo de resina, alcalinidad, acumulación de arsénico en el agua afluyente, configuración de resina y regenerante usado, efectos secundarios de la calidad del agua y parámetros de diseño del agua.

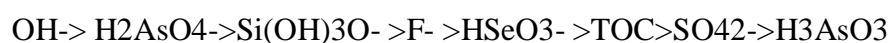
Las resinas de intercambio iónico básicas adsorben iones en el siguiente orden de prioridad: $HCrO_4^-$ > CrO_4^{2-} > ClO_4^- > SeO_4^{2-} > SO_4^{2-} > NO_3^- > Br^- > (HPO_4^{2-} , $HAsO_4^{2-}$, SeO_3^{2-} , CO_3^{2-}) > CN^- > NO_2^- > Cl^- > ($H_2PO_4^-$, $H_2AsO_4^-$, HCO_3^-) > OH^- > CH_3COO^- > F^- (AGUILAR, 2005).

La coagulación y / o filtración es un proceso de tratamiento en el que se neutraliza

la carga de la sustancia coloidal disuelta o suspendida mediante la adición de sustancias insolubles en agua, de modo que se puedan formar y eliminar partículas o aglomerados más grandes por precipitación o filtración.

El tipo y la dosis del coagulante y el valor del pH afectan la eficiencia del proceso. El rendimiento de sulfato de aluminio es ligeramente inferior al del sulfato de hierro. A un valor de pH de 7,6 o inferior, la eficiencia de eliminación de los dos coagulantes es la misma, pero a un valor de pH inferior a 7,6, el efecto de eliminación del sulfato de hierro es mejor. Se ha determinado que a una dosis superior a 20 mg / L de cloruro férrico o 40 mg / L de sulfato de aluminio, se puede eliminar más del 90% de As + 5. En el coagulante de dosis baja, la eliminación de As + 5 es menor (AGUILAR, 2005).

La alúmina activada es un intercambio iónico en el que los iones presentes en el agua son adsorbidos por la superficie oxidada de la alúmina activada. Es altamente selectivo en la remoción de As + 5 y es efectivo en el tratamiento de agua con alto contenido de sólidos totales. El selenio, el fluoruro, el cloruro y el sulfato pueden interferir con la superficie de adsorción de la alúmina activada. Este método tiene una mayor tasa de eliminación de arsénico a pH 8.2. Además de otros iones competidores, la alúmina activada también adsorbe preferentemente $H_2AsO_4^-$ (As + 5) en lugar de H_3AsO_3 (As + 3), como se muestra a continuación:



Dado que la adsorción tiene muchas ventajas en comparación con otras tecnologías, actualmente se está aplicando la adsorción para eliminar el arsénico del agua potencialmente apta para el consumo humano (Dambies, 2005).

Mohan y Pittman realizaron una revisión exhaustiva de más de 600 sólidos adsorbentes utilizados en la eliminación de arsénico. Este trabajo analiza las ventajas y desventajas de diferentes materiales, así como diferentes variables operativas que inciden en el proceso de adsorción. Los principales adsorbentes para la eliminación de arsénico son el óxido de hierro, el hidróxido de hierro modificado, el óxido y el hidróxido de aluminio. Los materiales de sílice, carbono

o polímeros orgánicos también se han utilizado como adsorbentes o como vehículos para grupos funcionales específicos. Algunos materiales adsorbentes de bajo costo preparados a partir de cáscara de coco, madera, lignina, coque de petróleo, etc., como el carbón activado, también se han estudiado ampliamente como un método alternativo para eliminar el arsénico de las corrientes de agua. (Gu et al, 2005; Chuang et al, 2005). Los materiales adsorbentes también pueden ser de origen natural o mineral, como caolinita o feldespato, aunque su nivel de aplicación y desarrollo es menor que los materiales sintéticos.

Al analizar la producción de estas frutas (naranja, uva, manzana) en China, se encontró que la producción de naranjas excedía la producción de uvas y manzanas (ver anexo 7); además, hay que indicar que es más fácil obtener los desechos de la naranja a comparación de las demás frutas.

Para la investigación es importante conocer la producción nacional de la naranja, se tiene como dato que la producción de naranja fue de 441.125 toneladas el año 2013, lo que significa que fue superior en un 2,89% a la producción del año 2012. Como se puede observar en el gráfico (ver Anexo 7), la producción ha ido aumentando, aunque no de manera ininterrumpida, debido a que los niveles de producción en 2007 y 2009 disminuyeron levemente (2,71% y 0,63%, respectivamente).

Ante esta realidad mostrada, se tiene como finalidad de remover arsénico usando cenizas de cáscara de naranja activadas térmicamente, debido a que gran parte del río Virú tiene contaminante altamente tóxico para la vida humana, flora y fauna. Para esto, se hizo uso de un prototipo, el cual nos permitió probar que se puede realizar la adsorción de arsénico en el agua.

La importancia de este trabajo es que el bioadsorbente redujo la cantidad de arsénico en el agua, esto evita enfermedades cancerígenas causadas por este metal pesado y evitar el deterioro del ecosistema de los ríos contaminados por estos metales.

Hay en entorno a nivel mundial de 14 tecnologías para eliminar el arsénico del agua con eficiencia que van desde 70% hasta 99% (Castro-de-Esparza, 2006).

Entre los cuales tenemos a la precipitación química, filtración, intercambio iónico, tratamiento electroquímico, membrana de adsorción, adsorción sobre carbón activado, evaporación, etc. Sin embargo, el tratamiento electroquímico y precipitación son infructuosos, particularmente cuando la concentración de los iones del metal en solución acuosa oscila entre 1 a 100 mg/l, y también producen gran cantidad de lodos necesarios para tratar con gran dificultad. Sin embargo, muchos de estos métodos tienen un costo elevado, lo que hace difícil su aplicación a gran escala (Wang y Chen, 2009).

Además, no hay un solo proceso con la capacidad de lograr la calidad del agua deseada debido a la compleja naturaleza de las aguas residuales por lo que, a menudo se utiliza una combinación de diferentes procesos en busca de la opción más económica (Olguín y Sánchez-Galván, 2012).

Una alternativa al método tradicional de tratamiento de aguas residuales que contiene metales pesados es la adsorción biológica, que es un tipo específico de adsorción, en la que la fase sólida se denomina biosorbente. Los biosorbentes son materiales de origen biológico, que tienen propiedades de adsorción e intercambio iónico, y tienen las características de alta retención de metales, lo que puede reducir su concentración en la solución al nivel de ppb ($\mu\text{g} / \text{dm}^3$). Esta es una tecnología que se puede utilizar para emplear exorbitantes cantidades de aguas residuales complejas con bajas concentraciones de metales (Ríos, 2015).

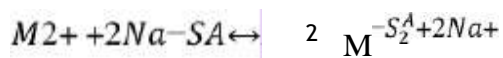
Actualmente hay cuatro formas de minimizar la exposición al arsénico en el agua potable, incluida la sustitución de las fuentes de suministro con altos niveles de arsénico. Por ejemplo, el agua subterránea de una fuente de suministro con bajo contenido de arsénico y microbiológicamente segura; el agua superficial también debe tratarse adecuadamente. Los métodos que permiten la eliminación de arsénico incluyen oxidación, precipitación por condensación, absorción, intercambio iónico y diversas tecnologías de membranas (Gustavo & Gonzales, 2014).

Los grupos funcionales reconocen al mecanismo de biosorción en la superficie de la biomasa, la categoría de la matriz y el metal que rodea el material de biosorción. La temperatura, el pH, la concentración inicial de metales y la dosis

de biomasa son los determinantes de la biosorción.

La complejidad de la estructura biosorbente significa que hay muchas formas de capturar contaminantes. El mecanismo de biosorción varía y depende de la sustancia a retener y del material adsorbente, respectivamente. En muchos casos, el mecanismo que ocurre durante el proceso de biosorción no es fácil de explicar. Este proceso continúa hasta que se alcanza el equilibrio.

El intercambio de iones implica reemplazar los iones originalmente presentes en la superficie sólida con iones de la misma carga presentes en los senos nasales. Disuelto. Este intercambio está controlado por reacciones químicas reversibles y estequiometría. En el caso de un sólido con iones de sodio en la estructura, el diagrama esquemático del equilibrio de intercambio catiónico es el siguiente:



Entre ellos, M^{2+} representa un catión metálico y SA representa un centro aniónico monovalente en una estructura sólida (Ríos 2015).

Se trata de un procedimiento fisicoquímico de intercambio iónico cambiante entre las fases solida y liquida, en el que no queda ninguna variación permanente en la estructura de la fase sólida. Las resinas de intercambio iónico están compuestas por una matriz polimérica reticulada, y los grupos funcionales cargados se adhieren a la matriz a través de enlaces covalentes. Los enlaces covalentes se pueden dividir en ácidos fuertes, ácidos débiles, bases fuertes y bases débiles (Mercado 2013).

El presente proyecto investigó la parte hidráulica ambiental y económica; dado que es un proyecto innovador que benefició al centro poblado de Virú y anexos, dado que la cáscara de naranja se cultiva abundantemente en Perú y no tiene un uso específico por lo que la cáscara de naranja es un biomaterial económico debido a su abundancia, no genera contaminación y sobre todo es un recursos naturales renovable, se optó por el uso de la cascara de naranja como alternativa de adsorción de arsénico.

FORMULACION DEL PROBLEMA

En función a todo lo mencionado se formula el problema de investigación:

¿Cuál será el nivel de eficiencia de remoción de Arsénico en soluciones de agua del río Virú, utilizando 6 gr y 12 gr de polvo de cáscara de naranja (citrus sinensis)?

CONCEPCION Y OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES:

VARIABLE INDEPENDIENTE:

POLVO DE CASCARA DE NARANJA

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
Polvo de cáscara de naranja	Productos de la combustión vegetal y mineral expuesta a temperaturas para la activación térmica (carbón activado)	Se determinará la composición química mediante el análisis de Fluorescencia de Rayos X – FRX	gr./L

DEFINICION CONCEPTUAL

Productos de la combustión vegetal y mineral expuesta a temperaturas para la activación térmica (carbón activado)

DEFINICION OPERACIONAL

Se determinará la composición química mediante el análisis de Fluorescencia de Rayos X – FRXDE.

