



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL**

**“EFECTO DE LA GRANULOMETRÍA Y PESO DE CASCARA DE  
*CITRUS SINENSIS* (Naranja) EN LA REMOCIÓN DE PLOMO EN  
AGUAS DE LA LAGUNA DE PIAS - PATAZ, 2018”**

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
AMBIENTAL**

**AUTOR:**

**MENDOZA QUINTOS, DIANA JAQUELIN**

**ASESOR:**

**MSc. VALDERRAMA RAMOS, ISIDORO**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**CALIDAD Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES**

**TRUJILLO – PERÚ**

**2018**

**JURADO EVALUADOR**

---

PRESIDENTE

---

SECRETARIO

---

VOCAL

**TRUJILLO-PERU**

**2018**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo va dedicado en primer lugar a Dios por guiar siempre mi camino, a mis padres Roberto Mendoza Cacñahuaray y Martha Quintos Alayo, mi hermano Roberto Eli Mendoza Quintos, quienes con su apoyo y trabajo constante han dado lo mejor para que salga adelante, quienes siempre me recuerdan que con esfuerzo y sacrificio todo se puede lograr, a mi asesor por brindarme sus conocimientos y experiencias, por haberme acompañado con tanta paciencia durante este proceso, a toda mi familia por constituir la parte más esencial de mi vida, porque son ellos mi motivo para salir adelante y a todos mis amigos quienes siempre están a mi lado en los buenos y malos momentos.

## **AGRADECIMIENTO**

El más sincero agradecimiento en primer lugar a Dios todo poderoso y a todas las personas quienes me brindaron su apoyo incondicional en la realización de esta investigación, en especial a mis padres, familiares, quienes siempre me motivan a luchar por mis sueños, por brindarme todo lo necesario para que este trabajo sea exitoso.

A mi asesor, MsC. Isidoro Valderrama Ramos, persona a quien admiro y respeto mucho, por sus conocimientos, asesoría y paciencia plena, por apoyarme y guiarme, durante el proceso de esta investigación, a todos mis compañeros y amigos quienes me acompañaron durante este trabajo.

## **DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD**

Yo, Diana Jaquelin Mendoza Quintos, identificado con DNI N° 71258047, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, julio 05 del 2018

---

Diana Jaquelin Mendoza Quintos

DNI: 71258047

## **PRESENTACIÓN**

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “Efecto de la granulometría y peso de cáscara de *Citrus sinensis* (naranja) en la remoción de plomo en aguas de la laguna de Pías - Pataz, 2018.”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Ambiental.

Dicha investigación consta de 8 capítulos: en el primer capítulo ubicamos la introducción, posteriormente método, resultados, discusión de resultados, conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas, finalmente anexos.

Esperando cumplir con los requisitos de aprobación.

El autor

## ÍNDICE

### CONTENIDO

INDICE DE TABLAS .....	10
RESUMEN .....	11
ABSTRACT .....	12
I. INTRODUCCIÓN .....	13
1.1. Realidad problemática .....	13
1.2. Trabajos previos.....	14
1.3. Teorías relacionadas al tema .....	18
1.3.1. Ubicación.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.3.2. Generalidades del plomo .....	18
1.3.3. Adsorción .....	20
1.3.4. Técnicas para la eliminación del plomo .....	22
1.4. Formulación del problema .....	23
1.5. Justificación del estudio.....	23
1.6. Hipótesis .....	24
1.7. Objetivos.....	24
1.7.1. Objetivo general .....	24
1.7.2. Objetivos específicos.....	25
II. MÉTODO .....	25
2.1. Diseño de investigación .....	25
2.2. Variables y operacionalización .....	26
2.3. Población y muestra.....	28
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	28
2.4.1. Técnicas y recolección de datos .....	28
2.4.2. Validez y confiabilidad.....	29

2.5. Método de análisis de datos .....	29
2.6. Aspectos éticos .....	30
III. RESULTADOS .....	31
IV. DISCUSION .....	39
V. CONCLUSIONES .....	42
VI. RECOMENDACIONES .....	43
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	44
ANEXOS .....	47



## INDICE DE FIGURAS

**Figura 1:** Rremoción de Pb con granulometrías en relación al peso (5g) **¡Error! Marcador no definido.**

**Figura 2:** Porcentahe de remoción de Pb con granulometrías en relación al peso (10g) ..... **¡Error! Marcador no definido.**

**Figura 3:** Remoción de Pb con granulometría (0.841 mm) en relación al peso ..... **¡Error! Marcador no definido.**

**Figura 4:** Medias Marginales estimadas ..... **¡Error! Marcador no definido.**

**Figura 5:** Selección de la muestra de cáscara de naranja ... **¡Error! Marcador no definido.**

**Figura 6:** Lavado de la cáscara de naranja ..... **¡Error! Marcador no definido.**

**Figura 7:** Secado de la cáscara de naranja en estufa a 60°C ..... **¡Error! Marcador no definido.**

**Figura 8:** Trituración de la muestra de cáscara de naranja . **¡Error! Marcador no definido.**

**Figura 9:** Tamizado de la cáscara usando diferentes mallas granulométricas..... **¡Error! Marcador no definido.**

**Figura 10:** Muestras clasificadas por granulometría ..... **¡Error! Marcador no definido.**

**Figura 11:** Población muestral - Laguna de Pias..... **¡Error! Marcador no definido.**

**Figura 12:** Toma de muestra de agua - Laguna de Pias ..... **¡Error! Marcador no definido.**

**Figura 13:** Peso de las muestras de cáscara de naranja ..... **¡Error! Marcador no definido.**

**Figura 14:** Agitación de la muestra en el Equipo de Test de jarras .... **¡Error! Marcador no definido.**

**Figura 15:** Filtrado de muestras terminando el tiempo de agitación .. **¡Error! Marcador no definido.**

**Figura 16:** Proceso de digestión de la muestra obtenida después del tratamiento ..... **¡Error! Marcador no definido.**

**Figura 17:** Muestras refrigeradas para su respectivo análisis..... **¡Error! Marcador no definido.**

**Figura 18:** Adición de 400ml de peróxido de hidrogeno ... **¡Error! Marcador no definido.**

**Figura 19:** Adición de 6ml de ácido nítrico concentrado ... **¡Error! Marcador no definido.**

**Figura 20:** Colocar en la cocina eléctrica por un lapso de 7 min. .... **¡Error! Marcador no definido.**

<b>Figura 21:</b> Cambio de color en la muestra .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 22:</b> Enfriamiento de la muestra por 5 minutos.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 23:</b> Aforar en tubo de ensayo hasta 7ml con agua destilada...	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 24:</b> Curva de calibración para plomo .....	61
<b>Figura 25:</b> Reporte de laboratorio de análisis de plomo.....	62
<b>Figura 26:</b> Estándares de calidad ambiental para el agua (ECAs).....	63

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Diseño de investigación .....	25
<b>Tabla 2:</b> Operacionalización de variables .....	27
<b>Tabla 3:</b> Parámetros fisicoquímicos del agua de la laguna de Pias .....	28
<b>Tabla 4:</b> Listado de normas metrológicas Peruanas .....	29
<b>Tabla 5:</b> Caracterización fisicoquímica del agua de la laguna de Pias.....	31
<b>Tabla 6:</b> Porcentaje de remoción de plomo después del tratamiento .....	32
<b>Tabla 7:</b> Porcentaje de remoción de plomo después del tratamiento .....	33
<b>Tabla 8:</b> Porcentaje de remoción de plomo en relación al peso .....	34
<b>Tabla 9:</b> Prueba de Normalidad para la granulometría.....	35
<b>Tabla 10:</b> Prueba de normalidad para el peso.....	35
<b>Tabla 11:</b> Análisis de varianza - ANOVA.....	36
<b>Tabla 12:</b> Prueba post hoc - TUKEY .....	37
<b>Tabla 13:</b> Prueba post hoc - Promedio .....	37
<b>Tabla 14:</b> Concentración de plomo (mg/L) con cascara de naranja .....	47

<b>Tabla 15:</b> Concentración de plomo (mg/L) después del tratamiento .....	48
<b>Tabla 16:</b> Prueba de homogeneidad de Varianza - Test de Levene .....	49
<b>Tabla 17:</b> Material de campo y laboratorio para la investigación .....	50

## RESUMEN

La presente investigación tuvo por finalidad, estudiar y proponer un proceso que permita disminuir la concentración de plomo en aguas de la laguna de Pías, ubicada en la provincia de Patáz del departamento La Libertad, mediante el tratamiento con cáscara de *Citrus sinensis* (naranja). En el desarrollo de la misma se aplicó un diseño experimental tipo bifactorial, donde la población estuvo conformada por el agua de la laguna de Pías, siendo la muestra real utilizada de 27 litros, donde se trabajó con una unidad de análisis de 0.5L, así mismo el método que se utilizó para el procesamiento de análisis de datos fue el ANOVA y la prueba post hoc Tukey con la finalidad de probar la hipótesis; por otro lado la determinación de la concentración de plomo antes y después de los procesos de tratamiento de remoción, se determinó mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica a la llama. Llegando a la conclusión que la granulometría de 0.841 mm y peso de 10 gramos de cáscara de naranja, lograron el mayor porcentaje de remoción de plomo hasta un 91.55% en un tiempo de 45 minutos, siendo este tratamiento el más efectivo.

**Palabras clave:** Laguna de Pías, plomo, remoción, cáscara de naranja, granulometría, peso.

## **ABSTRACT**

The purpose of this research was to study and propose a process to reduce the concentration of lead in the waters of the Pias lagoon, located in the province of Patáz, La Libertad department, through the treatment with *Citrus sinensis* (orange). In the development of the same one an experimental design bifactorial type was applied, where the population was conformed by the water of the lagoon of Pias, being the used sample of 27 liters, where we worked with a 0.5L analysis unit, likewise the method that was used for the processing of data analysis it was the ANOVA and the post Hoc Tukey test in order to test the hypothesis; On the other hand, the determination of the lead concentration before and after the removal treatment processes was determined by the flame atomic absorption spectrophotometry method. Reaching the conclusion that the granulometry of 0.841 mm and weight of 10 grams of orange peel, achieved the highest percentage of lead removal up to 91.55% in a time of 45 minutes, this treatment being the most effective.

**Keywords:** Laguna de Pias, lead, removal, shell from orange, granulometry, weight

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Realidad problemática**

Uno de los grandes problemas de contaminación que se vive hoy en día en nuestra sociedad, es la generación de efluentes residuales, siendo la principal fuente la actividad industrial y la minería, pues como se sabe, los metales pesados son uno de los grupos de contaminantes que han captado mayor atención, ya que debido a su acumulación produce daños en los ecosistemas presentes. (Tejeda et al, 2014 en Bejarano, 2016). Los metales pesados son altamente tóxicos para el ambiente ya que contaminan el aire, el agua y la tierra, debido a que no se les da un tratamiento adecuado, siendo emitidos directamente a las fuentes de agua más cercanas, por otro lado, se considera a estos agentes como uno de los contaminantes ambientales más peligrosos debido a que no son biodegradables y a su potencial de acumulación, afectando la biodiversidad de ríos y lagos y produciendo en muchos casos la mortalidad de los organismos vivos presentes en estos ecosistemas. (OEFA, 2016, p.1)

Dentro de estos metales tenemos el plomo; es un elemento químico particularmente peligroso, y se puede acumular en organismos individuales, pero también entrar en las cadenas alimenticias, cuyo efecto tóxico sobre la salud humana es muy reconocido, dicho metal se absorbe principalmente por las vías respiratorias y digestivas depositándose en el pulmón, riñón, hígado, páncreas y tiroides, entre otros generando problemas como, enfermedades cardiovasculares y cáncer, alteraciones neurológicas e incluso la muerte. (Gupta y Ali, 2004 en Vilchis, 2013, p.19).

