



**UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”**



**FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA E
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“Efecto del pH y tiempo de contacto de los residuos de
Mango Criollo (*mangífera indica l.*) en la adsorción de
plomo de soluciones acuosas”**

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero (a) Químico(a)

AUTORES

Bach. Milser Roel Campos Bautista

Bach. Isabel García Córdova

ASESORA

Dra. Ing. Romero Guzmán, Blanca Margarita

Lambayeque

2020

**“Efecto del pH y tiempo de contacto de los residuos de mango criollo
(*mangífera indica l.*) en la adsorción de plomo de soluciones acuosas”**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(a) QUÍMICO(a)

AUTORES:

Bach. Campos Bautista, Milser Roel

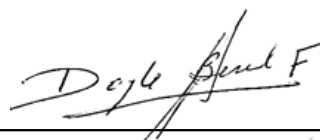
Bach. García Córdova, Isabel

APROBADO ANTE EL SIGUIENTE JURADO:

**Dr(a). Cabrera Salazar, Tarcila Amelia
Presidente**



**M.Sc. Benel Fernández, Doyle Isabel
Secretario**



**Dr. Huangal Scheineder, Sebastián
Vocal**



**Dr(a). Romero Guzmán, Blanca Margarita
Asesora**



DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a:

A la memoria de mi padre Juan Demetrio García Ramírez que en paz descansa, Ana Neli Córdova Calle ella es la razón y motivo que me impulsa a superarme.

A mis hermanos (Kerly, Cinthya, Juan), y sobrinos (Micardo, Keryana).

Isabel García

A mis padres Campos Cruzado Isaías y Rosa Delia Bautista Bautista mis hermanos (Elda y Noer) que, por su apoyo incondicional, su ejemplo de perseverancia, sus consejos y valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien.

Milser Campos

Cada letra, cada palabra plasmada en esta tesis de las dedico desde lo más profundo de mi alma por su apoyo constante en mi superación personal, profesional, por su motivación insaciable en busca del éxito.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a todas mis amigas, por apoyarme cuando más las necesito, por extender su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día, de verdad mil gracias.

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial a nuestra Asesora de Tesis **Dra. Blanca Margarita Romero Guzmán** por compartir sus conocimientos, su pleno apoyo, constancia y guía en la elaboración y término de ésta.

A las Ingenieras de Control de Calidad – Laboratorios de EPSEL, Ing. Jesús Burgos, Ing. Masiel Olgún Cusquen, Ing. Liseth Regalado por su ayuda incondicional en cada análisis.

A Dr. Segundo Guillermo Ruiz Reyes por sus colaboraciones en análisis para hacer posible esta tesis.

Al señor Floriano Saucedo técnico del laboratorio de Fisicoquímica de la Facultad De Ingeniería Química e Industrias Alimentarias por su soporte en cada parte experimental.

A la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, sobre todo a la Facultad de Ingeniería Química, por haberme dado una oportunidad más para poder estudiar y ser un profesional.

A todos mis compañeros, amigos y amigas de la facultad de Ingeniería química por su apoyo incondicional.

INDICE

INDICE	5
RESUMEN	12
ABSTRACT	13
I. INTRODUCCIÓN	14
II. ANTECEDENTES Y BASES TEÓRICAS	15
2.1. ANTECEDENTES	15
2.2. BASE TEÓRICA	16
2.2.1. El mango en el Perú	16
2.2.2.1. Clasificación taxonómica.....	16
2.2.2. Plomo	18
2.2.2.1. Propiedades físico químicas del plomo.....	18
2.2.2.2. Plomo en ambientes acuáticos.	19
2.2.2.3. Toxicidad del plomo..	20
2.2.3. Adsorción	21
2.2.3.1. Tipos de adsorción.	22
2.2.3.2. Fisisorción o adsorción física.....	22
2.2.3.3. Factores que afectan al proceso de la biosorción	23
2.2.3.3.2. Influencia del pH.....	24
2.2.4. Reacción de pseudo orden	27
2.2.5. Cinética de adsorción	27
2.2.5.1. Modelos cinéticos.....	27
III. MATERIALES Y MÉTODOS	30
3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁMBITO DE ESTUDIO	30
3.2. VARIABLES	30
3.2.1. Variables Independiente	30
3.2.2. Variables Dependientes	30
3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	30
3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	32
3.4.1. Población	32
3.4.2. Muestras	32