DIMENSIONES

DOSIFICACION DE POLVO DE CASCARA DE NARANJA

La dosificación del polvo de cascara de naranja se tomó en cuenta la relación mg/L tomado de Khaskheli, Memon, Siyal & Khuhawar (2011), en el cual establece una relación de 10 mg/ml. Para lo cual las dos soluciones experimentales quedan de la siguiente manera:

Se adicionará 6 gr/L y 12 gr/L de solución de agua del río Virú, para poder verificar el comportamiento del volumen del adsorbente en la remoción de Arsénico.

INDICADORES:

- gr/L

VARIABLE DEPENDIENTE:

NIVEL REMOCION DE ARSENICO

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
Nivel de Remoción de Arsénico	Reducción del Arsénico, elemento químico metálico que tiene una relativa alta densidad y es tóxico o venenoso en concentraciones bajas	Se determinará la cantidad de remoción en laboratorio mediante análisis de barrido de metales	mg/L %

DEFINICION CONCEPTUAL:

Se define como el nivel de concentración o grado de Arsénico (As) presente en el agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor. En el caso del agua, está es causada por actividades antropogénicas y/o naturales que generan aguas residuales contaminadas con metales pesados entre los cuales se encuentra el Arsénico, estas aguas residuales son vertidas a los cuerpos de agua superficial (ríos, lagos, lagunas y mar) sin tratamiento alguno. Comercio (2014).

DEFINICION OPERACIONAL:

El nivel remoción de arsénico es medido en miligramos por litro (mg/L) o partículas por millón (ppm) antes y después se coloca la ceniza de cascara de naranja en el cuerpo de soluciones de agua contaminada.

El instrumento utilizado para la medición será la espectrofotometría de absorción atómica, que puede medir la concentración de metales pesados en el agua.

DIMENSIONES:

Espectroscopia de absorción atómica: La espectroscopia de absorción atómica (la espectroscopia de absorción atómica se suele llamar espectroscopia AA o AAS) es espectroscopia atómica y espectrometría de masas atómicas. La composición de la muestra debe convertirse en átomos determinables o iones gaseosos mediante emisión, absorción, fluorescencia o Medición de espectro de calidad. La precisión y exactitud del método atómico depende en gran medida del proceso de atomización y del método de introducción de la muestra en el área atomizada (Rocha., E. 200).

El potencial de hidrógeno (Ph) -pH se usa generalmente para determinar si una solución es ácida o básica. Este es un método para medir la concentración de iones de hidrógeno en una solución. Un valor menor a 7 y cercano a cero indica un aumento de acidez, un valor mayor a 7 y cercano a 14 indica un aumento de alcalinidad y un valor de 7 indica neutralidad (León & Lucero 2009).

INDICADORES:

- Porcentaje de remoción de Arsénico (As)
- mg/L

HIPOTESIS

La utilización de 6 g y 12 g de polvo de cáscara de naranja (citrus sinesis) se obtendría un nivel eficiente de remoción de arsénico en soluciones de agua del río Virú

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar el nivel de eficiencia de remoción de arsénico en soluciones de agua del río Virú, utilizando 6 g y 12 g de polvo de cáscara de naranja (citrus sinesis)

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar la temperatura de calcinación mediante el Análisis Térmico Diferencial
- Determinar la composición química del polvo de cáscara de naranja mediante el ensayo FRXDE
- Determinar el pH del polvo de cáscara de naranja
- Determinar el nivel de arsénico y pH de las soluciones de aguas homogéneas extraídas del río Virú.
- Determinar el nivel de eficiencia de remoción del arsénico en las muestras patrón y experimentales.

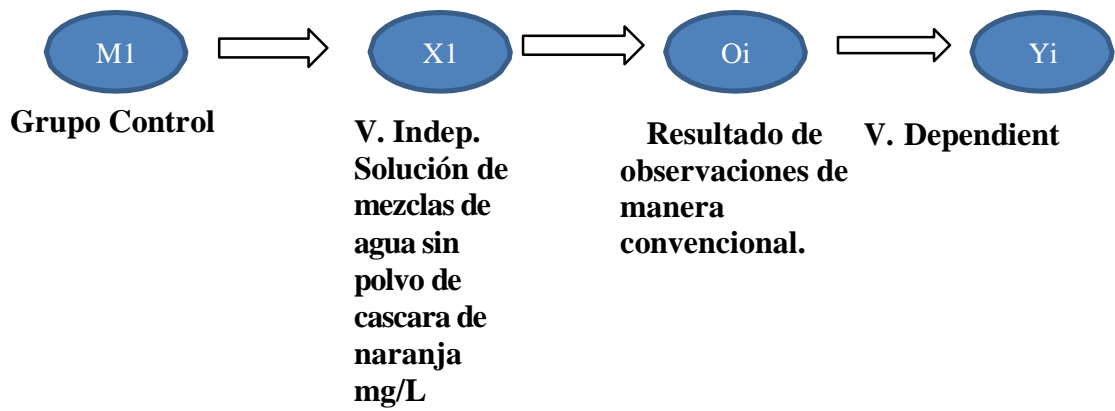
II. METODOLOGÍA

TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación correspondiente es de tipo aplicada, precedentemente los resultados de los mismos serán utilizados para la solución de problemas relacionados a las poblaciones vulnerables que consumen aguas contaminadas con metales pesados sin previo tratamiento.

Según el diseño se trata de una investigación experimental, de tipo cuasi-experimental, teniendo como objetivo determinar el nivel de remoción de arsénico del agua del río Virú al modificar (manipular) la variable independiente, es decir, la cantidad de adsorbente (Ceniza de cascara de naranja); específicamente ello se logró en base al estímulo creciente, pues la concentración de As de 0.0551 mg/l como muestra patrón, fue evaluada en muestras experimentales de 6 gr y 12 gr de polvo de cascara de naranja con tres repeticiones para cada estímulo, mediante ensayos de espectrofotometría de absorción atómica, donde se obtendrá los resultados de dos grupos de estudio denominados: Grupo Control (muestra patrón) y Grupo Experimental (estímulos o dosis de polvo de cascara de naranja).

Siendo el esquema del diseño de investigación el siguiente:



Dónde:

- **M1:** Muestra 1, de 1 Litro de agua sin adición en Grupo control.
- **M2:** Muestra 2, de 1 Litro de agua, adicionando ceniza de cascara de naranja en Grupo Experimental en 6 g.
- **M3:** Muestra 3, de 1 Litro de agua, adicionando ceniza de cascara de naranja en Grupo Experimental en 12 g.
- **X1:** Variable independiente Solución de Agua extraídos del rio Virú.
- **X2:** Variable independiente (Cantidad de polvo de cascara de naranja 6 g en 1 Litro).
- **X3:** Variable independiente Cantidad de polvo de cascara de naranja 12 g en 1 Litro).
- **Y1, Y2, Y3:** Variable dependiente (cantidad de arsénico mg/L en una muestra de agua sin adición).
- **Y1', Y2', Y3':** Variable dependiente (cantidad de arsénico mg/L en una muestra de agua con adición).
- **O1, O2, O3:** Observaciones (resultados) posibles de obtenerse en grupo control.
- **O1', O2', O3':** Observaciones (resultados) posibles de obtenerse en grupo experimental.
- **O1, O2, O3:** Es la información u observaciones recopiladas en cada muestra. De O1 a O2 en el lateral del gráfico, representa la comparación entre cada muestra, estas observaciones se pueden obtener (=), diferentes (\neq) o similares (\approx).

POBLACION Y MUESTRA

POBLACION

Conformada por toda el agua superficial que produce el río Virú en el punto RVirú3; según lo indica en el ANA (2014), en los puntos de monitoreo hay una alta cantidad de concentración de arsénico en el agua, que puede ser perjudicial para el consumo humano.

MUESTRA

En primera instancia, fue preciso determinar la muestra para determinar el nivel de arsénico en el punto RVirú3, para ello, se estableció un plan de muestreo que

responde a criterios de frecuencia de muestreo en el tiempo, a fin de obtener una muestra representativa del nivel de concentración de arsénico en el punto objeto de estudio. Se consideró, muestrear cercano a la estación de verano, desde agosto hasta fines de noviembre de 2017; tomándose muestras mensuales, esto es, en cuatro momentos, con tomas de 3 muestras por momento de un volumen de 500 ml. La media obtenida del plan de muestreo, permitió corroborar la muestra patrón o medición antes de aplicar el biosorbente, la cual fue tomada a inicios de diciembre de 2017; considerando que, si es representativa del punto objeto de estudio, entonces estadísticamente debe ser igual al muestreo realizado.

Lo anterior fue necesario toda vez que, por una limitación de costo, no fue factible aplicar el estímulo para cada una de las doce muestras, necesitándose una muestra patrón de referencia con una única concentración, respecto de la que se tomaron las muestras experimentales a 6 gr y 12 gr del biosorbente en tres repeticiones paracada uno, según normativa. Para determinar la efectividad del mecanismo de remoción de arsénico, se determinó la muestra, esto es, el número derepeticiones por cada estímulo, según la norma técnica peruana ISO 5667-3-2001 (Agua, calidad del agua. Manejo y conservación de muestras), disponiéndose de soluciones de arsénico de 500 ml para cada unidad experimental y de control (1 solución para la muestra patrón o grupo control, 3 soluciones para la muestra experimental a 6 g y 3 más para la muestra experimental a 12 g de polvo de cascara de naranja).

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

Las técnicas e instrumentos de recolección de datos, estuvieron constituidas por la observación de laboratorio y las guías de observación o fichas técnicas de los ensayos a realizar respectivamente.