En el Perú es considerable la producción de residuos provenientes de la actividad agroindustrial, por ejemplo, cáscara de frutas que son utilizadas como materia prima para elaborar diversos productos alimenticios, los residuos de dichos productos nos son aprovechados en su mayoría, llevándose éstos residuos a los principales botaderos de la ciudad y peor aún muchas veces arrojados en vías públicas, trayendo consigo contaminación en el suelo, creando un mal aspecto al paisaje, deterioro del medio ambiente. (Ramírez, 2016, p.19).

La abundancia de estos residuos en nuestra localidad es difícilmente aprovechada, generalmente éstas, son desechadas sin dar un uso después de haber extraído su jugo, sin tener en cuenta que dicho residuo puede representar propiedades para tratar aguas contaminadas; ya que destacan por su gran capacidad de remoción de iones de metales pesados, así contribuir e incentivar a nuevas investigaciones a dar un valor agregado a los residuos generados y contribuir con el medio ambiente. (Villanueva, 2006 en Bejarano, 2016, p.2)

El impacto que ha generado este metal ha conllevado a la población al desarrollo de diferentes métodos para el tratamiento de aguas contaminadas por efluentes, debido a lo redactado, la adsorción surge como una alternativa bastante prometedora para la remoción de metales pesados, debido a su doble aplicación: remueve metales pesados y al utilizar materiales bioadsorbentes para sus procesos, se convierte en una forma de tratamiento para estos desechos que anteriormente no tenían una utilidad. (Garcés y Coavas, 2012, p.31).

Dicha problemática ha llevado a la realización de diversos trabajos de investigación aplicando estos residuos, siendo la remoción de metales pesados, mediante el método de adsorción, un método muy prometedor y amigable con el medio ambiente ya que ha demostrado ser eficiente y ventajosa, además de ser un proceso sencillo, de bajo costo, y de fácil aplicación, esto con la finalidad de remediar aguas contaminadas y dar un valor agregado a los residuos generados en la actividad agroindustrial. (Villanueva, 2006, p.9).

## **1.2. Trabajos previos**

Según **TEJADA, Candelaria y QUIÑONES, Edgar** (2015, p. 1-2) en su investigación “Absorción de cromo hexavalente en soluciones acuosas por cascaras de naranja (*Citrus sinensis*)”, realizada en la ciudad de México, dicha investigación tuvo como finalidad estudiar la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) como un adsorbente de Cr (VI) en soluciones acuosas, realizo sus tratamientos mediante análisis elemental y espectroscopia de infrarrojo. La determinación de la concentración de Cr (VI) se realizó mediante el método de espectrofotómetro UV-vis, donde llego a la conclusión que el residuo agroindustrial presenta una remoción de 66,6 % de Cr (VI) en un tiempo de 120 min.

Según **TEJADA, Candelaria y VILLABONA, Ángel** (2014, p. 1,11) en su investigación “Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico”, realizada en Colombia, el autor tuvo como objetivo estudiar las generalidades de la adsorción como proceso alternativo para la remoción de contaminantes en solución y las biomásas comúnmente usadas en estos procesos. Llegando a la conclusión que el uso de la adsorción en la remoción de contaminantes en solución acuosa mediante el uso de biomasa residual es aplicable.

Asimismo, **GARCÉS, Luz y COAVAS, Susana** (2012, p. 16, 22) en su tesis “Evaluación de la capacidad de adsorción en la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) modificada con quitosano para la remoción de Cr (VI) en aguas residuales” Cartagena, tuvo como objetivo evaluar la capacidad de adsorción de la cáscara de naranja modificada con quitosano para la remoción de cromo hexavalente, dicha investigación se realizó colocando en contacto la biomasa con una solución, que contenía 100 ppm de Cr (VI); los ensayos se llevaron a cabo en un proceso discontinuo, teniendo como resultado que la cáscara de naranja sin modificar presentó un máximo porcentaje de remoción de 66.8%, mientras que la cáscara de naranja modificada con quitosano obtuvo un porcentaje de remoción de 61.24%.

**CARDONA, Anahí y CABAÑAS, Dulce** (2012, p. 2) en su investigación “Evaluación del poder biosorbente de cáscara de naranja para la eliminación de metales pesados, Pb (II) y Zn (II)”, realizada en México, tuvo como finalidad evaluar la capacidad de biosorción de la cáscara de naranja para la eliminación de metales pesados y el porcentaje de remoción de dichos metales, emplearon 8 experimentos diferentes, biomasa con reticulación y biomasa sin reticulacion, donde encontraron que para el Pb (II) el experimento 4 (pH=5, tamaño de partícula=0.4mm, concentración del metal=80ppm, cantidad de cáscaras de naranja=0.5g, tiempo de contacto=2h, T=500C, biomasa con reticulación) mostró el mejor porcentaje de remoción de Pb (II) con un 99.5 %, mientras que el mejor porcentaje de remoción de Zn (II) fue 99.5% y se obtuvo en el experimento 3 (pH=5, tamaño de partícula=0.48mm, concentración de metal=100ppm, cantidad de cáscara de naranja=0.5g, tiempo de contacto=4h, T=250C y biomasa sin reticulación).

Según **RENTERÍA, Marusia y RAMIREZ, Leonela** (2005, p. 4) en su investigación “Remoción de plomo en solución acuosa por la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*)”, desarrollada en México, tuvo como objetivo evaluar la eficiencia en la remoción de iones Pb de la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) tratada con un proceso de desmetilación, posterior a ello, se adiciono 0.5g de biomasa correspondiente a cada tratamiento y se sometieron a tiempos de agitación constante de 1 h, 3 h y 6 h. Obteniendo la capacidad bioadsorbente de la cáscara de naranja, donde observaron que se incrementó con el tratamiento T2 desde un 65% hasta 86%.

**RAMIREZ, Michael** (2016, p. 22, 117) en su tesis “Bioadsorción de cobre, cadmio y manganeso con cascara de naranja de las aguas de la laguna Colquicocha” Callao, el autor tuvo como objetivo principal demostrar la capacidad de bioadsorción de cobre, cadmio y manganeso con cáscara de naranja en las aguas industriales, el cual utilizó el tipo de investigación aplicada-tecnológica el cual se experimenta con un residuo orgánico, la cascara de naranja, teniendo como resultado que la reducción del cobre con cascara de naranja en las aguas de la laguna seria hasta 0,02 mg/L con 5 g de cascara de naranja activada representando una reducción del 66,67% de cobre con respecto a la concentración inicial.

Según **ALBARRACIN, Francisco** (2014, p. 18, 27) en su tesis “Capacidad de adsorción para remover el ion metálico Pb (II) por el tanino de la cáscara de tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*), de las aguas del rio Ramis”, realizada en Puno, dicha investigación tuvo como objetivo determinar la capacidad de adsorción del tanino de la cáscara de tarwi para la remoción del ion metálico Pb de las aguas del río Ramis., donde el porcentaje de iones Pb (II) del agua superficial del río sobre la cáscara de tarwi activado fueron a un pH de 5,5; una masa de O, 1 g y un tiempo de 60 min, empleando el método complexométrico la remoción fue de 96,021 %, en cambio con agua superficial del rio sobre la cáscara de tarwi activados utilizando el método ICP-Plasma, la remoción fue del 100%; esto nos indica la eficiencia para la remoción del Pb (II), deduciendo que los dos métodos son aceptables para la investigación.

Según **MUÑOZ, Juan** (2007, p. 15, 16, 65) en su tesis “Biosorción de plomo mediante cáscara de naranja “*Citrus sinensis*” pretratada”, Lima, quien planteó realizar pruebas de adsorción de iones Pb (II) a partir de soluciones diluidas usando como material biosorbente la cáscara de naranja, el autor utilizó el método de



espectrofotometría de Absorción Atómica para cuantificar la concentración de la muestra, donde la mayor cantidad adsorbida de plomo fue usando un peso de biosorbente de 0.2g, 50 ml de solución de Pb (II), un pH óptimo de 5, agitación constante de 200rpm, temperatura ambiente. Se concluye que usando diferentes concentraciones de Plomo se observa un rendimiento de remoción de plomo del 95% lo cual nos demuestra la eficacia de usar un biosorbente pre tratado.

Según **VILLANUEVA, Claudia** (2006, p. 7, 14, 55) en su tesis “Biosorción de Cobre (II) por biomasa pretratada de cáscara de *Citrus sinensis* (naranja)” Desarrollada en Lima, tuvo como finalidad estudiar la transformación de las biomásas, cáscara de *Citrus sinensis* (naranja) citrus limonium, (limón) en biosorventes a través de los procesos de desmetoxilación y entrecruzamiento, los datos experimentales obtenidos se procesaron usando las ecuaciones adsorción de Langmuir y Freundlich, finalmente teniendo como resultado que la máxima capacidad de adsorción de Cu (II) por las biomásas fueron: 36,1011 mg/g para la cáscara de citrus sinensis; 47,0436 mg/g para cáscara de citrus limonium.

Según **PAREDES, Paola** y (2017, p. 4-5) en su investigación “Remoción de plomo en agua a partir de cascara banano (*Musa sapientum*) y cascara de naranja (*Citrus sinensis*)”, Trujillo, la investigación tuvo como objetivo determinar la cantidad de remoción del plomo en agua a partir la titulación de las cáscaras banano y cascara de naranja, posterior a ello se preparó una solución madre de plomo de 10.0 ppm, luego esta se hizo pasar por el filtro utilizando cantidades de 5, 10, 20, y 30 gramos; una vez obtenidos los filtrados se cuantifico la cantidad de plomo presente en ellos utilizando el espectrofotómetro AA-7000. Teniendo como resultado que la absorbancia de plomo en una solución madre 1.056ppm, teniendo un promedio de 0.176 usando 21 gr. de cascara de plátano se logró una adsorción del 85% de plomo.

Según **BEJARANO, John** (2016, p. 1, 3, 5) en su investigación “Influencia del tiempo de contacto y del tamaño de partícula de pectina de naranja (*Citrus sinensis*) en la disminución del contenido de hierro (Fe) en efluentes mineros”, Trujillo, tuvo como objetivo determinar la influencia del tamaño de partícula de pectina de naranja y el tiempo de contacto en la disminución del contenido de hierro en aguas ácidas de los relaves mineros procedentes del centro minero de Querúbica, se desarrolló mediante el método de espectrofotómetro de absorción atómica, donde se determinó

que las concentraciones residuales de Fe dependieron del tiempo de contacto en agitación entre la muestra y la pectina, así como del tamaño de partícula (# malla) utilizada. Llegando a la conclusión que, a mayor tamaño de partícula, malla # 50 (297  $\mu\text{m}$ ) y menor tiempo de contacto (4 horas) se logró una reducción del 54% del Fe en los efluentes tratados.

### **1.3. Teorías relacionadas al tema**

#### **1.3.1. Generalidades del plomo**

El plomo de símbolo Pb (del latín plumbum), es un elemento metálico de color gris azulado, se encuentra en forma natural en la corteza terrestre de un modo relativamente abundante, fue uno de los primeros metales extraídos por el hombre, a partir de la galena, la cerusita y la anglesita, pertenece al grupo IV de la tabla periódica, con un número atómico de 82; con valencias 2 y 4; estado de oxidación (2+), masa atómica (uma) 207,19; densidad (g/ml) 11,4; punto de ebullición 1 725 y un punto de fusión próximo a los 327,4 °C. (Vilchis, 2013, p.18)

#### **A) Fuentes de contaminación de plomo en el medio ambiente**

La gran parte de plomo presente en el medio ambiente, proviene de las actividades tecnológicas como la minería y la manufactura industrial, en solución acuosa presenta un estado de oxidación +2, que es el más estable, por otro lado el plomo tiene muchos usos diferentes, se usa en la fabricación de baterías, municiones, productos de metal como soldaduras y cañerías (Albert, 1988; Chand y Pakade, 2013 en Vilchis, 2013, p.18).