3.5. MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS	32
3.5.1. Materiales	32
3.5.2. Equipos.....	32
3.5.3. Reactivos	33
3.6. MÉTODOS	33
3.6.1. Análisis físicos	33
3.6.2. Preparación de las muestras	33
3.6.2.1. Selección, pelado, reducción del tamaño y pesado.....	33
3.6.2.2. Secado.....	34
3.6.2.4. Caracterización de la cáscara y endocarpio fibroso	34
3.6.2.5. Determinación porcentaje de celulosa de la cáscara y endocarpio fibroso de mango criollo.	35
3.6.2.6. Determinación de grupos funcionales de la cáscara y endocarpio fibroso de mango criollo.	35
3.6.2.7. Determinación porcentaje de celulosa de la cáscara y endocarpio fibroso de mango criollo.	35
3.6.2.8. Determinación de grupos funcionales de la cáscara y endocarpio fibroso de mango criollo.	35
3.6.2.9. Determinación del pH de adsorbente (cáscara /endocarpio fibroso de mango criollo) sin activación química.	36
3.6.2.10. Activación química de la cáscara y endocarpio fibroso de mango criollo.....	36
3.6.2.11. Caracterización de la cáscara y endocarpio de mango criollo con activación química	36
3.6.2.12. Determinación del porcentaje de celulosa de la cáscara y endocarpio fibroso de mango criollo con activación química..	36
3.6.2.13. Determinación de grupos funcionales de la cáscara y endocarpio fibroso de mango criollo con activación química.	37
3.6.2.14. Determinación del pH de cáscara /endocarpio fibroso de mango criollo con activación química.	37
3.6.3. Proceso de adsorción del Plomo.....	37
3.6.3.1. Capacidad de adsorción de plomo Q^*	38
3.6.3.2. Eficiencia de remoción de Plomo.	39
3.6.4. Cinética de adsorción de Pb (II)	39

□ Modelo de pseudo primer orden	39
□ Modelo de pseudo segundo orden	39
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
4.1. RESULTADOS	40
4.1.1. Análisis físico	40
4.1.2. Composición proximal de la cascara y endocarpio fibroso de mango criollo sin activación química	41
4.1.3. Porcentaje de celulosa de la cáscara y endocarpio fibroso de mango criollo sin activación química	42
4.1.4. Grupos funcionales de cáscara y endocarpio fibroso de mango criollo sin activación química	42
4.1.5. pH de los residuos: cáscara y endocarpio fibroso de mango criollo sin activación química	45
4.1.6. Activación química de los residuos: cáscara y endocarpio fibroso de mango criollo	45
4.1.7. Composición proximal de cáscara y endocarpio fibroso de mango criollo con activación química	46
4.1.8. Porcentaje de celulosa de la cascara y endocarpio fibroso de mango criollo con activación química	47
4.1.9. Grupos funcionales de cáscara y endocarpio fibroso de mango criollo con activación química	47
4.1.10. pH de la cáscara y endocarpio fibroso de mango criollo con activación química	47
4.1.11. Proceso de adsorción del Plomo	50
4.1.12. Cinética de adsorción de Pb (II)	58
4.1.13. Análisis Estadístico	68
4.2. DISCUSIÓN	71
V. CONCLUSIONES	74
VI. RECOMENDACIONES	75
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
VIII. ANEXOS	83

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Mango Criollo de Chulucanas (Piura)-----	17
Figura 2 Cáscara de Mango-----	18
Figura 3 Endocarpio fibroso de mango-----	18
Figura 4 Ciclo de distribución del plomo en los ecosistemas-----	20
Figura 5 Harina de cáscara de mango criollo sin activación química-----	40
Figura 6 Harina de endocarpio fibroso de mango criollo sin activación química-----	41
Figura 7 Espectro FTIR para la cáscara de mango criollo sin activación química-----	42
Figura 8 Espectro FTIR del endocarpio fibroso del mango criollo sin activación química--	44
Figura 9 pH de los residuos de cascara y endocarpio de mango-----	45
Figura 10 Harina de cáscara de mango criollo con activación química-----	45
Figura 11 Harina de endocarpio fibroso de mango criollo con activación química-----	46
Figura 12 Espectro FTIR para la cáscara de mango criollo con activación química-----	47
Figura 13 Espectro FTIR para el endocarpio fibroso de mango criollo con activación química -----	48
Figura 14 Capacidad de adsorción de Pb +2 de la cáscara de mango criollo sin activación a diferentes tiempos de contactos y pHs-----	51
Figura 15 Porcentaje (%) de adsorción de Pb +2 de la cáscara de mango criollo sin activación a diferentes tiempos de contactos y pHs-----	51
Figura 16 Capacidad de adsorción de Pb +2 de la cáscara de mango criollo con activación a -----	53
Figura 17 Porcentaje de adsorción de Pb +2 de la cáscara de mango criollo con activación -----	53
Figura 18 Capacidad de adsorción de Pb +2 del endocarpio de mango criollo sin activación- -----	55
Figura 19 Porcentaje (%) de adsorción de Pb +2 del endocarpio de mango criollo sin activación-----	55
Figura 20 Capacidad de adsorción de Pb +2 del endocarpio de mango criollo con activación -----	57
Figura 21 Porcentaje (%) de adsorción de Pb +2 del endocarpio de mango criollo con activación-----	57
Figura 22 Cinética de adsorción con respecto al tiempo de contacto (min)-----	58