La guía de observación resumen estuvo constituida por fichas técnicas que permitieron obtener los datos de los ensayos realizados en el laboratorio de Universidad Nacional de Trujillo, Laboratorio COLECBI SAC, Universidad San Pedro y Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Según lo anterior, la investigación controló directamente el fenómeno de estudio, pues se basó en la

aplicación de los siguientes ensayos: desde el ATD (para determinar la temperatura óptima de activación del polvo de cascara de naranja), el de Espectrofotometría de Fluorescencia de Rayos X (para determinar la composición química del polvo de cascara de naranja activado térmicamente, identificando los grupos funcionales superficiales orgánicos, los que se constituyen en datos importantes para conocer la estructura química del bioadsorbente), la prueba de jarras (a fin de realizar el proceso de bioadsorción, según la capacidad coagulante/floculante de la pectina), el de espectrofotometría de absorción atómica (a fin de determinar la concentración del As, antes y después del tratamiento con el polvo de cascara de naranja activado), y los respectivos ensayos de pH de las muestras de agua y del polvo de cascara de naranja.

PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

PROCEDIMIENTO

El procedimiento es según se detalla a continuación, el cual se sustenta en un conjunto de registros, mediante fichas, filmación, acompañadas de un registro fotográfico para ver el desarrollo de las pruebas:

- 1) Recolección de muestras, iniciándose en agosto de 2017, concluyendo la toma de muestras a inicios de diciembre de 2017, a fin de determinar una muestra inicial o muestra patrón.
- 2) Aplicación del ensayo de espectrofotometría de absorción atómica a las 12 muestras y muestra patrón, a fin de determinar los niveles de arsénico
- 3) Aplicación del ensayo de pH a las muestras de agua
- 4) Obtención de la cascara de naranja.
- 5) Tratamiento de la cascara de naranja
- 6) Aplicación del ensayo de ATD de la cascara de naranja.
- 7) Tamizado hasta alcanzar el tamaño de partícula deseado.
- 8) Aplicación del ensayo de espectrofotometría de Fluorescencia de Rayos X para determinar la composición química del polvo de cascara de naranja.
- 9) Aplicación del ensayo de pH al polvo de cascara de naranja.
- 10) Aplicación de los ensayos correspondientes a las muestras de agua experimentales con los ensayos de espectrofotometría de absorción atómica.
- 11) Presentación y análisis de los datos obtenidos de los diferentes ensayos en

respuesta a los objetivos específicos.

ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Análisis descriptivo

Se determinó la media de la concentración de arsénico, resultante del plan de muestreo y de las muestras experimentales; así también, los datos fueron presentados en tablas y gráficos de barra.

III. RESULTADOS

Determinación de la temperatura de calcinación de la cáscara de naranja



Figura 5. Curva de pérdida de masa – Análisis Termo gravimétrico

Fuente: Informe Laboratorio de Polimeros - UNT

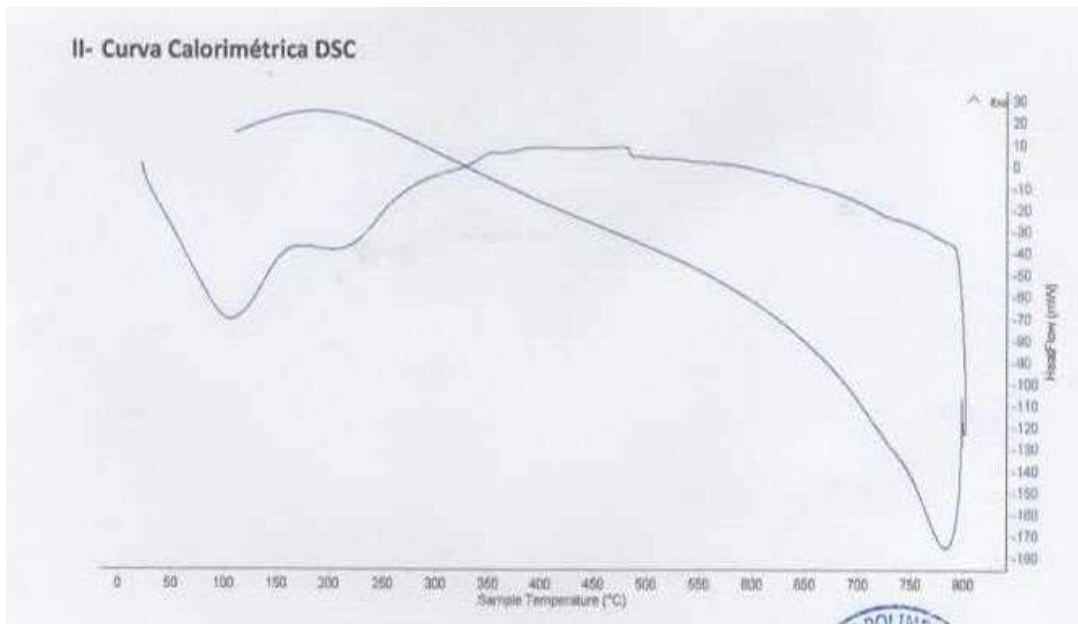


Figura 6. Curva calorimétrica DSC (curva de calor absorbido) de la cáscara de naranja
Fuente: Informe Laboratorio de Polímeros - UNT

Según el análisis Termo gravimétrico se muestra dos caídas de la masa, la primera se da en un rango entre 80 y 120 °C y la segunda se da entre 210 y 370 °C, posteriormente la caída es gradual y lentamente, y llega a perder un total de 76% de su masa inicial aproximadamente cuando se ha alcanzado su máxima temperatura de ensayo.

De acuerdo al análisis calorimétrico, se puede mostrar picos endotérmicos en 110 °C y 210 °C, también se puede evidenciar un pico endotérmico muy ligero a 480 °C, todas estas temperaturas involucrarían cambios estructurales y con ella, en las propiedades del material.

Según los resultados del Análisis Térmico Diferencia ATD, se calcinó la cáscara de naranja a una temperatura de 280 °C, por un tiempo de 120 minutos, realizado en el Laboratorio de la Universidad San Pedro. Con una pérdida del 15.5 gr durante la calcinación por cada 100 gr de cáscara de naranja antes de calcinar.

Determinación de la composición química de la cáscara de naranja

Tabla N° 4: Análisis de la composición química del polvo de ceniza de cáscara de naranja

Composición Química	Porcentaje
Oxido de Aluminio (Al_2O_3)	9.907
Oxido de Silicio (Si_2O)	4.593
Oxido de Fosforo (P_2O_5)	7.919
Dióxido de Azufre (SO_2)	3.500
Dióxido de Cloro (ClO_2)	1.084
Oxido de Potasio (K_2O)	39.294
Oxido de Calcio (CaO)	33.040
Oxido de Magnesio (MnO)	0.050
Óxido de Hierro (Fe_2O_3)	0.276
Óxido de Zinc (ZnO)	0.011
Trióxido de Arsénico (As_2O_3)	0.009
Oxido de Selenio (SeO_2)	0.063
Oxido de Rubidio (Rb_2O)	0.014
Oxido de Estroncio (SrO)	0.034
Oxido de Itrio (Y_2O_3)	0.002
Oxido de Circonio (ZrO)	0.006
Oxido de Bario (BaO)	0.156

Fuente: Laboratorio de Arqueometría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Físicas (12/01/18).

Según los resultados del Análisis de la Fluorescencia de Rayos X – FRX, realizado a las cenizas de la cáscara de naranja, en la Tabla N° 4 se observa que el Óxido de Potasio (K_2O) representa el componente principal que representa el 39.29%, seguido del Óxido de Calcio (CaO) que representa el 33.04%, el Óxido de Aluminio (Al_2O_3) es el tercer componente químico más importante que representa el 9.91%.

Medición del pH en la cáscara de naranja

El potencial de Hidrógeno (pH) de las cenizas de cáscara de naranja, se realizó en el Laboratorio de COLECBI SAC, dando como resultado un pH de 4.42 clasificándose como un pH ácido.

Tabla N° 5: Niveles de pH del polvo de ceniza de cáscara de naranja

Muestra	pH
M-1	4.42

Fuente: Laboratorio de Ensayos Clínicos, Biológicos e Industriales (COLECBI)-01/11/18

Como es de observar en la Figura 7, se verifica un pH favorable para la adsorción de aniones, siendo este 4.2 (el cual se encuentra dentro del intervalo ácido requerido de 1 a 4, según lo afirman diversas investigaciones).



Figura 7. Escala del potencial de hidrógeno

Nivel de arsénico y pH en la muestra Patrón extraída del río Virú

En la Tabla N° 6, se presentan los resultados de la muestra de agua patrón, que fue extraída del río Virú, que contiene 0.0551 gr/L de Arsénico, además de un pH de 8.12. En la Lámina N° 01 de Anexos, se observa el punto de muestreo en el río Virú, localizado en las coordenadas WGS 84 Este 747105 y Norte 9069720.

Tabla N° 6: Resultados de la muestra Patrón

ENSAYOS	MUESTRA PATRÓN RIO VIRU
pH	8,12
Arsénico (mg/L)	0,0551

Fuente: Laboratorio COLECBI S.A.C

Nivel de arsénico y pH en las muestras Experimentales extraídas del río Virú

Una vez determinado la cantidad de arsénico que tiene el agua extraída del río Virú, se aplicó las cantidades de 6 gr/L y 12 gr/L de cenizas de cáscara de naranja, a fin de determinar la eficiencia de remoción del arsénico, considerado como metal pesado.

Tabla N° 7: Nivel de arsénico y pH en muestras experimentales (6 gr)

PARAMETROS	ARSENICO mg/L	Ph
1°-6 g	0.0397	8.17
2°-6 g	0.0401	8.20
3°-6 g	0.0395	8.16
Promedio	0.0398	8.18

Fuente: Laboratorio de Servicios a la Comunidad e Investigación (Lasaci)-UNT (14/12/17)

En la Tabla N° 7, se observan los resultados de la medición de arsénico en 3 muestras testigos del experimental 1, en la que se aplicó 6 gr/L, obteniéndose un promedio de 0.0398 gr/L de arsénico, asimismo el potencial de hidrogeno de las 3 muestras se obtiene un valor promedio de 8.18. Se observa a detalle en las Figuras 8 y 9.