Sin embargo, este metal también se utiliza en muchos otros productos, como pigmentos, pinturas, material de soldadura, vidrieras, vajillas de cristal, municiones, esmaltes cerámicos, artículos de joyería y juguetes, así como en algunos productos cosméticos y medicamentos tradicionales. (Villalobos, 2009 en Vilchis, 2013, p.19).

##### **- Aire:**

Dentro de las principales fuentes de contaminación por plomo en el aire, se debe a las fuentes antropogénicas, tenemos la combustión de gasolina que contiene auditivos de plomo, también se encuentran las fundiciones, entre

otros, los cuales pueden penetrar con facilidad por la vía respiratoria y ser absorbido por el organismo. (Ubillus, 2003, p.14)

- **Agua**

La contaminación del agua es ocasionada por la adición de algún material o sustancia tóxica que modifique la composición y/o condición natural del agua, afectando la salud humana y al ambiente, tal es el caso de los metales pesados, debido a que son considerados nocivos en bajas concentraciones, por tener una densidad elevada, no pueden ser degradados y presentan un grado de toxicidad significativa hacia el ser humano. (Mathialagan y Viraraghavan, 2003 en Vilchis, 2013, p.17)

- **Suelo**

El suelo es contaminado principalmente por depósito de partículas del aire y por agua contaminada por actividades industriales, asimismo, el desgaste de las pinturas con plomo de las casas contaminan los suelos, los plaguicidas con contenido de plomo (arseniato de plomo), contaminan los suelos, especialmente los suelos agrícolas (Ubillus, 2013, p.15).

- **Alimentos**

La fuente de contaminación por plomo en los alimentos mayormente varía según el tipo de productos que se consumen, un ejemplo claro están las frutas, verduras, que se contaminan, ya sea absorbiendo a partir de los suelos contaminados o recibiendo como depósito para su riego agua contaminada con plomo, se sabe qué; la ingestión de plomo es significativa siempre y cuando exista un muy alto grado de contaminación ambiental. (Ubillus, 2003, p.15).

Entre estas fuentes podemos mencionar a:

✓ **Minería**

En el Perú la actividad minera es la principal fuente de emisión de metales pesados al ambiente, siendo La Libertad una de las regiones con mayor incidencia de contaminación lo que significa, que la extracción minera es muy activa y básicamente se ubica en la sierra, las formas de extracción y

concentración del mineral, conlleva al consumo paralelo de otros compuestos químicos tóxicos, y que son eliminados irresponsablemente al ambiente, sin ser tratados. (Balta, 2011 en Bejarano, 2016, p.1).

## **B) Efectos adversos del plomo**

### **- Seres humanos**

La toxicidad del plomo en el hombre, puede afectar a los órganos y sistemas en el cuerpo humano, siendo el sistema nervioso el más sensible, por otro lado aumenta la presión sanguínea y causa anemia. La exposición a niveles altos de plomo puede dañar seriamente el cerebro, los riñones y hasta causa la muerte, en particular su exposición aguda causa la enfermedad llamada saturnismo. (Gupta y Ali, 2004 en Vilchis, 2013, p.19).

## **1.3.2. Adsorción**

### **A) Definición de adsorción**

Es la retención, adhesión, o concentración en la superficie de un sólido de sustancias disueltas o dispersas en un fluido, por lo general, cuando un sólido se halla en contacto con una disolución, la sustancia disuelta tiende a concentrarse en la superficie de contacto y los agentes de adsorción atrapan átomos, iones o moléculas y los llevan a la superficie de un material. (Alegsa 2010 en Ramírez, 2016, p.42).

### **B) Características principales de la adsorción, según (Garcés y Coavas, 2012, p.32).**

- La adsorción es altamente selectiva, la cantidad adsorbida depende en gran medida de la naturaleza, del tratamiento previo al que se halla sometido a la superficie del adsorbente y de la naturaleza de la sustancia adsorbida.
- Es un proceso rápido cuya velocidad aumenta cuando aumenta la temperatura, pero desciende cuando aumenta la cantidad adsorbida.
- Dado que los procesos de adsorción son generalmente exotérmicos, al aumentar la temperatura disminuye la cantidad adsorbida.

### **C) Tipos de adsorción, según (Walter y Weber,1979)**

Atendiendo a las fuerzas de interacción entre las moléculas de adsorbente y adsorbato, se acepta la existencia de dos tipos fundamentales de adsorción:

#### **- Adsorción física:**

En general, predomina a temperatura baja, y se caracteriza por una energía de adsorción relativamente baja, es decir el adsorbato no está adherido tan fuertemente al adsorbente como en la adsorción química.

#### **- Adsorción química:**

La Interacción química entre el adsorbente y el adsorbato viene favorecida por una temperatura más elevada, debido a que las reacciones químicas proceden más rápidamente a temperaturas elevadas que más bajas.

### **D) Parámetros que influyen en el proceso de adsorción**

#### **- Efecto del tiempo de contacto**

El efecto del tiempo de agitación o contacto entre las fases sólido-líquido en un proceso de adsorción, es un factor importante, ya que determinan la distribución de equilibrio del adsorbato y adsorbente, estableciendo el tiempo de equilibrio y describiendo su cinética (Vilchis, 2013, p.21).

#### **- Efecto del tamaño de partícula**

La adsorción tiene lugar fundamentalmente en el interior de las partículas, sobre las paredes de los poros en puntos específicos, la cantidad de adsorbato (soluto) que se puede adsorber es directamente proporcional al volumen. (Tejada y Villabona, 2014, p.5).

#### **- Efecto de la concentración del adsorbato**

Los datos experimentales sobre el efecto de la concentración del adsorbato nos permiten estudiar una isoterma; es una ecuación que expresa la relación existente en el equilibrio, a temperatura constante que existe entre la concentración del adsorbato en la fase líquida y la adsorbida por la superficie del adsorbente. (Cooney, 1999 en Vilchis, 2013, p.24)

- **Influencia del pH en la adsorción**

El valor del pH de la fase acuosa es el factor más importante tanto en la adsorción de cationes como de aniones, siendo el efecto distinto en ambos casos, mientras que la adsorción de cationes suele estar favorecida para valores de pH superiores a 4,5, la adsorción de aniones prefiere un valor bajo de pH, entre 1,5 y 4 (Kuyucak y Volesky, 2008 en Garcés, 2012, p.35).

- **Efecto de la temperatura**

En general, los parámetros termodinámicos expresan las alteraciones en la energía y su distribución en los procesos de adsorción, que tienen lugar cuando pasa de un estado inicial definido a un estado final de equilibrio. (Malkoc, 2006 en Vilchis, 2013, p.26)

- **Efecto de la dosis de adsorbente en la adsorción**

La cantidad de adsorbente es el factor que va a limitar hasta cierto punto la concentración de metal que se adsorbe, es decir a mayor cantidad de adsorbente, obtendremos una mayor adsorción, pero lo ideal es llegar a una relación de equilibrio, entre la cantidad de adsorbente y la concentración de metal, para un óptimo resultado de adsorción. (Garcés y Coavas, 2012, p.36).

### **1.3.3. Técnicas para la eliminación del plomo**

En vista de los graves problemas ambientales y de salud que surgen por la presencia de altas concentraciones de plomo en cuerpos de agua, como consecuencia de los diversos procesos industriales, hoy en día existen métodos eficientes que se pueden emplear para remediar aguas contaminadas.

#### **A) Generalidades de la cáscara de naranja**

La cáscara de naranja se obtiene como subproducto de la manufactura de jugos, y se elimina como desecho, trayendo consigo la generación de gran cantidad de residuos, siendo arrojados al ambiente, perjudicando la salud de la población. (Pinzón 2010 en Cardona, 2012, p.4).

Tradicionalmente, las cáscaras de naranja eran procesadas para obtener las fracciones volátiles y no volátiles de los aceites esenciales y aromas en las bebidas gaseosas, helados, pasteles, ambientadores, perfumes y los productos cosméticos. (Foo, 2011 en Garces, 2012, p.38).

Es por ello que se pretende aprovechar las cascara de naranja, pues estudios demuestran la gran capacidad que tiene para adsorber o remover metales pesados presente en el agua, método muy factible, bajo costo y fácil accesibilidad.

#### **B) Mecanismos de la cáscara de naranja**

La cáscara de naranja (*Citrus sinensis*), presenta ciertas características en su estructura (rigidez, porosidad, entre otras) y composición química (grupos funcionales o sitios activos para la unión con los iones metálicos) que permiten la formación de fuertes enlaces con los iones metálicos, además, determinan las posibles modificaciones químicas o físicas que se llevaran a cabo para aumentar el potencial de adsorción del biomaterial. (Muñoz, 2007 en Cardona, 2012, p.4).

Los materiales lignocelulósicos en su mayoría están conformados por celulosa, hemicelulosa, pectina y lignina, estos polímeros de cadenas largas ramificadas o lineales, se encuentran presentes en las paredes celulares de las plantas. (Garcés y Coavas, 2012, p.39).

Estas contienen polisacáridos, proteínas y lípidos, y, por tanto, numerosos grupos funcionales capaces de enlazar metales pesados en la superficie de estos, entre los grupos funcionales presentes se pueden mencionar los grupos amino, carboxílico, hidrolítico, fosfato, tiol y son los principales responsables de la adsorción de los iones metálicos. (Ghimire, 2003 en Cardona y cabañas, 2013, p.4).

#### **1.4. Formulación del problema**

¿Cuál es el efecto de la granulometría y peso de la cáscara de *Citrus sinensis* (naranja) en la remoción de plomo presente en aguas de la laguna de Pías – Pataz?

#### **1.5. Justificación del estudio**

La presente investigación es muy conveniente ya que servirá para remediar la contaminación en cuerpos de agua por metales pesados, la cual es una problemática que aqueja a nuestra sociedad, hoy en día muchos ecosistemas son contaminados, ocasionado problemas a la salud, animales y plantas.

Por otro lado, se pretende aprovechar y dar un valor agregado a los residuos de cascara de naranja (*Citrus sinensis*), pues como se sabe, no tiene costo alguno, se encuentra en gran cantidad, y presenta diversas propiedades para adsorber metales pesados. Finalmente se pretende incentivar a futuras generaciones a crear e implementar nuevos métodos, con la finalidad de mitigar la contaminación ambiental.

Así mismo se pretende contribuir con la población, pues muchas veces personas, animales consumen el agua de dicha laguna, trayendo esto consigo problemas en la salud, pérdida de la flora y fauna presente, es así que mediante esta investigación la población y medio ambiente se verán beneficiados, ya que se pretende lograr un equilibrio con el medio ambiente y una mejor calidad de vida en la sociedad.

Por tal motivo, con la finalidad de reducir los problemas de contaminación que aquejan al medio ambiente, tal es el caso de la contaminación por relaves mineros, estos son vertidos de manera desmedida en los cuerpos de agua, destruyendo los recursos naturales presentes, y perjudicando a las poblaciones aledañas, se aplicó el método de adsorción para remoción de metales pesados, utilizando la cascara de naranja (*Citrus sinensis*) como tecnología para remediar aguas contaminadas.

## **1.6. Hipótesis**

La granulometría y el peso de la cáscara de *Citrus sinensis* (naranja) afectan en la remoción del plomo presente en las aguas de la Laguna Pías - Pataz.

## **1.7. Objetivos**

### **1.7.1. Objetivo General**

- Evaluar el efecto de la granulometría y peso de la cáscara de *Citrus sinensis* (naranja) en la remoción del plomo presente en aguas de la Laguna de Pías- Provincia de Patáz.