Figura 23 Ajuste de modelo pseudo primer orden-----	59
Figura 24 Ajuste de modelo pseudo segundo orden-----	59
Figura 25 Cinética de adsorción con respecto al tiempo de contacto (min) -----	61
Figura 26 Ajuste de modelo pseudo primer orden-----	61
Figura 27 Ajuste de modelo pseudo segundo orden-----	62
Figura 28 Cinética de adsorción con respecto al tiempo de contacto (min) -----	63
Figura 29 Ajuste de modelo pseudo primer orden-----	64
Figura 30 Ajuste de modelo pseudo segundo orden-----	64
Figura 31 Cinética de adsorción con respecto al tiempo de contacto(min) -----	66
Figura 32 Ajuste de modelo pseudo primer orden-----	66
Figura 33 Ajuste de modelo pseudo segundo orden-----	67

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Factores y niveles para la cáscara de mango criollo -----	31
Tabla 2 Factores y niveles para el endocarpio fibroso de mango criollo-----	31
Tabla 3 Residuos de mango criollo utilizados como adsorbentes -----	38
Tabla 4 Composición proximal de los residuos de mango criollo-----	41
Tabla 5 Porcentaje de celulosa en los residuos de mango criollo -----	42
Tabla 6 Señales más importantes del espectro FTIR en la cascara de mango criollo -----	43
Tabla 7 Afinidad de grupos funcionales con iones metálicos -----	43
Tabla 8 Señales más importantes del espectro FTIR en el endocarpio fibroso de mango criollo -----	44
Tabla 9 Composición proximal de los residuos de mango criollo con activación -----	46
Tabla 10 Porcentaje de celulosa según el tipo de residuo -----	47
Tabla 11 Señales más importantes del espectro FTIR en la cáscara de mango criollo con activación química-----	48
Tabla 12 Señales más importantes del espectro FTIR en el endocarpio fibroso de mango criollo con activación química -----	49
Tabla 13 pH de la cascara y endocarpio de mango criollo con activación química -----	49
Tabla 14 Concentraciones finales y capacidad de adsorción de la cáscara de mango criollo sin activación-----	50
Tabla 15 Concentraciones finales y capacidad de adsorción de la cáscara de mango con activación-----	52
Tabla 16 Concentraciones finales y capacidad de adsorción del endocarpio fibroso de mango criollo sin activación-----	54
Tabla 17 Concentraciones finales y capacidad de adsorción del endocarpio fibroso de mango criollo con activación-----	56
Tabla 18 Concentración de adsorción según pH y tiempo -----	58
Tabla 19 Resultados de ajuste de modelos cinéticos-----	60
Tabla 20 Concentración de adsorción según pH y tiempo -----	60
Tabla 21 Resultados de ajuste de modelos cinéticos-----	62
Tabla 22 Concentración de adsorción según pH y tiempo -----	63
Tabla 23 Resultados de ajuste de modelos cinéticos-----	65
Tabla 24 Concentración de adsorción según pH y tiempo -----	65
Tabla 25 Resultados de ajuste de modelos cinéticos-----	67

Tabla 26 Señales más importantes del espectro FTIR en el endocarpio fibroso de mango criollo con activación química -----	68
Tabla 27 Análisis de varianza (ANOVA) para el endocarpio fibroso del mango criollo -----	70

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo determinar el efecto del pH y tiempo de contacto de los residuos de mango criollo de Chulucanas, Piura en el proceso de adsorción de plomo presente en una solución sintética de $Pb(NO_3)_2$ grado reactivo (similar a la de los efluentes de las minas Río Tingo Maygasbamba centro poblado San Nicolás – Hualgayoc, Cajamarca). Los residuos de mango (cáscara y endocarpio fibroso) se caracterizaron por los métodos de la Association of Official Analytical Chemists (AOAC), los grupos funcionales por espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), los porcentajes de celulosa mediante el método modificado de Kurschner y Hoffer. Para el proceso de adsorción se procedió a la activación de la cascara y endocarpio fibroso con HNO_3 0,1M y la capacidad de adsorción de plomo fueron evaluados a pH de 3,5; 5; 7 y tiempo de contacto 30, 60, 90 y 120 minutos.

Loa resultados muestran que la mayor capacidad de adsorción (Q^*) de plomo se obtuvo con el endocarpio fibroso sin activación con 26,79 mg/g , a pH 7 , tiempo de contacto de 60 minutos, a una temperatura de operación (28-30°C), y eficiencia de 81,60% ; la cinética de adsorción de la cáscara y endocarpio fibroso del mango criollo respondieron al modelo de segundo orden; el análisis de varianza ANOVA para la cáscara y endocarpio fibroso de mango criollo (sin/con activación química), resultado significativo ($p < 0,05$).