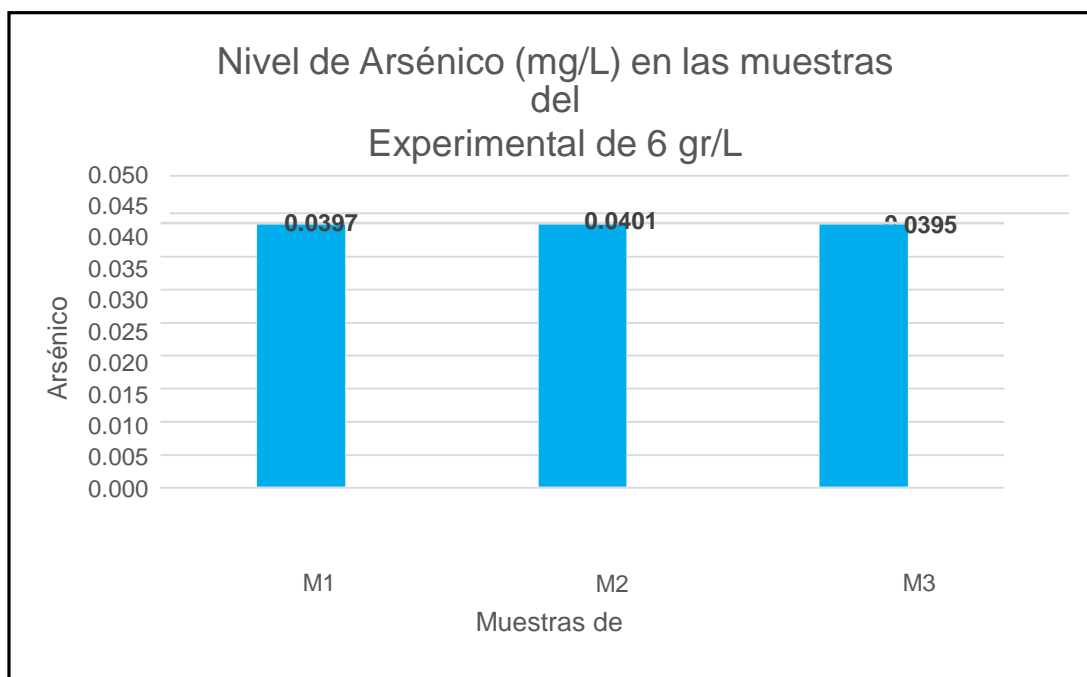


Figura 8. Nivel de Arsénico de la muestra experimental 1 (6 gr/L)

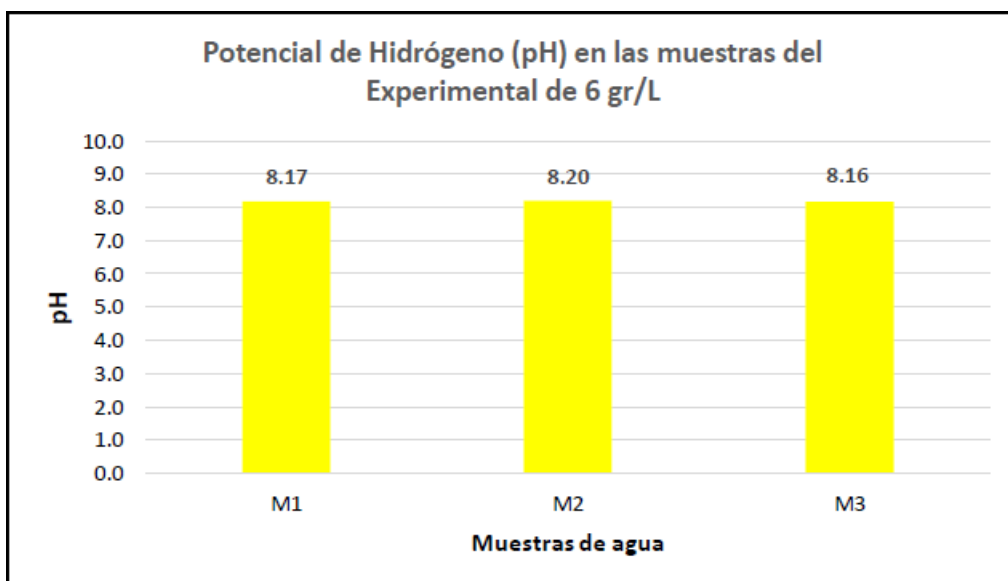


Figura 9. Potencial de Hidrógeno (pH) de la muestra experimental 1 (6 gr/L)

En la Tabla N° 8, se presentan los resultados de la medición de arsénico en 3 muestras testigos del experimental 2, en la que se aplicó 12 gr/L, obteniéndose un promedio de 0.0307 gr/L de arsénico, asimismo el potencial de hidrogeno de las 3 muestras se obtiene un valor promedio de 7.90. Se observa a detalle en las Figuras 10 y 11.

Tabla N° 8: Nivel de arsénico y pH en muestras experimentales (12 g)

PARAMETROS	ARSENICO mg/L	Ph
1°-12 g	0.0309	7.90
2°-12 g	0.0301	7.88
3°-12 g	0.0311	7.92
Promedio	0.0307	7.90

Fuente: Laboratorio de Servicios a la Comunidad e Investigación (Lasaci)- UNT(14/12/17)

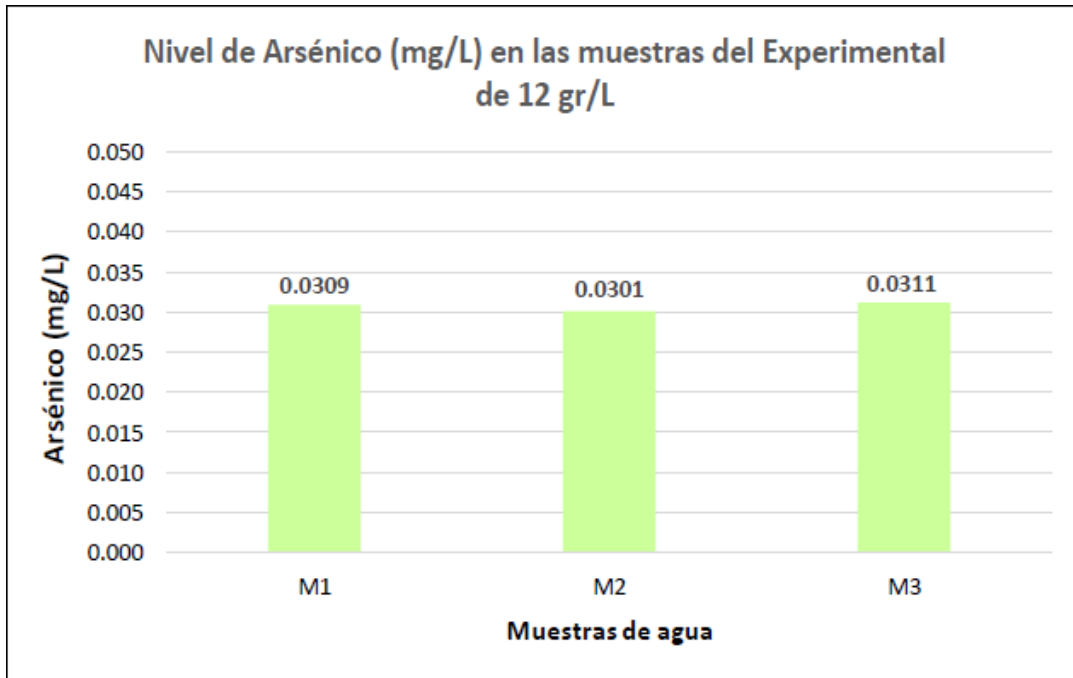


Figura 10. Nivel de Arsénico de la muestra experimental 2 (12 gr/L)

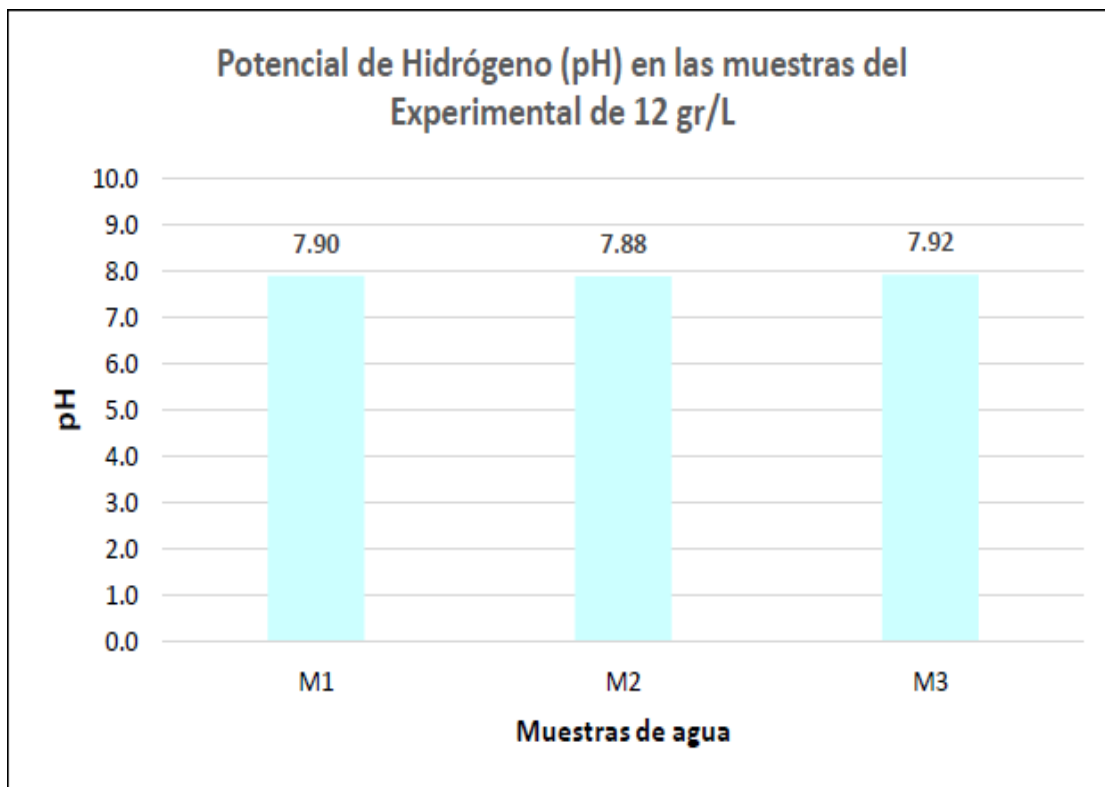


Figura 11. Potencial de Hidrógeno (pH) de la muestra experimental 2 (12 gr/L)

Comparación con los Límites Máximos Permisibles Nivel de arsénico y pH en las muestras Experimentales extraídas del río Virú

En la Tabla N° 9, se presenta la comparación de los resultados de la muestra patrón en comparación con los límites máximos permisibles (LMP), en la que se observa que el nivel de arsénico de la muestra extraída del río Virú está por encima del valor LMP que establece el Ministerio de Salud como el Ministerio del Ambiente.