### 1.7.2. Objetivos Específicos

- Evaluar las combinaciones de granulometría y peso de la cáscara de *Citrus sinensis* (naranja) que permita determinar la mejor combinación en la remoción de plomo presente en aguas de la Laguna de Pías.
- Determinar la mayor remoción de plomo presente en aguas de la Laguna de Pías, mediante la cáscara de *Citrus sinensis* (naranja).

## II. MÉTODO

### 2.1. Diseño de investigación

La investigación presentó un diseño experimental tipo bifactorial (3x2), sobre las pruebas que se realizaron junto con la muestra recolectada en la laguna Pías, y la utilización de cáscara de *Citrus sinensis* (naranja) para la remoción de plomo presente en las muestras. En la siguiente tabla se muestra una relación de las variables independientes; peso de la cascara de *Citrus sinensis* naranja (g/L) y la granulometría (tamaño de partícula).

*Variable Independiente (P)*

P1	P2
----	----

*Variable Independiente (G)*

Grupo Control
---------------

G1	G2	G3
----	----	----

**Tabla 1:** Diseño de investigación

Peso \ Granulometría (mm)	$P_1$ (5g)	$P_2$ (10g)	N° de Repeticiones
$G_1$ (0.841)	$P_1G_1$	$P_2G_1$	3
$G_2$ (0.400)	$P_1G_2$	$P_2G_2$	
$G_3$ (0.25)	$P_1G_3$	$P_2G_3$	

Fuente: propia

Donde:

P = Peso de cáscara de naranja (g)

P<sub>1</sub> = Peso 1 (5)

P<sub>2</sub> = Peso 2 (10)

G = Granulometría cáscara (mm)

G<sub>1</sub> = Granulometría 1 (0.841)

G<sub>2</sub> = Granulometría 2 (0.400)

G<sub>3</sub> = Granulometría 3 (0.250)

- Se basó en un diseño bifactorial de 3x2, teniendo 6 tratamientos, multiplicada por el número de repeticiones que serán 3, dando un total de 18 pruebas.
- Volumen de unidad de análisis por tratamiento de 0,5 litros de agua de laguna.
- Velocidad de mezclado por tratamiento de 120 rpm.
- Tiempo por cada tratamiento de 90 minutos.

## **2.2. Variables y operacionalización**

### **2.2.1 Variables independientes:**

- Peso de la cáscara de *Citrus sinensis* (naranja).
- Granulometría de la cáscara de *Citrus sinensis* (naranja).

### **2.2.2 Variable dependiente:**

- Remoción del plomo total

**Tabla 2:** Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
<b>V. Independiente</b>					
Peso de la cáscara de <i>Citrus sinensis</i> (naranja).	Es la cantidad eficiente para lograr la remoción de plomo.	Se evaluaron dos pesos de cáscara de <i>Citrus sinensis</i> (naranja) en gramos, medidas mediante una balanza analítica.	Peso	5g 10g	Razón
Granulometría de la cáscara de <i>Citrus sinensis</i> (naranja).	Es la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado, tal como se determina por análisis de tamices.	Se evaluaron tres tamaños de cáscara de <i>Citrus sinensis</i> (naranja), mediante tamices.	Tamaño de partícula	0.841mm 0.400mm 0.250mm	Razón
<b>V. Dependiente</b>					
Remoción de plomo total	Es el porcentaje de plomo total removido, tomando como referencia la concentración inicial y final de Pb, que se obtiene mediante el proceso de remoción con Cáscara de <i>Citrus sinensis</i> (naranja).	Se determinó mediante espectrofotometría de absorción atómica, aplicando la siguiente fórmula: $\frac{[Pb]ini. - [Pb]final.}{[Pb]inicial} * 100$	Remoción	% de remoción de plomo total.	Razón

Fuente: Propia

### 2.3. Población y muestra

#### - Población

La población estuvo conformada por el volumen de agua de la Laguna de Pías, ubicada en el distrito de Pías, provincia de Patáz, departamento La Libertad, en el punto 18N 219250 871799 y a una altitud de 1 850 msnm.

#### - Muestra

La muestra fue obtenida mediante un muestreo aleatorio simple, según *El Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (Resolución Jefatural N°010-2016-ANA)*, en donde se tomaron 3 puntos de muestreo, muestreando en cada uno de estos un volumen de 9 litros de agua, los puntos de muestreo fueron los siguientes: **M<sub>1</sub>** ubicado en el río Parcoy antes de desembocar en la laguna, **M<sub>2</sub>** ubicado a 20 metros de la orilla hacia el interior de la Laguna Pías y **M<sub>3</sub>** ubicado en zona turística de la Laguna, una vez recogida las muestras se combinaron todas, conformando una muestra integrada de volumen de 27 litros.

#### - Unidad de análisis

La unidad de análisis estuvo representada por los 0,5 litros, obtenida de la muestra integrada de agua, la cual se usó en cada tratamiento experimental en el proceso de remoción de plomo.

### 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

#### 2.4.1. Técnicas y recolección de datos

La determinación de los parámetros fisicoquímicos del agua de la laguna de Pías, se realizaron mediante los métodos normalizados para análisis de aguas superficiales.

**Tabla 3:** Parámetros fisicoquímicos del agua de la laguna de Pías

Parámetros	Método
Plomo	Espectrofotometría de absorción atómica a la llama
pH	Potenciometría

Solidos Totales	Gravimétrico
Conductividad	Conductimetría
Temperatura	Termómetro

Fuente: propia

#### 2.4.2. Validez y confiabilidad

Para la validación y confiabilidad de los equipos e instrumentos que se usaron para la investigación se tomó como referencia a la ley N.º 30224, ley que crea el Sistema Nacional para la Calidad y el Instituto Nacional de Calidad, la dirección de metrología es un órgano de línea del INACAL, responsable de la elaboración y aprobación de las normas metrológicas Peruanas.

**Tabla 4:** Listado de normas metrológicas Peruanas

Código	Español	Edición
NMP 003:2009	Instrumento de pesaje de funcionamiento no automático.	2009
NMP 009:1999	Sistemas de medición de líquidos distintos al agua. Medidores volumétricos patrones	1999
NMP 020:2014	Termómetros eléctricos clínicos con dispositivo de máxima	2014

Fuente: propia

#### 2.5. Método de análisis de datos

##### 2.5.1. Análisis estadístico

Los datos se analizaron mediante el método estadístico (ANOVA) y la prueba post hoc (TUKEY).

- **Análisis de la varianza (Anova)**

Es una herramienta estadística que permite identificar si existe diferencia entre las medias o varianzas de los resultados obtenidos en cada grupo de análisis desarrollados en laboratorio.

- **Método de Tukey**

Es una prueba posterior a la ANOVA para evaluar las pruebas y determinar el tratamiento más efectivo con respecto a la reducción de plomo en las muestras de agua de la laguna de Pías.

## **2.6. Aspectos éticos**

Como investigadora me comprometo a respetar la veracidad de los resultados y muestra, así como los datos obtenidos, respetando la normativa y políticas adoptadas por la Universidad Cesar Vallejo.

### III. RESULTADOS

En la tabla 5, se muestra las principales características fisicoquímicas de la muestra de agua obtenida de la laguna de Pias; ya que influyen directamente en el proceso de remoción.

**Tabla 5:** Caracterización fisicoquímica del agua de la laguna de Pias

<b>Parámetros</b>	<b>Resultado</b>	<b>Decreto supremo N° 004-2017-MINAM</b>
Plomo	1.901	0.05
pH	7.13	6,5
Solidos Totales	85.77	≤ 25
Conductividad	36	2 500
Temperatura (°C)	22	Δ3

Fuente Propia

Se observa que los parámetros fisicoquímicos analizados en laboratorio, presentando los siguientes resultados, un pH de 7.13, solidos totales 85.77, dichos parámetros obtenidos sobrepasan los valores establecidos en los estándares de calidad ambiental para el agua superficial (D.S N° 004-2017-MINAM)

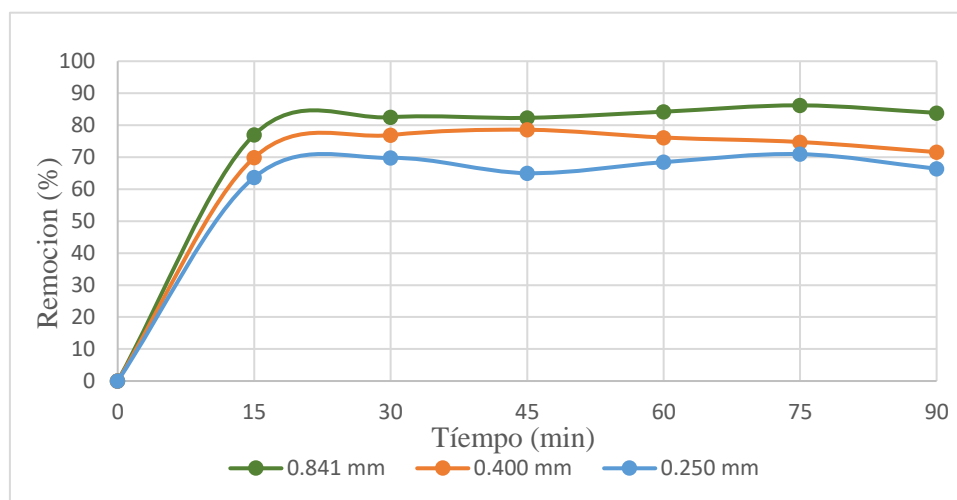
La determinación inicial de plomo, se determinó por el método espectrofotometría de absorción atómica a la llama, a ésta muestra se aplicaron todos los tratamientos, basándose en el diseño bifactorial, cada tratamiento se realizó por triplicado, para obtener al final la eficiencia de cada tratamiento.

A continuación en las tablas 6 y 7, se muestran la concentración inicial de plomo, y los resultados de la concentración y porcentaje promedio de plomo cada cierto intervalo de tiempo (15 min.) a una determinada granulometría (0.841, 0.400 y 0.250 mm) y peso de cáscara de naranja (5 y 10 gramos) por tratamiento respectivamente.

**Tabla 6:** Porcentaje de remoción de plomo después del tratamiento

Concentración inicial de plomo (ppm) = 1.901				
Tiempo (min)	peso (g)	Granulometría (mm)	$\bar{x}$	Remoción (%)
15	5	0.841	0.437	76.995
30			0.333	82.483
45			0.337	82.290
60			0.300	84.219
75			0.262	86.200
90			0.307	83.851
15	5	0.400	0.573	69.858
30			0.439	76.907
45			0.407	78.573
60			0.454	76.135
75			0.480	74.733
90			0.540	71.576
15	5	0.250	0.691	63.668
30			0.575	69.770
45			0.665	65.001
60			0.600	68.438
75			0.552	70.945
90			0.639	66.386

Fuente: propia



**Figura N° 1:** Porcentaje de remoción de Pb en función del tiempo para las diferentes granulometrías con 5 gramos

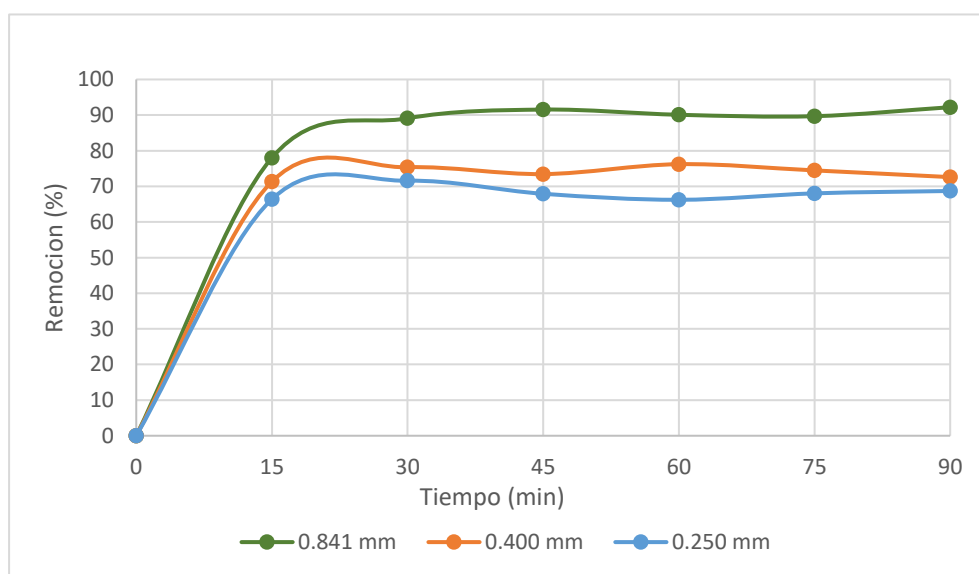
En la figura N°1, se representa los porcentajes de remoción de Pb en función del tiempo combinando las diferentes granulometrías con 5 gramos, siendo la granulometría 0.841mm la que logró el mayor porcentaje de remoción de Pb en un 86.20 % a un tiempo de 75 minutos.