Tabla N° 9: Comparación de la muestra patrón con los LMP

ENSAYOS	MUESTRA PATRÓN RIO VIRU	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE (MINSa)	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE (MINAM)
pH	8.12	6.5 a 8.5	6.5-8.5
Arsénico (mg/L)	0.0551	0.01	0.01

Fuente: Laboratorio COLECBI S.A.C

Del cuadro N° 10, se tiene que los niveles de concentración del Arsénico, disminuyó de 0.0551 gr/L a 0.0398 gr/L, como resultado de la disolución de 6 gr de polvo de cascara de naranja. el nivel de concentración de As, disminuyó de 0.0551 gr/L a 0.0307 gr/L, como resultado de la disolución de 12 gr de polvo de cascara de naranja.

En comparación con la muestra patrón se tiene que el nivel de remoción es del orden del 27.77% para el experimental 1 (aplicación de dosis de 6 gr/L), y 44.28% para el experimental 2 (aplicación de dosis de 12 gr/L).

Tabla N° 10: Cuadro resumen de los valores obtenidos

ENSAYOS	LIMITE MAXIMO PERMISIBL E (MINSa)	LIMITE MAXIMO PERMISIBL E (MINAM)	MUESTR A PATRÓN RIO VIRU	EXPERIMENTAL 6 gr/L DE CENIZA DE CÁSCARA DE NARANJA	EXPERIMENTAL 12 gr/L DE CENIZA DE CÁSCARA DE NARANJA
pH	6,5 a 8,5	6,5-8,5	8,12	8,18	7,90
Arsénico (mg/L)	0,01	0,01	0,0551	0,0398	0,0307

Fuente: Laboratorio COLECBI S.A.C, MINSa, MINAM.

Se observa en la Tabla N° 10, los resultados de las muestras patrón y experimentales en comparación con los límites máximos permisibles (LMP), que

establece el Ministerio de Salud como el Ministerio del Ambiente, en la que se observa que el nivel de arsénico de las muestras experimentales está por encima del valor LMP, a pesar que, si existe remoción al agregar las dosis de cáscara de naranja, pero al final los resultados no cumplen con la normativa en calidad de agua.

En la Figura 12, se observa más a detalle la comparación de las muestras patrón y experimentales, además de la línea roja que define los Límites Máximos Permisibles, que establecen los Ministerios de Salud y Medio Ambiente, en cuanto a la calidad del agua, y que también se presentan en la tabla N° 11.

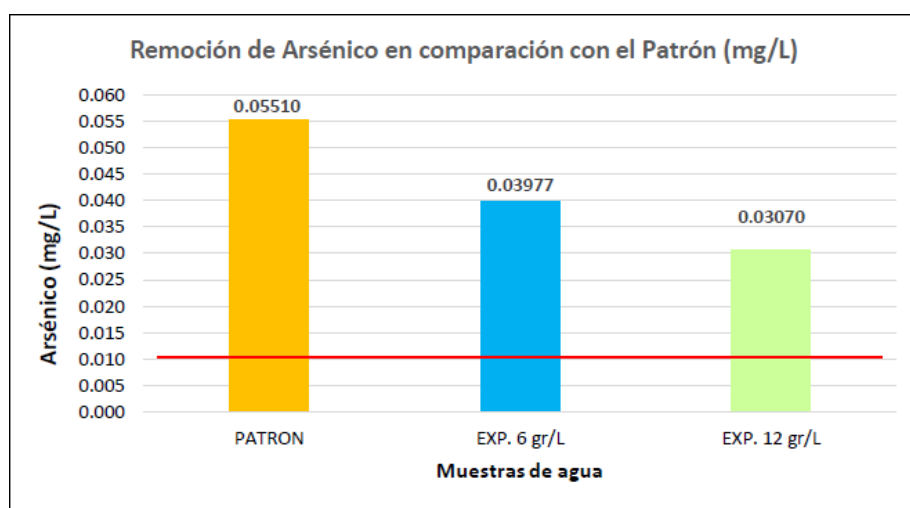


Figura 12. Remoción de Arsénico en comparación con el Patrón (mg/L)



Figura 13. Comparación del Potencial de Hidrógeno (pH) del Patrón y Experimentales

Tabla N° 11: Límites máximos permisibles del agua

Parámetros medida	Unidad de	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
FÍSICO-QUÍMICOS				
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)	**
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 ₃) (c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO ₂) (d)	mg/L	3	3	**
Amoniaco- 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	**
INORGÁNICO				
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
Plomo	mg/L	0,02	0,02	0,02

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

IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

De los antecedentes científicos se tiene que Murrieta (2019), en su investigación indica que el carbón activado ayuda a mejorar la adsorción, en la presente investigación se efectuó el ensayo del Análisis Térmico Diferencial (ATD) de la cáscara de naranja, y del resultado se determinó activar térmicamente (calcinación) a 280°C por un tiempo de 120 minutos, realizado en el Laboratorio de Suelos de la USP, convirtiendo así la biomasa en ceniza, por lo que se obtuvo un buen cambio en sus propiedades de remoción. Torres, S (2020) indica que realizó la activación térmica a 370°C.

Por otro lado, de acuerdo con Francisca y Carro (2014), es sabido que, el arsénico y sus compuestos son considerados como cancerígenos e inclusive en algunas regiones hay evidencia epidemiológica por las alteraciones causadas a la salud ante el consumo prolongado de aguas arsenicales.

Torres, S. (2020) en su investigación considera factores como: tiempo de contacto, velocidad de contacto, concentración de adsorbente, tiempo de reposo y temperatura de activación de la cascara de naranja, lo cual en la presente investigación se tuvieron en cuenta los mismos factores variando la medida y también se analizó el pH. Se indica además que se los ensayos se realizaron en el Laboratorio mediante el ensayo de jarras.

Si bien, el río Virú está clasificado como de categoría tres (acto para riego vegetal y bebida para animales), así lo han demostrado los resultados, evidenciando un nivel de concentración de Arsénico de 0.0551 gr/L, según se aprecia en la Tabla N° 6, superando el LMP de 0.01 mg/l, diferencia significativa según la Tabla N° 11. No obstante, lo cierto es que, es el único afluente, fuente de agua para los pobladores, por lo que, es indefectible emprender acciones orientadas a tratar el nivel de contaminación, sobre todo apostando por el uso de coagulantes naturales;

toda vez que, los coagulantes químicos convencionales significan altos costos y generan un impacto considerable para el medio ambiente (Choque, Choque, Solano y Ramos, 2018).

El impacto del método de bioadsorción, se dejó notar de forma gradual al estímulo del material utilizado, habiéndose reducido de una concentración patrón de 0.0551 mg/l de Arsénico a una concentración de 0.0398 mg/l, con una dosis de 6gr de polvo de cascara de naranja; el nivel de concentración se redujo aún más, cuando se incrementó el biosorbente a 12 gr, reduciéndose a 0.0307 mg/l, resultados que se observan en la Tabla N° 10; el resultado sería concordante con la investigación realizada por Vera (2019) y Khaskeli , Memon, Siyal y Khuawar (2011), quienes observaron que, ante una mayor cantidad de polvo de cascara de naranja hay una mayor bioadsorción, en la presente investigación se ha obtenido una eficiencia de remoción del orden del 27.77% para el experimental 1 (aplicación de dosis de 6 gr/L), y 44.28% para el experimental 2 (aplicación de dosis de 12 gr/L).

En vista de la capacidad del material para ser utilizado como biosorbente, se explicarán los resultados, ya que según Ning y Xue (2012), en su estructura, la celulosa, la pectina y el eno y otros compuestos de bajo peso molecular con grupos de bajo peso molecular pueden Los agentes funcionales activos como los grupos pectina carboxilo y los grupos hidroxilo de celulosa combinados con iones metálicos presentes en la muestra de agua del río Weilu pueden destruir o eliminar la doble capa eléctrica que rodea la superficie para hacer que el coloide sea inestable y mantener las partículas coloidales en suspensión.

Los resultados, también se explicarían por la presencia de un alto porcentaje de los óxidos de calcio y potasio, con porcentajes de 39.29% y 33.04% respectivamente obtenidos en la presente investigación y que se muestran en la Tabla N° 4, según se precisa en la investigación de Mercado (2012), quien sostiene particularmente que, el calcio es uno de los óxidos mayoritarios para la remoción

de dicho metaloide. Dicha afirmación, también es concordante con la investigación de Lugo, Barrera y Hernández (2015), quienes sostienen que, la presencia de calcio en la biomasa del polvo de la cascara de naranja es adecuada para la adsorción de metales pesados y sugiere un mecanismo de intercambio iónico.

Referente a los niveles del potencial de Hidrógeno pH, tanto de las muestras patrón y experimentales, se han mantenido dentro de los rangos de los estándares de calidad, según lo establece la normatividad vigente del Ministerio de Salud y del Ministerio del Ambiente.

En cuanto a los niveles de Arsénico estos se encuentran por encima de los Límites Máximos Permisibles, por lo que no se ha logrado obtener una buena eficiencia de remoción del metal pesado, debiéndose analizar el grado de temperatura de calcinación.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Según los resultados del Análisis Térmico Diferencia ATD, se calcinó la cáscara de naranja a una temperatura de 280 °C, por un tiempo de 120 minutos, con una pérdida del 15.5 gr durante la calcinación por cada 100 gr de cáscara de naranja antes de calcinar.
- Según los resultados del Análisis de la Fluorescencia de Rayos X – FRX, realizado a las cenizas de la cáscara de naranja, el Óxido de Potasio (K₂O) representa el componente principal con el 39.29%, seguido del Óxido de Calcio (CaO) que representa el 33.04%, el Óxido de Aluminio (Al₂O₃) es el tercer componente químico más importante que representa el 9.91%.
- El polvo de cascara de naranja presenta los óxidos esenciales que favorecen el intercambio iónico, resultando efectivos para la remoción de arsénico; así mismo el biosorbente presenta niveles óptimos de pH para lograr la adsorción de aniones, en nuestro caso el pH es 4.2.
- El nivel de concentración de Arsénico en las aguas del río Virú, es de 0.0535 mg/l, superando notablemente, el LMP establecido por la OMS, el Ministerio de Salud y el Ministerio del Ambiente, siendo de 0.01 mg/l, estando por encima del LMP de agua categoría A1, es decir de 0.1 mg/l, por lo que no puede ser utilizado con fines de potabilización con tratamiento convencional o avanzado.
- El nivel de concentración de arsénico se redujo considerablemente con la aplicación de una mayor dosis del biosorbente, siendo que de un nivel de 0.0551 mg/l como muestra patrón, pasó a 0.0398 mg/l a una dosis de 6 gr, reduciéndose a 0.0307 mg/l con una dosis de 12 gr. El resultado se debe a la presencia de celulosa, pectina, así como el limoneno, entre otros compuestos de bajo peso molecular, que poseen grupos funcionales activos como los carboxilos de la pectina y los hidroxilos de la celulosa,

susceptibles de unirse a los iones metálicos, además de los componentes químicos de las cenizas.

- La eficiencia de remoción del orden del 27.77% para el experimental 1 (aplicación de dosis de 6 gr/L), y 44.28% para el experimental 2 (aplicación de dosis de 12 gr/L), sin embargo, los niveles de concentración de las muestras experimentales están por encima del LMP 0.01 gr/L que establece la normativa de los Ministerios de Salud y Ambiente.

RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones con calcinación de la cáscara de la naranja a temperaturas de 370 °C y 380 °C, que se indican en el ATD realizado.
- Realizar investigaciones utilizando bio-filtros, mediante el uso de combinaciones de las cenizas de cáscara de naranja con otros materiales bio-adsorbentes.
- Diseñar estructuras que permitan la adsorción del polvo de cascara de naranja, así como el mantenimiento que permita el tratamiento de aguas a través del tiempo.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anke, N., Kaegi, R., Voegelin, A., Munir, A. & Hug, S. (2013). Arsenic removal with composite iron matrix filters in Bangladesh: a field and laboratory study. *American Chemical Society*, 47, 4544 – 4554.
- Autoridad Nacional del Agua, (2014) Dirección de Gestión de la Calidad de los Recursos Hídricos.
- Azni, I., Choong, T.S.Y., Chuah, T.G., Gregory-Koay, F.L., Robiah, Y., 2007. Arsenic toxicity, health hazards and removal techniques from water: an overview. *ScienceDirect* 217, 139–166.
- Chandra-Chattopadhyaya, M., Kumar-Gautam, R., Lofrano, G., Mudhoo, A., 2014. Biomass-derived biosorbents for metal ions sequestration: Adsorbent modification and activation methods and adsorbent regeneration *Journal of Environmental Chemical Engineering* 2, 239-259.
- Chávez, M.I & Miglio, M.M. (2011). Remoción de arsénico por oxidación solar en aguas para consumo humano. Recuperado de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S181034X2011000400008.
- Choque Quispe, D., Choque Quispe, Y., Solano Reynoso, A. M. y Ramos Pacheco, B. S. (2018). Capacidad floculante de coagulantes naturales en el tratamiento de agua. *Tecnología Química*, 38(2), 298 - 309
- Cribillero Yudi. y Rodríguez Jeisy, (2015) Propuesta de un biofiltro compuesto de choro - arcilla para el sistema de agua en el caserío de Tomeque. Escuela de Ingeniería Civil, Universidad San Pedro – Perú.
- Dosis,s.f. Recuperado: <https://definicion.de/dosis/>
- El agua, fuente de vida, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas ONU-DAESI. (22 de octubre del 2014) Calidad del agua. Recuperado de <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>
- Hug, S., Canonica, M.,Wegelin, M., Gechter, D. & Von Gunten, U. (2001). Solar Oxidation and removal of arsenic at circumneutral pH in iron containing waters. *In Environmental Science and Technology* 35, 2114-2121

- Khaskheli, M., Memon, S., Siyal, A., Khuhawar, M. (2011). Use of Orange Peel Waste for Arsenic Remediation of Drinking Water.
- León, M., Lucero, A. (2009). Estudio de *Eichhornia crassipes*, *Lemna gibba* y *Azolla filiculoides* en el tratamiento biológico de aguas residuales domésticas en sistemas comunitarios y unifamiliares del Cantón Cotacachi.
- Lugo, V., Barrera, C., Hernandez, S. (2015). Remoción de plomo(II) presente en soluciones acuosas empleando cascara de naranja (*Citrus sp.*) Modificada.
- Martinez, K., Olvera, I., Suarez, A. (2016). Remoción de Cromo, Cobre, Niquel y Plomo empleando residuos orgánicos cítricos.
- Mercado Borraro, B. M. (2012). Remoción de boro y arsénico presentes en altas concentraciones en agua mediante escorias metalúrgicas. (Tesis doctoral). Universidad Nacional Autónoma de México, Estados Unidos Mexicanos. Recuperado de http://www.ciencianueva.unam.mx/bitstream/handle/123456789/96/37_remocion.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Mohan, D., Pittman-Jr.C.U., 2007. Arsenic removal from water/wastewater using adsorbents—A critical review. *Journal of Hazardous Materials* 142, 1-53.
- Murrieta (2019). Evaluación de la capacidad de adsorción del carbón activado mediante cáscara de naranja (*Citrus cinensis*) para la remoción de iones de arsénico en aguas residuales industriales.
- Navomi, J.(2013) Contaminante natural en agua de consumo humano. Pagina Web: <http://www.minam.gob.pe/notas-de-prensa/lima-30-de-diciembre-de-2015-mediante-decreto-supremo-no-015-2015-|minam-publicado-el-19-de-diciembre-de-2015-en-el-diario-oficial-el-peruano-el-ministerio-del-ambiente-minam-en-coordinacion/>
- Pagina Web: <http://elcomercio.pe/blog/expresiongenetica/2014/09/niveles-arsenico-agua-potable>
- Ning-chuan, F., and Xue-yi, G. (2012). Characterization of adsorptive capacity and mechanisms on adsorption of copper, lead and zinc by modified orange peel. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China* (22), pp. 1224-1231
- Peng, Y., Xiao, H., Cheng, X., Chen, H. (2013). Removal of Arsenic from Wastewater

by Using Pretreating Orange Peel.

Szafran, R., G., Modelski, S., Witek-Krowiak, A., 2011. Biosorption of heavy metals from aqueous solutions onto peanut shell as a low-cost biosorbent. *Desalination* 265, 126–134.

Torres Melgarejo S. (2020), Remoción de arsénico mediante un biofiltro utilizando ceniza de cascara de naranja (*Citrus Cinensis*) en las aguas del Río Santa - Ticapampa – 2020, Universidad San Pedro.

AGRADECIMIENTOS

Dar gracias a Dios en primer lugar por darme la bendición en el integro desarrollo de mi tesis, seguidamente dar gracias a mi familia, amigos y conocidos, a quienes fueron una estimulo que me permitió perseverar con mis obligaciones como estudiante de nivel superior.

A mi asesor Ing. Rogelio Castañeda Gamboa quien me brindo su tiempo y apoyo en esta etapa de mi proyecto. A todos mis profesores por su esfuerzo y dedicación por transmitirnos sus conocimientos.

Gómez Cumpa Edwin Aldair

ANEXOS Y APÉNDICE

ANEXO N° 01

**ATD del Polvo de Cáscara de
Naranja**



Trujillo, 02 de enero del 2017

INFORME N° 26 - ENE-17

Solicitante: Aldair Gómez Cumpa – Universidad San Pedro

RUC/DNI: 73210360

Supervisor:

1. MUESTRA: Cáscara de naranja (1.0 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	CN-26 E	12.8 mg

2. ENSAYOS A APLICAR

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

3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- Analizador Térmico simultáneo TG_DTA_DSC Cap. Máx.: 1600°C SetSys_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/min
- Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min
- Rango de Trabajo: 25 – 800 °C.
- Masa de muestra analizada: 12.8 mg.