**Tabla 7:** Porcentaje de remoción de plomo después de cada tratamiento

Concentración de plomo inicial (ppm) = 1.901				
Tiempo (min)	Peso (g)	Granulometría (mm)	$\bar{x}$	Remoción (%)
15	10	0.841	0.418	78.012
30			0.207	89.093
45			0.161	91.548
60			0.188	90.093
75			0.196	89.690
90			0.148	92.215
15	10	0.400	0.545	71.331
30			0.468	75.364
45			0.505	73.435
60			0.452	76.223
75			0.485	74.470
90			0.521	72.593
15	10	0.250	0.594	66.386
30			0.540	71.576
45			0.610	67.912
60			0.642	66.228
75			0.608	68.034
90			0.595	68.701

Fuente: propia



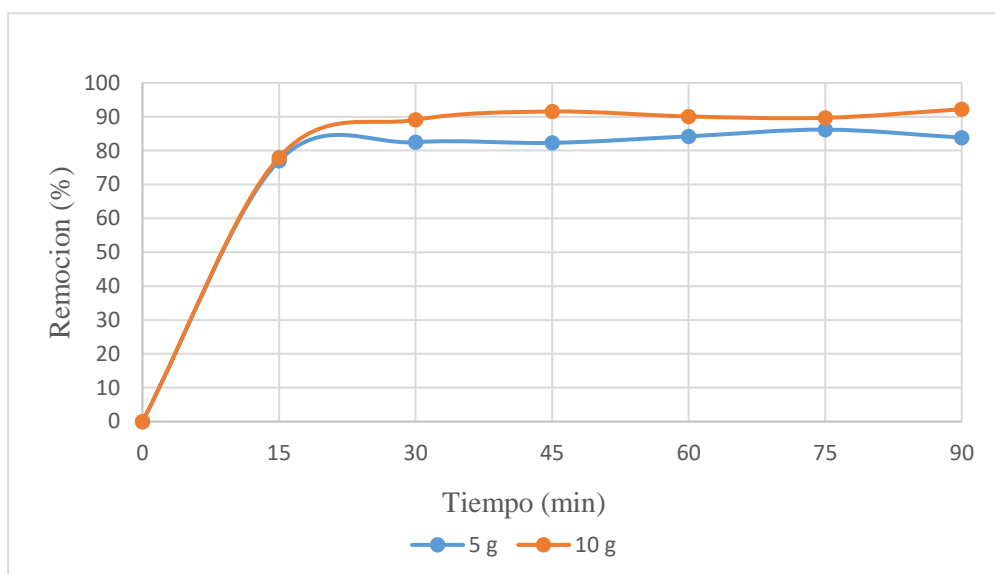
**Figura N° 2:** Porcentaje de remoción de Pb en función del tiempo para las diferentes granulometrías con 10 gramos

En la figura N°2, se representa los porcentajes de remoción de Pb en función del tiempo combinando las diferentes granulometrías con 10 gramos, siendo la granulometría 0.841mm la que logró el mejor porcentaje de remoción de Pb con un 91.55% a un tiempo de 45 minutos.

**Tabla 8:** Porcentaje de remoción de plomo en relación al peso

<b>Plomo inicial (ppm) = 1.901</b>		
<b>Granulometría (0.841 mm)</b>		
<b>Tiempo (min)</b>	<b>5 g</b>	<b>10 g</b>
0	0	0
15	76.995	78.012
30	82.483	89.093
45	82.290	91.548
60	84.219	90.093
75	86.200	89.690
90	83.851	92.215

Fuente propi



**Figura N 3:** Porcentaje de remoción de Pb en función del tiempo para la granulometría 0.841 con diferentes pesos

En la figura N°3, se representa el porcentaje de remoción de Pb en función del tiempo, empleando la granulometría óptima de 0.841 con los diferentes pesos, donde se observa que el peso que logró la mayor remoción de Pb con un 91.55% corresponde al peso de 10 gramos a un tiempo de 45 minutos.

Según teorías para el análisis estadístico de los datos, se debe comprobar estadísticamente que éstos sigan una distribución normal, para ello en la tabla 6 y 7 se presenta la prueba de normalidad usando el método de Shapiro-Wilk; ya que se trabajó con una muestra menor a 50.

**Tabla 9:** Prueba de Normalidad para la granulometría

Granulometría (mm)	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
0.841	0.935	12	0.439
0.400	0.845	12	0.031
0.250	0.789	12	0.007

**H<sub>0</sub>:** Los valores de la remoción de plomo mediante la granulometría siguen una distribución normal.

**H<sub>1</sub>:** Los valores de la remoción de plomo mediante la granulometría no siguen una distribución normal.

Se observa que el valor  $P > 0.05$ , por lo tanto se acepta  $H_0$  y se afirma estadísticamente que los datos tienen una distribución normal, con un nivel de confiabilidad del 95 %.

**Tabla 10:** Prueba de normalidad para el peso

Peso de cáscara de naranja (g)	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
5	0.952	18	0.456
10	0.945	18	0.346

**H<sub>0</sub>:** Los valores de la remoción de plomo mediante el peso de cascara de naranja siguen una distribución normal.

**H<sub>1</sub>:** Los valores de la remoción de plomo mediante el peso de cascara de naranja no siguen una distribución normal.

Se observa que el valor  $P > 0.05$ , por lo tanto se acepta  $H_0$  y se afirma estadísticamente que los datos tienen una distribución normal, con un nivel de confiabilidad del 95 %.

Para determinar estadísticamente si existen diferencias significativas entre las granulometrías y pesos de la cascara de naranja, se aplicó el análisis de varianza (ANOVA). Dicha prueba se presenta a continuación en la siguiente tabla.

**Tabla 11:** Análisis de varianza - ANOVA

Origen	Tipo III Suma de cuadrados	gl	Cuadrado medio	F	Sig.
Modelo corregido	1,130 <sup>a</sup>	5	,226	12,690	,000
Interceptación	70,473	1	70,473	3956,388	,000
Granulometría	,942	2	,471	26,453	,000
Peso naranja	,022	1	,022	1,221	,278
Granulometría * peso naranja	,166	2	,083	4,662	,017
Error	,534	30	,018		
Total	72,138	36			
Total corregido	1,665	35			

**H<sub>0</sub>:** Existe diferencias significativas entre la granulometría y el peso de cascara de naranja

**H<sub>1</sub>:** No existe diferencias significativas entre la granulometría y el peso de cascara de naranja.

Existe diferencias altamente significativas entre los niveles de granulometría con  $P < 0.01$ , a diferencia de los niveles del peso de cáscara de naranja que no es significativa con  $P > 0.05$ , por lo tanto se acepta  $H_0$  y se afirma que existe diferencias altamente significativas entre los niveles de granulometría y el peso de la cascara de naranja.

Se debe aplicar la prueba post hoc TUKEY para determinar la mejor granulometría y el peso de cascara de naranja óptimo para la remoción de plomo del agua de la laguna de Pías– Pataz, se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 12:** Prueba post hoc - TUKEY

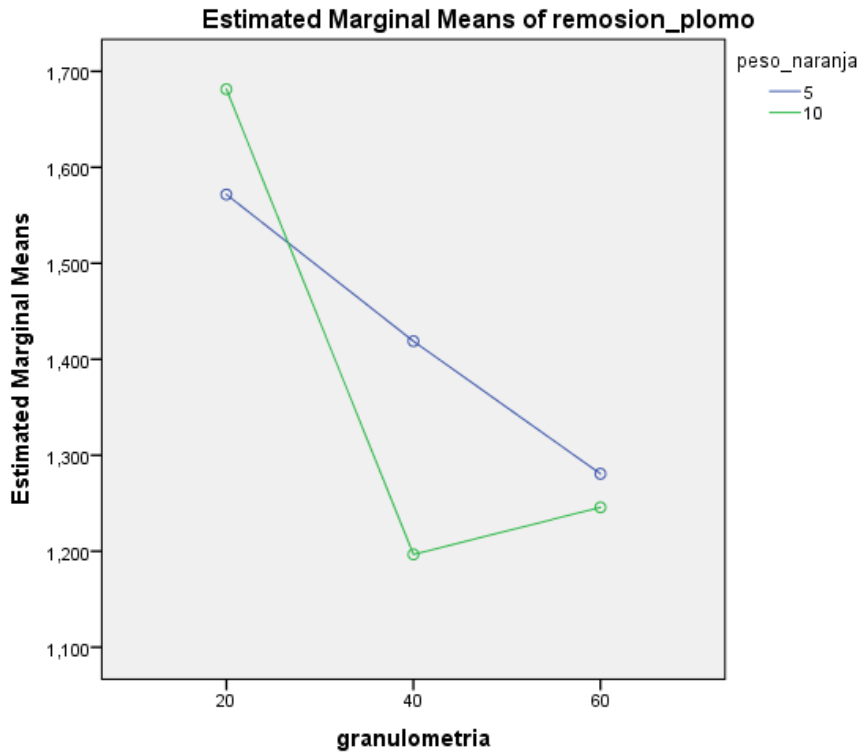
Granulometría (mm)	Granulometría (mm)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
0.841	0.400	,054486	,000	,18443	,45307
	0.250	,054486	,000	,22901	,49766
0.400	0.841	,054486	,000	-,45307	-,18443
	0.250	,054486	,695	-,08974	,17891
0.250	0.841	,054486	,000	-,49766	-,22901
	0.400	,054486	,695	-,17891	,08974

Aplicando la prueba post hoc tukey se determinó que la granulometría 0.841 mm es la que presenta mayor remoción de plomo, con un 95% de confiabilidad.

**Tabla 13:** Prueba post hoc - Promedio

Granulometría (mm)	Peso (g)	Media	Desviación estándar	N
0.841	5	1, 57167	,059258	6
	10	1, 68133	,099637	6
	Total	1, 62550	,096895	12
0.400	5	1, 41883	,063098	6
	10	1, 19667	,158558	6
	Total	1, 30775	,163397	12
0.250	5	1, 28067	,134207	6
	10	1, 24567	,280404	6
	Total	1, 26317	,218083	12
Total	5	1, 42372	,134207	18
	10	1, 37456	,280404	18
	Total	1, 39914	,218083	36

Se determinó mediante el promedio que el peso óptimo que logró la mejor remoción de plomo corresponde al peso de (10) en relación a la granulometría 0.841mm, con un 95% de confiabilidad.



**Figura 4:** Medias Marginales estimadas

En la figura N°4, se puede observar la relación entre la granulometría y las medias marginales estimadas, con el peso de cáscara de naranja de 5 y 10 gramos. Se observa que la mayor remoción de plomo se obtuvo utilizando 10 gramos de cascara de naranja y con una granulometría #20 (0.841 mm).