Jefe de Laboratorio: Ing. Danny Chávez Novoa

Analista responsable: Ing. Danny Chávez Novoa



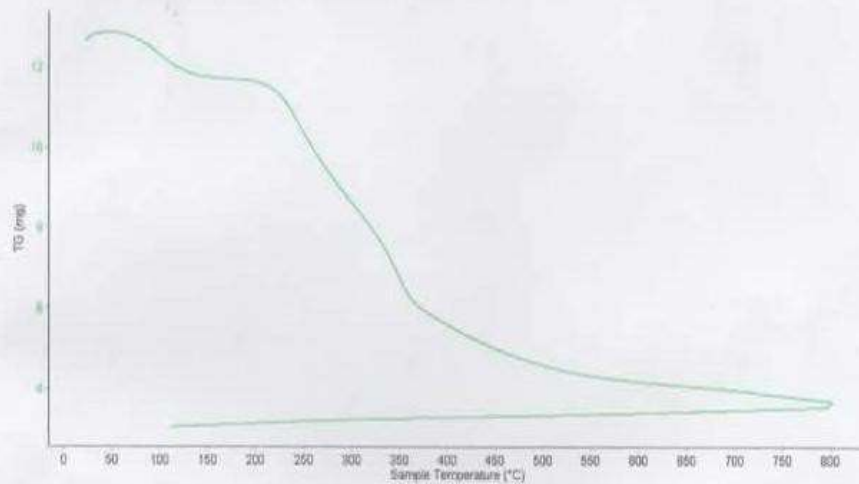


Trujillo, 02 de enero del 2017

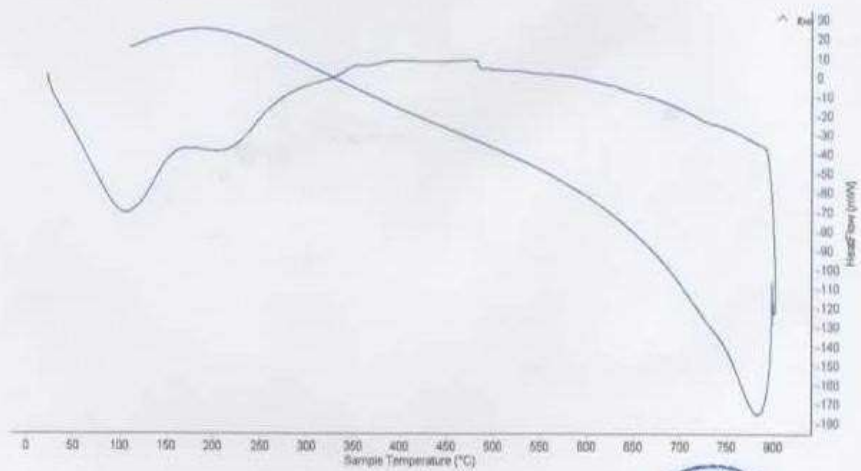
INFORME N° 26 - ENE-17

4. Resultados:

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



II- Curva Calorimétrica DSC



Tel: 44-503610-948700880-958669003 daniabayas@hotmail.com / Av. Juan Pablo II s/n - Ciudad Universitaria / Trujillo - Perú





Trujillo, 02 de enero del 2017


INFORME N° 26 - ENE-17

5. CONCLUSION:

1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra dos caídas de la masa, la primera se da en un rango entre 80 y 120°C y la segunda se da entre 210 y 370°C, posteriormente la caída es gradual y lentamente, y llegar a perder un total de 76% de su masa inicial aproximadamente cuando se ha alcanzado su máxima temperatura de ensayo.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, se puede mostrar picos endotérmicos en 100°C y 210°C, también se puede evidenciar un pico endotérmico muy ligero a 480°C, todas esas temperaturas involucrarían cambios estructurales y con ella, en las propiedades del material.

Trujillo, 02 de enero del 2017




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

ANEXO N° 02

**Certificado de la Calcinación de la
Cáscara de Naranja**



ANÁLISIS DE LABORATORIO

SOLICITADO POR : Gomez Cumpa Edwin Aldair
ASUNTO : Calcinación de Muestras
FECHA DE RECEPCION : 14/01/18
FECHA DE ENTREGA : 15/01/18

Descripción	Proceso	Temperatura (°C)	Tiempo	Peso inicial (gr)	Peso final (gr)
Cascara de naranja	Calcinación	280	120 min	100	84.5

Chimbote, 15 de enero de 2018

Mg. Miguel Solar Jara

ANEXO N° 03

Análisis de Composición Químico de Polvo de Cáscara de Naranja



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

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Archeometría

Informe N°07-LAQ/2019

Análisis de una muestra de ceniza de cáscara de naranja por FRXDE

Introducción.

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de ceniza de cáscara de naranja a pedido del Sr. **Gómez Cumpa, Edwin Aldair**, alumno de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

“Remoción de Arsénico en Soluciones de Agua del Río Virú Utilizando 6GR y 12GR de Polvo de Cáscara de Naranja (*citrus sinensis*).”

La muestra está en forma de grano fino de color plomo.

Arreglo experimental.

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 15 μ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 4550 cts/s

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

Laboratorio de Arqueometría

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 naranja. La línea roja representa el espectro experimental y la línea azul el espectro calculado. Cubre el rango de energías de 1 a 18 keV que es el rango de interés en este estudio. En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos.

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 de los elementos con número atómico mayor que 12. La sum total de estas concentraciones es mucho menor que 100%, lo cual indica que es un material rico en compuestos orgánicos. Luego, estos contenidos de óxidos son normalizados al 100%.



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

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

Tabla 1. Composición elemental de la muestra de ceniza de cáscara de naranja en % de masa.

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al ₂ O ₃	4.429	9.907
SiO ₂	2.053	4.593
P ₂ O ₅	3.540	7.919
SO ₂	1.565	3.500
ClO ₂	0.485	1.084
K ₂ O	17.565	39.294
CaO	14.769	33.040
MnO	0.022	0.050
Fe ₂ O ₃	0.123	0.276
CuO	0.005	0.011
ZnO	0.013	0.028
As ₂ O ₃	0.004	0.009
SeO ₂	0.028	0.063
Rb ₂ O	0.006	0.014
SrO	0.015	0.034
Y ₂ O ₃	0.001	0.002
ZrO	0.003	0.006
BaO	0.070	0.156
Total	44.700	100.00

Para mayores detalles sobre la composición estructural de la muestra se sugiere hacer análisis químicos y por difracción de rayos-X para determinar los compuestos que contiene la muestra con mayor precisión.



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

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

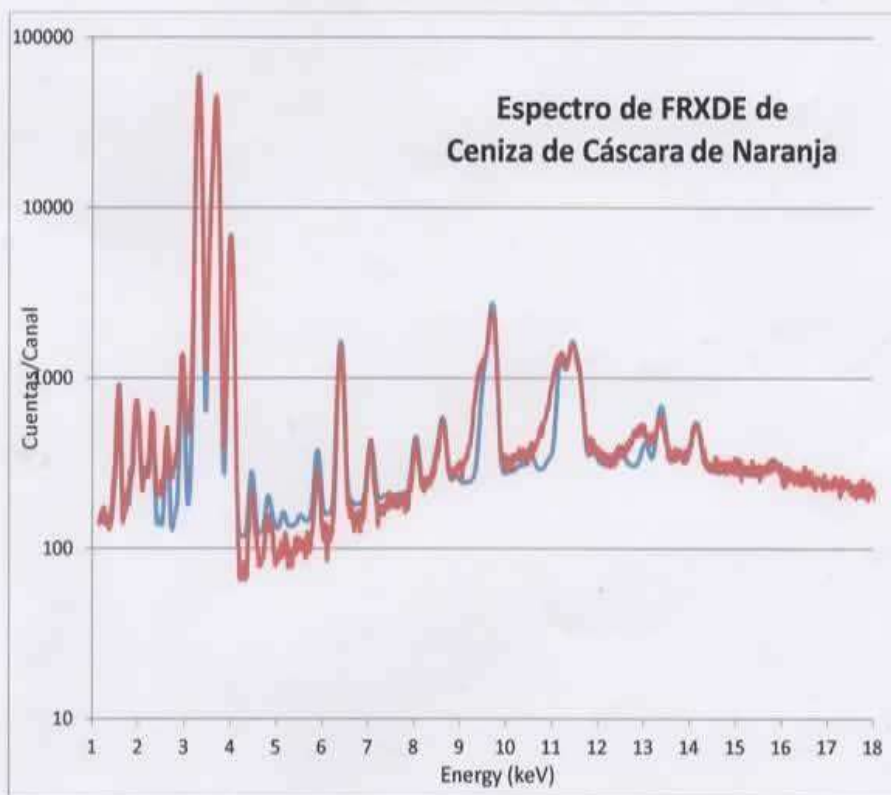


Figura 1. Espectro de FRXDE de una muestra de ceniza de cáscara de naranja en escala semi logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos
Laboratorio de Arqueometría

Lima, 12 de enero del 2017



ANEXO N° 04

Ensayos de pH del Polvo de la ceniza de Cáscara de Naranja



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

“COLECBI” S.A.C.

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

INFORME DE ENSAYO N° 20180111-010

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : GOMEZ CUMPA EDWIN ALDAIR
DIRECCIÓN : Esperanza Alta Mz. Y Lt: 16 Chimbote.
PRODUCTO DECLARADO : POLVO DE CASCARA DE NARANJA.
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En bolsa de polietileno cerrada.
FECHA DE RECEPCIÓN : 2018-01-11
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2018-01-11
FECHA DE TERMINO DEL ENSAYO : 2018-01-12
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio de Físico Químico.
CÓDIGO COLECBI : SS 180111-4

RESULTADOS

MUESTRA	ENSAYOS
	pH
M - 1	4,42

METODOLOGÍA EMPLEADA

pH : Potenciométrico.

NOTA:

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

Fecha de Emisión : Nuevo Chimbote, Enero 13 del 2018.

DVY/jms

Denis M. Vargas Yepéz
Jefe de Laboratorio
Físico Químico
COLECBI S.A.C.

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

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

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

ANEXO N° 05

**Nivel de arsénico y pH en
Muestra Patrón**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION



LASACI

INFORME DE ANÁLISIS

SOLICITANTE	: ALDAIR GOMEZ CUMPA
MUESTRA	: AGUA
FECHA DE INGRESO	: 04 DE DICIEMBRE DEL 2017

REPORTE DE RESULTADOS

PARAMETROS	Unidades	RESULTADOS
ARSENICO	As mg/L	0.0551

PARAMETROS	Unidades	RESULTADOS
pH	-	8.12

TRUJILLO 07 DE DICIEMBRE DEL 2017



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

G 949959632 / 933623974

ANEXO N° 06

**Niveles de arsénico y pH en muestra
experimental con 6 gr y 12 gr de
Polvo de Cáscara de Naranja**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION



LASACI

INFORME DE ANÁLISIS

SOLICITANTE	: EDWIN ALDAIR GOMEZ CUMPA
MUESTRA	: AGUA
PROCEDENCIA	: Rio Viru
FECHA DE INGRESO	: 11 DE DICIEMBRE DEL 2017

REPORTE DE RESULTADOS

PARAMETROS	Arsénico mg/L	pH
Exp 1-6 gr	0.0397	8.17
Exp 2-6 gr	0.0401	8.20
Exp 3-6 gr	0.0395	8.16

PARAMETROS	Arsénico mg/L	pH
Exp 1-12 gr	0.0309	7.90
Exp 2-12 gr	0.0301	7.88
Exp 3-12 gr	0.0311	7.92

TRUJILLO 14 DE DICIEMBRE DEL 2017



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

☎ 949959632 / 933623974

ANEXO N° 07
Panel Fotográfico

RECOLECCION DE MATERIALES



FIGURA N° 01. Cajas de naranja Mercado “LA PERLA” – Chimbote.



FIGURA N° 02. Extracción de la muestra patrón del rio Virú – Pueblo Alameda.



FIGURA N° 03. Coordenadas del Punto de Extracción de la muestra patrón Rio Virú

ENSAYOS DE LABORATORIO

➤ TAMIZADO



FIGURA N° 04. Tamizado del material.

➤ PESADO DE POLVO DE CASCARA DE NARANJA



FIGURA N° 05. Pesado de los gramos que se utilizaran en la muestra experimental 1.



FIGURA N° 06. Pesado de los gramos que se utilizaran en la muestra experimental 2.



FIGURA N° 07. Ensayo de pH para el polvo de cascara de naranja.



FIGURA N° 08. Universidad Nacional de Trujillo llevando las muestras para hacer los ensayos correspondientes.

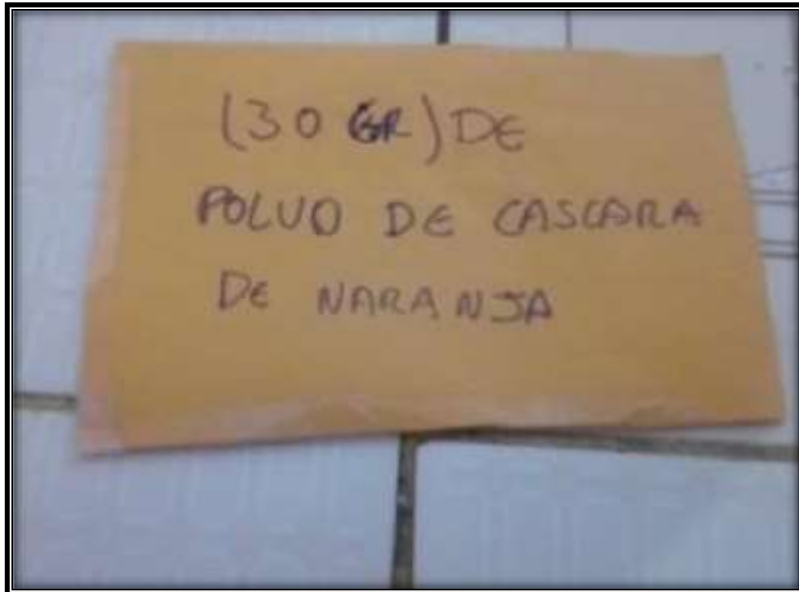


FIGURA N° 09. Pesado de polvo de cascara de naranja para ser llevado hacer los ensayos correspondientes.

➤ ENSAYO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X



FIGURA N° 10. Laboratorio de Arqueometria de la UNMS.

➤ ENSAYO DE JARRAS



FIGURA N° 10. Pesado de polvo de cascara de naranja para ser llevado hacer los ensayos correspondientes.



FIGURA N° 11. Ensayo de jarra con la muestra experimental.

ANEXOS N° 8

Tablas y figuras como fundamentos teóricos

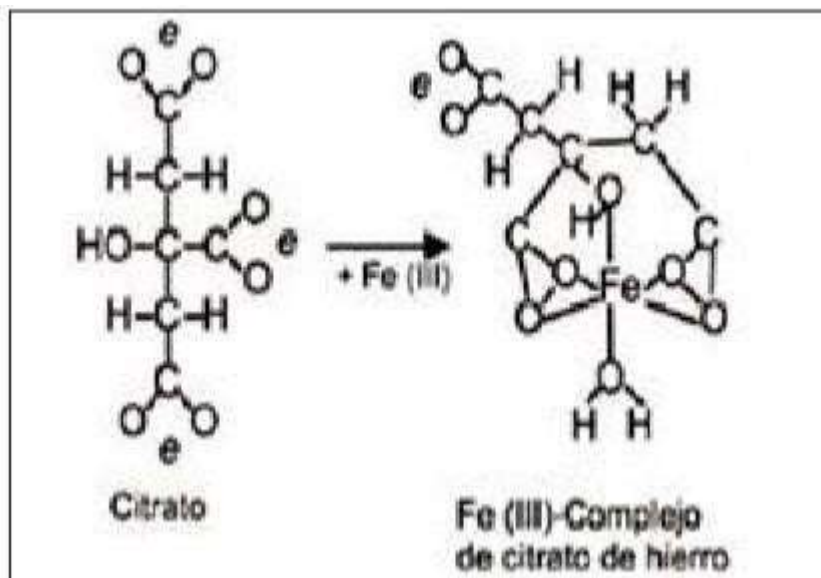
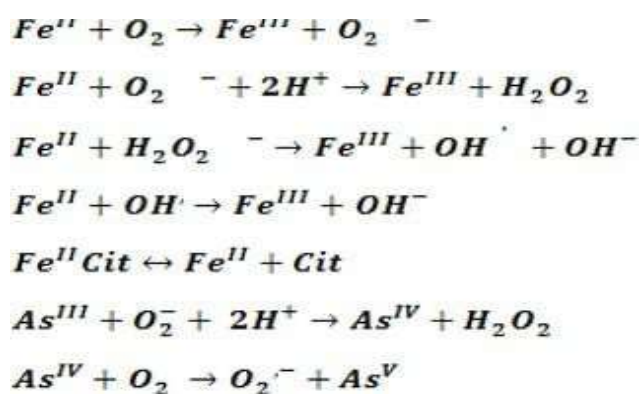


Figura 14. Complejo de Citrato de Hierro
 Fuente: Chávez y Miglio (2011)

Tabla 12. Resumen de Reacciones en la Remoción de Arsénico

Reacciones



Fuente Removal of Arsenic (III) from Contaminated Waters using Iron (II) and Citrate
 (Geroni et al., 2009)

Tabla 13. Concentraciones Máximas Permisibles de Arsénico (mg/l) según los Estándares

Categorías / Sub Categorías	As (mg/l)
CATEGORIA 1: USO POBLACIONAL Y RECREACIONAL	
Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable	
A1:aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	0.01
A2:aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	0.01
A3:aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	0.01
Aguas superficiales destinadas para recreación	
B1:contacto primario	0.01
B2: contacto secundario	-
CATEGORIA 3 : RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDA DE ANIMALES	0.2
CATEGORIA 4: CONSERVACION DE AMBIENTE ACUATICO	
E1: Lagunas y Lagos	0.15
E2: Rios	
Costa y Sierra	0.15
Selva	0.15
E3 Ecosistemas Marino Costeras	
Estuarios	0.036
Marinos	0.036

Fuente: Según Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM. Estándares Nacionales de Calidad de Agua. (Diario El Peruano 2015).

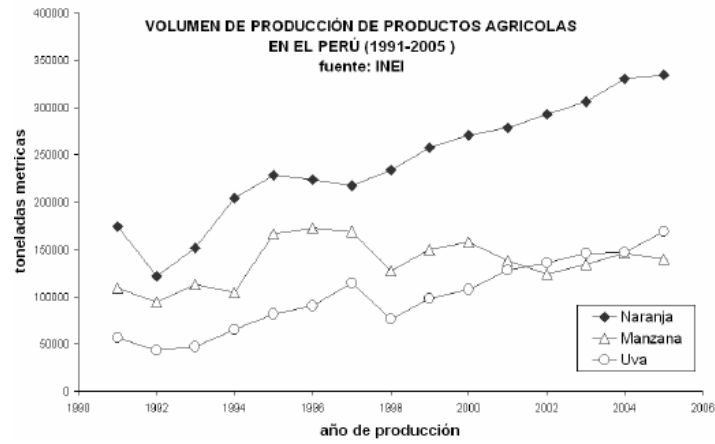


Figura 15. Producción de frutos cítricos

Fuente: Soto (2009)



Figura 16. Producción de Cascara de Naranja en el Perú.


Fuente: Soto, 2009

ANEXOS N° 9
Lámina de Ubicación del
punto de muestreo



PUNTO DE MUESTREO
Rio Virú



LEYENDA
 PUNTO DE MUESTREO

REFERENCIA	UBICACIÓN		ALTITUD (MSNM)
	ESTE (m)	NORTE (m)	
PUNTO DE MUESTRO	747,105	9'069,720	71

TESIS: "REMOCION DE ARSENICO EN SOLUCIONES DE AGUA DEL RIO VIRÚ, UTILIZANDO 6 g Y 12 g DE POLVO DE CASCARA DE NARANJA (CITRUS SINESIS)"

UBICACIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO

PROVINCIA: TRUJILLO	E. GOMEZ CUMPA	FECHA: DICIEMBRE	LAMINA: 01
------------------------	-------------------	---------------------	----------------------