#### IV. DISCUSION

En la tabla N°5, se puede observar que el parámetro en estudio (Plomo total) presenta una concentración promedio de 1.901 mg de plomo por litro de agua, la cual sobrepasaron los Estándares de Calidad Ambiental para agua superficial, para la categoría 3 (agua para riego de vegetales y bebida de animales), que según la Ley N°28611 MINAM, estos vienen hacer la medida que establece el nivel de concentración de elementos físicos, químicos y biológicos en agua, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Haciendo mención la teoría expuesta por (OEFA, 2016 en Bejarano, 2016) en la cual indica que altas concentraciones de plomo en el agua pueden causar la muerte por envenenamiento e intoxicación tanto de plantas como animales incluido el ser humano, generando problemas de salud como asma, lesiones de piel, enfermedades cardiovasculares, trastorno, cáncer, etc.

En la figura N°1, se muestra los porcentajes de remoción de plomo obtenidos en los tres tratamientos con cáscara de naranja donde se utilizó tres tamaños de granulometría (0.841, 0.400 y 0,250 mm) con un peso de 5 gramos de cáscara para cada tratamiento de remoción, donde se observa que la mayor de remoción de plomo total se obtuvo con la granulometría 0.841 mm logrando un porcentaje de remoción del 86.20% en un tiempo de 75 minutos; resultado similar al que sustenta en su investigación (RENTERÍA, Marusia y RAMIREZ, Leonela, 2005) quien trabajó con 0.5g de biomasa correspondiente a cada tratamiento y a un tiempo de agitación constante de 1 h, el cual logró remover el 86% de plomo usando cáscara de naranja tratada.

Por otro lado combinando la granulometría 0.400 mm, con el mismo peso de 5g se logró remover hasta un 78.57%, de modo comparativo, el resultado es similar al que sustenta (GARCÉS, Luz y COAVAS, Susana, 2012) donde trabajó con un tamaño de partícula de 0.425 mm, y una relación de 6 g/L, teniendo como resultado que sólo logró remover el 66.8% de cromo, llegando a la conclusión que la cáscara de naranja es más efectiva para la remoción de plomo. Mientras que con la granulometría 0.250mm se logró remover un 70.94% de plomo, comparando con la investigación de (RAMIREZ, Michael, 2016), quien trabajo con cáscara de naranja activada para remover cromo en aguas de laguna, trabajó con la misma cantidad de 5g, logrando remover solo un 66,67% de cobre.

En la figura N°2, se muestra los porcentajes de remoción de plomo obtenidos en los tres tratamientos con cáscara de naranja donde se combinaron los tres tamaños de granulometría (0.841, 0.400 y 0,250 mm) con el peso de 10 gramos de cáscara para cada tratamiento de remoción, se observa que se logró la mayor remoción de plomo con la granulometría de 0.841mm, alcanzando un 91.55% en un tiempo de 45 minutos, resultados similares a los que obtuvo en su teoría (CARDONA, Anahí y CABAÑAS, Dulce, 2012), quienes trabajaron con un tamaño de partícula de 0.400mm y con un peso de 0.5g, logrando remover hasta un 99.5% de plomo en un tiempo de 4 horas, estos resultados también tienen similitud a los que obtuvo en su teoría (ALBARRACIN, Francisco, 2014) quien removió plomo en aguas del río Ramis con cáscara de tarwi, dicho autor empleó una masa de 0.1g y un tiempo de 60 minutos, donde el porcentaje de remoción fue del 100%, lo cual indica que la cáscara de tarwi es más efectiva para la remoción de plomo.

Así mismo combinando la granulometría 0.400 mm, con el mismo peso de 10g se logró remover hasta un 76.22% de plomo, de modo comparativo, con la teoría de (MUÑOZ, Juan, 2007), quien planteo remover plomo usando como material biosorbente la cáscara de naranja pre tratada, trabajó con un de 0.2g en 0.5L de solución de plomo, logrando remover hasta un 95% de plomo, lo cual demuestra un porcentaje más efectivo. Mientras que con la granulometría 0.250 mm se logró remover un 71.57% de plomo, comparando con la investigación de (PAREDES, Paola, 2017), quien trabajó con cáscara de banano, usando una cantidad de 21g, tuvo resultados favorables logrando remover un 85% de plomo.

Para el análisis estadístico de los resultados que consiste en verificar que los datos mantengan una distribución normal; para ello en la tabla N° 9 y 10 se puede observar la aplicación de la prueba de normalidad; debido a que el tamaño de la muestra fue menor a 50, se trabajó con la prueba de Shapiro-Wilk dando como resultado que el valor  $P > 0.05$ , por lo tanto se confirma estadísticamente que los datos presentan una distribución normal, a un nivel de confiabilidad del 95 %. Al igual que (GARCÉS, Luz y COAVAS, Susana, 2012), quien aplicó el análisis de varianza (ANOVA) para ver si existía diferencias significativas entre el tamaño de partícula y la relación gramos de cascara /volumen muestra (g/L), con lo cual



estadísticamente se comprobó que si existe diferencias significativas entre los tratamientos.

Al comparar los resultados obtenidos del parámetro en estudio con los ECAs para las categorías 1 y 3 establecidos en el D.S. N° 004-2017-MINAM donde establece el LMP de 0.050 ppm Pb, se determinó que la concentración inicial fue de 1.901 mg/L de plomo la cual excedía para estas categorías, al aplicar el proceso de remoción con cáscara de naranja se consiguió disminuir la concentración de plomo hasta 0.161 ppm (91.55% de remoción) valor aun por encima de lo establecido para dichas categorías, donde se concluye que este tratamiento, de acuerdo al mayor porcentaje de remoción obtenido, sería muy adecuado y útil para tratamiento de aguas con concentración igual o menor a 0.600 ppm Pb.

## V. CONCLUSIONES

- Se concluye que, la granulometría y peso de la cáscara de *Citrus sinensis* (naranja) si afectan significativamente en el proceso de remoción de plomo total, logrando remover hasta un 91.55%, con la granulometría 0.841mm y un peso de 10 gramos.
- Se llegó a la conclusión que, la mejor combinación que logró la mayor remoción de plomo total fue con granulometría 0.841 mm y el peso de 10 g de cáscara, logrando remover hasta un 91.55% del plomo presente en el agua a un tiempo de 45 minutos de iniciado el tratamiento.
- Se determinó estadísticamente con las prueba Post hoc de Tukey, que el mejor tratamiento se obtuvo con un peso de cáscara de naranja de 10 gramos y con la granulometría 0.841 mm, que permitió obtener una remoción de 91.55%, a un intervalo de confianza del 95%.
- Finalmente se determinó que se logró disminuir de 1.901 mg/L de plomo hasta 0.161 ppm (91.55%) valor aun por encima de lo establecido para dichas categorías, donde se concluye que este tratamiento, de acuerdo al mayor porcentaje de remoción obtenido, sería muy adecuado y útil para tratamiento de aguas con concentración igual o menor a 0.600 ppm Pb.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda para futuras investigaciones experimentar con pesos menores a 10 gramos y otra serie de granulometrías de cáscara de naranja, ya que usando dichos pesos se observó que existe poca diferencia de porcentaje de remoción de plomo total.
- Evaluar el efecto de otras variables de proceso, tal como el pH, tiempo de agitación y temperatura.
- Es conveniente trabajar con el precipitado obtenido después del proceso de remoción, con la condición de regenerarlo como insumo para nuevas investigaciones.
- Debido a que existen diversos materiales orgánicos y cada uno poseen propiedades y capacidades de adsorción diferentes, se recomienda experimentar con otros tipos de cascara de frutas los cuales incluso podrían tener selectividad por adsorber ciertos metales específicos.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ALBARRACIN, Francisco. "Capacidad de adsorción para remover el ion metálico Pb (II) por el tanino de la cáscara de tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*), de las aguas del rio Ramis". Tesis (Doctorado en Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente). Universidad Nacional del Altiplano. Puno.2014.180pp.

BEJARANO, John Y GONZALES, Omar. "Influencia del tiempo de contacto y del tamaño de partícula de pectina de naranja (*Citrus sinensis*) en la disminución del contenido de hierro (Fe) en efluentes mineros". Revista científica de la Universidad Nacional de Trujillo (Agroindustrial Science), vol.6.Nº2. Universidad Nacional de Trujillo [En línea]. 2016. [Fecha de consulta: 16 de noviembre del 2017]. Disponible en:  
<http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindsience/issue/view/213>.

CARDONA, Anahí y CABAÑAS, Dulce. "Evaluación del poder biosorbente de cáscara de naranja para la eliminación de metales pesados, Pb (II) y Zn". Revista Académica de Ingeniería, vol.17.Nº1. Universidad Autónoma de Yucatán [En línea]. Enero-abril, 2013. [Fecha de consulta: 25 de setiembre del 2017]. Disponible en:  
<http://www.redalyc.org/pdf/467/46729718001.pdf>

BAIRD, Colín y CANN, Michael. Química Ambiental.2ª edición. Barcelona. Reverté, 2014, pp 537 .ISBN:84-291-7902-X.

GARCÉS, Luz y COAVAS, Susana. "Evaluación de la capacidad de adsorción en la cáscara de naranja (*citrus sinensis*) modificada con quitosano para la remoción de Cr (VI) en aguas residuales". Tesis. (Título de Ingeniero Químico). Universidad de Cartagena. Colombia. 2012. 129pp.

HERNANDEZ, Roberto; FERNANDEZ, Carlos. Metodología de la investigación. 5ºed.Mexico: McGRAW-HILL, 2010. pp 656. ISBN: 978-607-15-02919.

MAURICIO, Nicolás. “Optimización de los procesos de obtención y concentración de pectina de naranja”. Tesis (Doctorado en Ingeniería). Universidad Nacional de La Plata. Argentina. 2015.

MUÑOZ, Juan. “Biosorción de plomo mediante cáscara de naranja “*Citrus sinensis*” pretratada”. Tesis (Título Profesional de Químico). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima. 2007. 142pp.

PAREDES, Paola Y CONTRERAS, Katherin. “Remoción de plomo en agua a partir de cascara *Musa sapientum* (banano) y cascara de naranja (*Citrus sinensis*)”. Proyecto de Investigación. Universidad Cesar Vallejo. Trujillo. 2017.

RAMIREZ, Michael. “Bioadsorción de cobre, cadmio y manganeso con cascara de naranja de las aguas de la laguna Colquicocha”. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales). Universidad Nacional del Callao. Lima. 2016.130pp.

RENTERIA, Marusia y RAMIREZ, Leonela. “Remoción de plomo en solución acuosa por la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*)”. Revista Científica de Investigación y Ciencia, vol.22.N°62. Universidad Autónoma de Aguas Calientes [En línea]. Mayo - agosto, 2014. [Fecha de consulta: 15 de noviembre del 2017]. Disponible en:

<http://www.redalyc.org/pdf/674/67432507001.pdf>

TEJADA, Candelaria y QUIÑONES, Edgar. “Absorción de Cromo Hexavalente en soluciones acuosas por cascara de naranja (*Citrus sinensis*)”. Artículo, vol.10.N°1. Universidad Nacional de Cartagena [En línea]. Enero – Junio, 2011. [Fecha de consulta: 7 de noviembre del 2017]. Disponible en:

<http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v10n1/v10n1a02.pdf>

TEJADA, Candelaria y VILLABONA, Ángel. “Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico”. Revista Tecno Lógicas, vol.18.N°34. Universidad Nacional de Cartagena [En línea]. Enero - junio, 2015. [Fecha de consulta: 19 de noviembre del 2017]. Disponible en:

<http://www.scielo.org.co/pdf/teclo/v18n34/v18n34a10.pdf>

UBILLUS, Julio. “Estudio sobre la presencia de plomo en el Medio Ambiente de Talara”. Revista de tesis Digitales UNMSM. Universidad Nacional Mayor San Marcos [En línea]. 2003. [Fecha de consulta: 28 de septiembre del 2017]. Disponible en:

[http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Ingenie/ubillus\\_lj/cap3.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Ingenie/ubillus_lj/cap3.pdf)

VILLANUEVA, Claudia. “Biosorción de Cobre (II) por biomasa pretratada de cáscara de *Citrus sinensis* (naranja)”. Tesis (Título Profesional de Químico). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima.2006. 74pp.

VILCHIS, Jaqueline. “Adsorción de Pb (II) presente en Solución Acuosa sobre Hidroxiapatitas de Calcio, Estroncio y Bario”. Tesis (Maestra en Ciencias Ambientales). Universidad Autónoma del Estado de México. México. 2013. 87pp.

WALTER J. WEBER, JR. Control de la Calidad del Agua Procesos fisicoquímicos. España. Reverte. 1979. 217P.ISBN:84-291-7522

## ANEXOS

### ANEXO A: RESULTADOS DE REMOCION DE PLOMO CON CASCARA DE NARANJA

**Tabla 14:** Concentración de plomo (mg/L) en las muestras de agua usando 5 g de cáscara de naranja a 0.841, 0.400 y 0.250 mm de granulometría.

<b>Concentración de plomo inicial (ppm) = 1.901</b>							
<b>Tiempo (min)</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Granulometría (mm)</b>	<b>Concentración de Plomo (ppm Pb)</b>				<b>Remoción (%)</b>
			<b>1 rep.</b>	<b>2 rep.</b>	<b>3 rep.</b>	$\bar{X}$	
15	5	0.841	0.464	0.408	0.440	0.437	76.995
30			0.317	0.354	0.328	0.333	82.483
45			0.354	0.311	0.345	0.337	82.290
60			0.385	0.214	0.301	0.300	84.219
75			0.302	0.201	0.284	0.262	86.200
90			0.377	0.230	0.314	0.307	83.851
15	5	0.400	0.674	0.476	0.569	0.573	69.858
30			0.450	0.512	0.355	0.439	76.907
45			0.499	0.378	0.345	0.407	78.573
60			0.681	0.192	0.488	0.454	76.135
75			0.652	0.288	0.501	0.480	74.733
90			0.641	0.468	0.512	0.540	71.576
15	5	0.250	0.576	0.798	0.698	0.691	63.668
30			0.387	0.796	0.541	0.575	69.770
45			0.450	0.896	0.650	0.665	65.001
60			0.463	0.750	0.587	0.600	68.438
75			0.485	0.624	0.548	0.552	70.945
90			0.625	0.658	0.634	0.639	66.386

Fuente: propia

**Tabla 15:** Concentración de plomo (mg/L) en las muestras de agua usando 10 g de cáscara de naranja a 0.841, 0.400 y 0.250 mm de granulometría

Concentración de plomo inicial (ppm) = 1.901							
Tiempo (min)	Peso (g)	Granulometría (mm)	Concentración de Plomo (ppm Pb)				Remoción (%)
			1 rep.	2 rep.	3 rep.	$\bar{X}$	
15	10	Granulometría 0.841	0.585	0.315	0.354	0.418	78.012
30			0.185	0.183	0.254	0.207	89.093
45			0.030	0.213	0.239	0.161	91.548
60			0.190	0.190	0.185	0.188	90.093
75			0.282	0.105	0.201	0.196	89.690
90			0.387	0.023	0.034	0.148	92.215
15	10	Granulometría 0.400	0.520	0.576	0.539	0.545	71.331
30			0.632	0.288	0.485	0.468	75.364
45			0.456	0.478	0.401	0.505	73.435
60			0.444	0.431	0.481	0.452	76.223
75			0.568	0.476	0.412	0.485	74.470
90			0.534	0.498	0.531	0.521	72.593
15	10	Granulometría 0.250	0.587	0.498	0.698	0.594	66.386
30			0.561	0.406	0.654	0.540	71.576
45			0.612	0.577	0.641	0.610	67.912
60			0.567	0.684	0.675	0.642	66.228
75			0.604	0.655	0.564	0.608	68.034
90			0.654	0.544	0.587	0.595	68.701

Fuente: propia



## ANEXO B: PRUEBA DE HOMOGENEIDAD

**Tabla 16:** Prueba de homogeneidad de Varianza - Test de Levene

Variable dependiente : Remoción de plomo			
F	gl 1	gl 2	Sig.
2,249	5	30	0,075

**H<sub>0</sub>:** La variabilidad de la granulometría y el peso de la cáscara de *Citrus Sinensis* (naranja) en la remoción de plomo en aguas de la laguna de Pías- Pataz son homogéneos.

**H<sub>1</sub>:** La variabilidad de la granulometría y el peso de la cáscara de *Citrus Sinensis* (naranja) en la remoción de plomo en aguas de la laguna de Pías- Pataz no son homogéneos.

Se observa que el valor  $P > 0.05$ , por lo tanto se acepta  $H_0$  y se afirma estadísticamente que la variabilidad de la granulometría y el peso de la cáscara de *Citrus Sinensis* (naranja) en la remoción de plomo en aguas de la laguna de Pías- Pataz son homogéneos, con un nivel de confiabilidad del 95 %.

## ANEXO C: EQUIPOS Y MATERIALES

**Tabla 17:** Material de campo y laboratorio para la investigación

Material de campo	Material de laboratorio		
	Equipos e instrumentos	Materiales	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Galoneras de plástico</li> <li>- Guantes</li> <li>- Cooler</li> <li>- Gel pack</li> <li>- Etiquetas</li> <li>- Bolsas plásticas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Balanza Analítica digital calibrada.</li> <li>- pH – metro</li> <li>- Test de jarras</li> <li>- Espectrofotómetro de absorción atómica</li> <li>- Mortero</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vasos de precipitación de 500 y 1000 ml.</li> <li>- Probeta de 100ml.</li> <li>- Papel filtro, etc.</li> <li>- Tamiz de acero</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agua destilada</li> <li>- Ácido Nítrico</li> <li>- Ácido acético</li> </ul>

Fuente: propia

**ANEXO D: PROCEDIMIENTO PARA LA PREPACIÓN DE CÁSCARA DE NARANJA**



**Figura 5:** Selección de la muestra de cáscara de naranja



**Figura 6:** Lavado de la cáscara de naranja



**Figura 7:** Secado de la cáscara de naranja en estufa a 60°C



**Figura 8:** Trituración de la muestra de cáscara de naranja



**Figura 9:** Tamizado de la cáscara usando diferentes mallas granulométricas



**Figura 10:** Muestras clasificadas por granulometría

## ANEXO C: REGISTRO FOTOGRÁFICO



**Figura 11:** Población muestral - Laguna de Pias

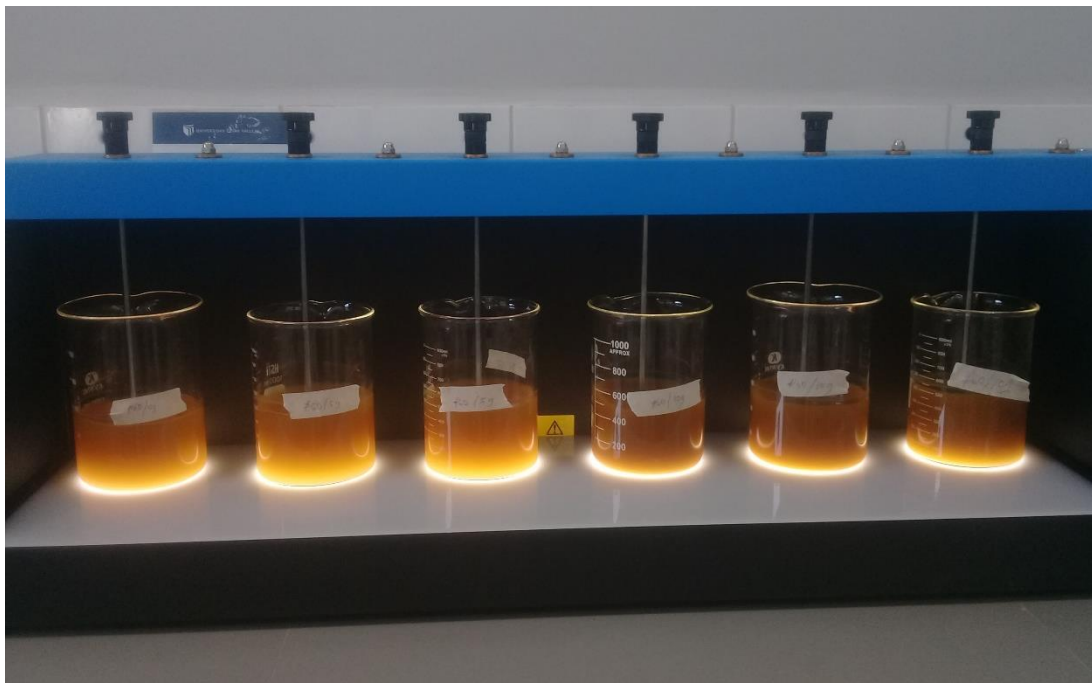


**Figura 12:** Toma de muestra de agua - Laguna de Pias

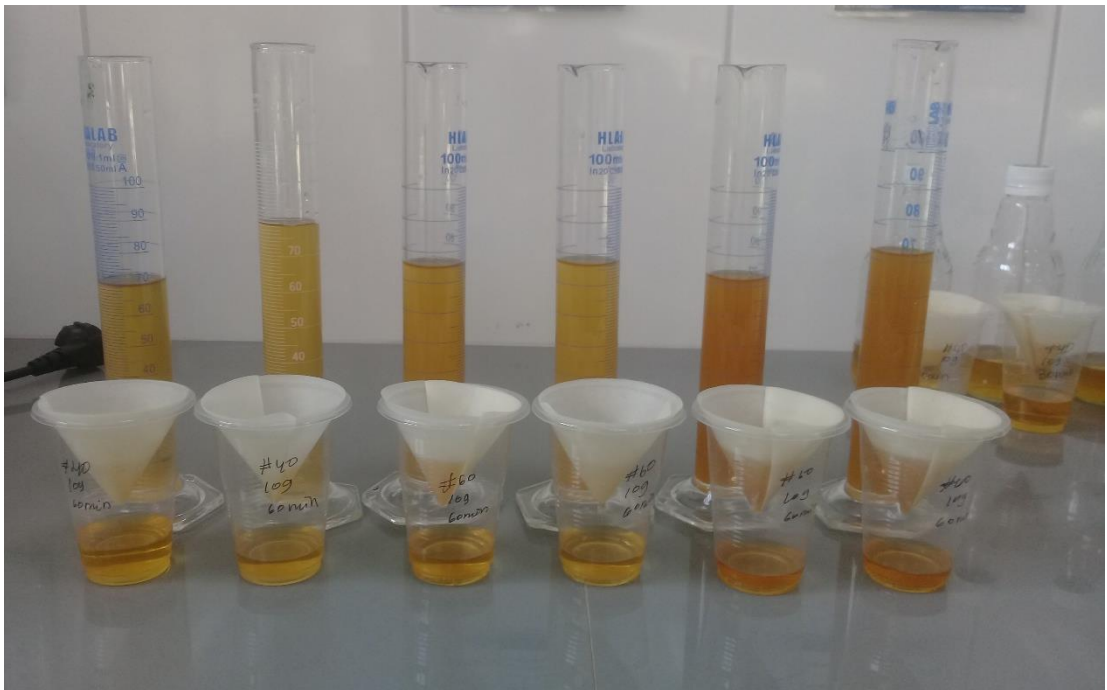
## ANEXO D: PROCEDIMIENTO PARA ANÁLISIS DE MUESTRA



**Figura 13:** Peso de las muestras de cáscara de naranja



**Figura 14:** Agitación de la muestra en el Equipo de Test de jarras



**Figura 15:** Filtrado de muestras terminando el tiempo de agitación





**Figura 16:** Muestras refrigeradas para su respectivo análisis



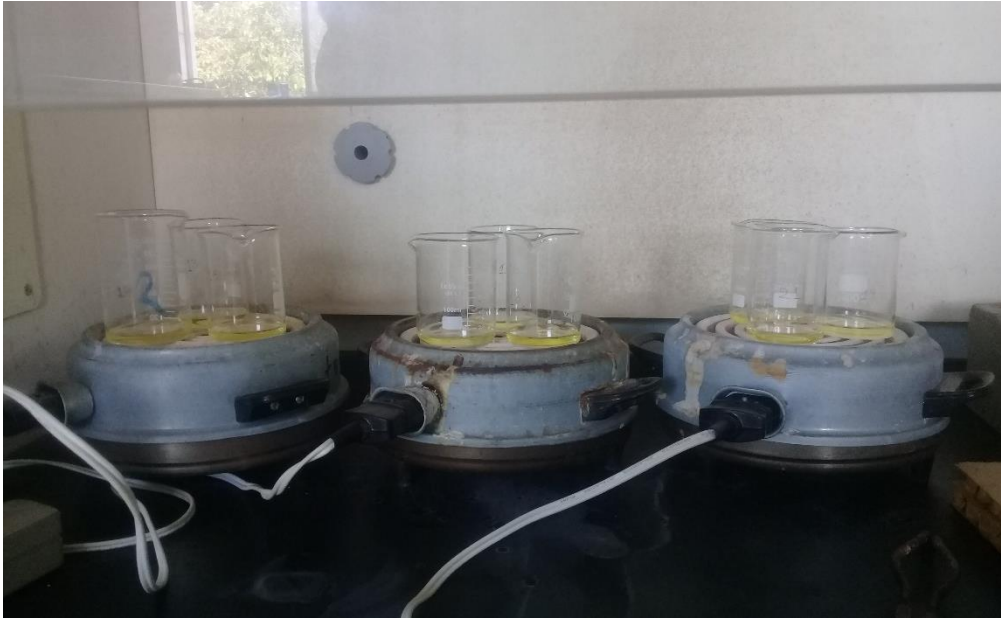
**Figura 1:** Proceso de digestión de la muestra obtenida después del tratamiento



**Figura 18:** Adición de 400ml de peróxido de hidrogeno



**Figura 19:** Adición de 6ml de ácido nítrico concentrado



**Figura 20:** Colocar en la cocina eléctrica por un lapso de 7 min.



**Figura 21:** Cambio de color en la muestra



**Figura 22:** Enfriamiento de la muestra por 5 minutos



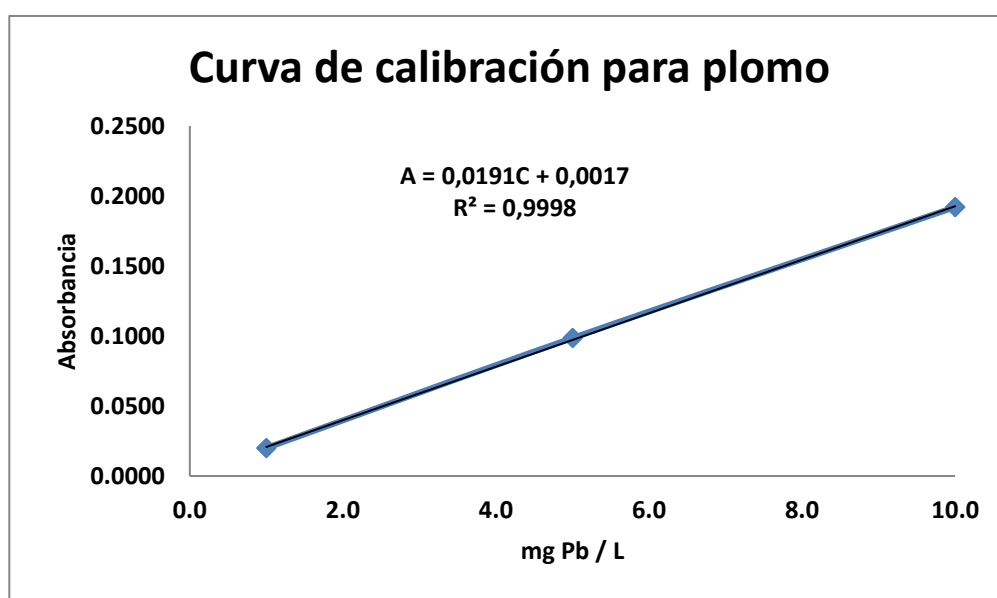
**Figura 23:** Aforar en tubo de ensayo hasta 7ml con agua destilada

## ANEXO E: CURVA DE CALIBRACION PARA PLOMO

Las muestras fueron leídas en el equipo de espectrofotómetro de absorción atómica a la llama.

**Modelo** : PinAAcle 900 F de Perkin Elmer  
**Lámpara** : De descarga sin electrodos para Plomo  
**Sensibilidad** : 0.1 mg/L  
**Longitud de onda** : 283.31 nm  
**Flujo de aire** : 10 L/min  
**Flujo de acetileno** : 2.5 L/min  
**Nebulizador** : Alta sensibilidad  
**Límite de detección:** 10.0 mg/L

Estándar	Concentración, mg Pb / L	Absorbancia
1	1,0	0,0204
2	5,0	0,1195
3	10,0	0,2380



**Figura 24:** Curva de calibración para plomo

## ANEXO F: REPORTE DE ANÁLISIS DE LABORATORIO



### SERVICIOS DE ANÁLISIS Y ASESORÍA **DELTAS** S.R.L.

#### REPORTE DE ANÁLISIS

**SOLICITANTE** : DIANA JAQUELIN MENDOZA QUINTOS  
**MUESTRA** : MUESTRAS DE REMOCIÓN DE PLOMO CON CÁSCARA DE NARANJA EN EL AGUA DE LAGUNA DE PIAS  
**PROCEDENCIA** : TRUJILLO-PATAZ  
**FECHA DE INGRESO** : 04 de mayo de 2018

MUESTRA	mg Pb / L (A)	MUESTRA	mg Pb / L (A)
G <sub>1</sub> P <sub>1</sub> -30min	0,576	G <sub>2</sub> P <sub>1</sub> -120min	0,681
G <sub>1</sub> P <sub>2</sub> -30min	1,431	G <sub>2</sub> P <sub>2</sub> -120min	0,871
G <sub>1</sub> P <sub>1</sub> -60min	0,387	G <sub>2</sub> P <sub>1</sub> -150min	0,652
G <sub>1</sub> P <sub>2</sub> -60min	0,810	G <sub>2</sub> P <sub>2</sub> -150min	0,803
G <sub>1</sub> P <sub>1</sub> -90min	0,450	G <sub>1</sub> P <sub>1</sub> -180min	0,641
G <sub>1</sub> P <sub>2</sub> -90min	0,401	G <sub>1</sub> P <sub>2</sub> -180min	0,772
G <sub>1</sub> P <sub>1</sub> -120min	0,463	G <sub>3</sub> P <sub>1</sub> -30min	0,464
G <sub>1</sub> P <sub>2</sub> -120min	0,268	G <sub>3</sub> P <sub>2</sub> -30min	1,330
G <sub>1</sub> P <sub>1</sub> -150min	0,485	G <sub>3</sub> P <sub>1</sub> -60min	0,317
G <sub>1</sub> P <sub>2</sub> -150min	0,576	G <sub>3</sub> P <sub>2</sub> -60min	0,471
G <sub>1</sub> P <sub>1</sub> -180min	0,625	G <sub>3</sub> P <sub>1</sub> -90min	0,354
G <sub>1</sub> P <sub>2</sub> -180min	0,667	G <sub>3</sub> P <sub>2</sub> -90min	0,030
G <sub>2</sub> P <sub>1</sub> -30min	0,674	G <sub>3</sub> P <sub>1</sub> -120min	0,385
G <sub>2</sub> P <sub>2</sub> -30min	0,520	G <sub>3</sub> P <sub>2</sub> -120min	0,190
G <sub>2</sub> P <sub>1</sub> -60min	0,450	G <sub>3</sub> P <sub>1</sub> -150min	0,302
G <sub>2</sub> P <sub>2</sub> -60min	0,632	G <sub>3</sub> P <sub>2</sub> -150min	0,282
G <sub>2</sub> P <sub>1</sub> -90min	0,499	G <sub>3</sub> P <sub>1</sub> -180min	0,377
G <sub>2</sub> P <sub>2</sub> -90min	0,884	G <sub>3</sub> P <sub>2</sub> -180min	0,387

MUESTRA BLANCO: 1,901 mg Pb / L

(A): Método de Espectrofotometría de Atómica a la Llama

Trujillo 08 de mayo 2018

  
ING. NOÉ COSTILLA SÁNCHEZ  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP 18715 / PERITO QUIMICO



Urb. Monserrate 5ª Etapa Mz. D2 Lote 9 - Trujillo - La Libertad. R.U.C. 20482155058  
Telef.: 044-280011 - 949 960633 - 949 564849. E-mail: deltas09@yahoo.com

**Figura 25:** Reporte de laboratorio de análisis de plomo

# ANEXO G: ESTANDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA EL AGUA – ECAs

D.S. 004-2017-MINA

## Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

El Peruano / Miércoles 7 de junio de 2017

NORMAS LEGALES

17

Tabla N° 1: Estándar de calidad de Amoníaco Total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH<sub>3</sub>)

Temperatura (°C)	pH							
	6	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	10,0
0	231	73,0	23,1	7,32	2,33	0,749	0,250	0,042
5	153	48,3	15,3	4,84	1,54	0,502	0,172	0,034
10	102	32,4	10,3	3,26	1,04	0,343	0,121	0,029
15	69,7	22,0	6,98	2,22	0,715	0,239	0,089	0,026
20	48,0	15,2	4,82	1,54	0,499	0,171	0,067	0,024
25	33,5	10,6	3,37	1,08	0,354	0,125	0,053	0,022
30	23,7	7,50	2,39	0,767	0,256	0,094	0,043	0,021

**Nota:**

(\*)El estándar de calidad de Amoníaco total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 6 a 10 y Temperatura de 0 a 30°C. Para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.

(\*\*)En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoníaco-N (NH<sub>3</sub>-N), multiplicar el resultado por el factor 1,22 para expresarlo en las unidades de Amoníaco (NH<sub>3</sub>).

**Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales**

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/ Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(µS/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Defergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO <sub>3</sub> -N) + Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
<b>INORGÁNICOS</b>				
Aluminio	mg/L	5		5

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Níquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24
<b>ORGÁNICO</b>				
<b>Bifenilos Policlorados</b>				
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0,04		0,045
<b>PLAGUICIDAS</b>				
Paratión	µg/L	35		35
<b>Organoclorados</b>				
Aldrín	µg/L	0,004		0,7
Clordano	µg/L	0,006		7
Dicloro Difetil Tricloroetano (DDT)	µg/L	0,001		30
Dieldrín	µg/L	0,5		0,5
Endosulfán	µg/L	0,01		0,01
Endrín	µg/L	0,004		0,2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01		0,03
Lindano	µg/L	4		4
<b>Carbamato</b>				
Aldicarb	µg/L	1		11
<b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO</b>				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	1 000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	1 000	**	**
Huevos de Helminths	Huevo/L	1	1	**

(a): Para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b): Después de filtración simple.

(c): Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

**Nota 4:**

- El símbolo \*\* dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

**Figura 26: Estándares de calidad ambiental para el agua (ECAs)**