Palabras Claves: Bioadsorbente, Plomo, Remoción, Cinética.

ABSTRACT

The present research aims to determine the effect of the pH and contact time of the residues of Creole mango from Chulucanas, Piura in the process of adsorption of lead present in a synthetic solution of reagent grade $Pb(NO_3)_2$ (similar to that of effluents from the Río Tingo Maygasbamba mines in the San Nicolás - Hualgayoc, Cajamarca). The mango residues (peel and fibrous endocarp) were characterized by the methods of the Association of Official Analytical Chemists (AOAC), the functional groups by Fourier Transform Infrared spectroscopy (FTIR), the cellulose percentages by the modified Kurschner method and Hoffer. For the adsorption process, the skin and fibrous endocarp were activated with 0.1M HNO_3 and the lead adsorption capacity was evaluated at pH 3.5; 5; 7 and contact time 30, 60, 90 and 120 minutes.

The results show that the highest adsorption capacity (Q^*) of lead was obtained with the fibrous endocarp without activation with 26.79 mg / g, at pH 7, contact time of 60 minutes, at an operating temperature (28- 30 ° C), and efficiency of 81.60%; the kinetics of adsorption of the peel and fibrous endocarp of the Creole mango responded to the second order model.

The ANOVA analysis of variance for the skin and fibrous endocarp of Creole mango (without / with chemical activation), was significant ($p < 0.05$).

Keywords: Bioadsorbent, Lead, Removal, Kinetics.

I. Introducción

Actualmente los cuerpos de agua se encuentran contaminadas por diversas sustancias entre ellos los metales pesados altamente tóxicos como el plomo, constituyendo un riesgo a la salud y al entorno. Varios métodos se han propuesto para solucionar esta problemática entre ellos la bioadsorción considerada una tecnología “limpia” con la utilización de adsorbentes no convencionales como los residuos agroindustriales, entre ellos del mango (*Mangífera Indica L.*) para la eliminación de contaminantes en aguas.

Al respecto Iqbal, et. al. (2009). Evalúan la cáscara de mango Kao de la ciudad de Tamil Nadu, India, como un nuevo adsorbente para la eliminación de Cd^{2+} y Pb^{2+} de soluciones acuosas.

Kanjilal et. al. (2014). Aplican el tegumento de la semilla de mango como adsorbente de iones Pb^{2+} de soluciones acuosas, usando tegumento activado y no activado.

El Decreto legislativo N°1278(2016) de la ley de Gestión integral de residuos sólidos, capítulo 2, artículo 5b: "los residuos sólidos generados en las actividades productivas y de consumo constituyen un potencial recurso económico”.

El problema de investigación se formula de la siguiente manera: ¿Cuál es efecto del pH y tiempo de contacto de los residuos de mango criollo (*mangífera indica l.*) en la adsorción de plomo de soluciones acuosas?, con la hipótesis: En la adsorción de plomo de soluciones acuosas por los residuos de mango criollo (cáscara y endocarpio), el pH y el tiempo de contacto son parámetros determinantes que logran una disminución significativa de dicha concentración, con las variables independiente: pH, tiempo de contacto y variable dependiente: porcentaje (%) de adsorción y con los siguientes objetivos: Caracterizar física y químicamente los residuos de mango criollo; cáscara y endocarpio; determinar la capacidad (Q^*) y porcentaje (%) de adsorción; ddeterminar el efecto del pH y tiempo de contacto en el proceso de adsorción de plomo en solución acuosa, con la cáscara y endocarpio fibroso de mango criollo (*Mangífera Indica l.*) sin y con activación química y determinar la cinética de adsorción de la cáscara y endocarpio de mango criollo sin y con activación química.

II. ANTECEDENTES Y BASES TEÓRICAS

2.1. ANTECEDENTES

Olu-owolabi *et al.*, (2012) en su evaluación emplean dos materiales de desecho agrícola: Mango Stone y mazorca del cacao, para la eliminación de iones Cd^{+2} y Pb^{+2} de medios acuosos, concluyendo que la adsorción se ve fuertemente afectado por el pH y la presencia de iones electrolitos (Na y K), asimismo ambos materiales de adsorción son promotores para el desarrollo de la tecnología de bioadsorción económica.

Kumar, Nayak & Agarwall (2015), utilizan diferentes biomásas para evaluar el proceso de adsorción de diferentes metales pesados (Pb^{+2} , Cd^{+2} , Cu^{+2} , Cr^{+2} , Hg^{+2} , Ni^{+2} , Se^{+2} y Zn^{+2}), donde se concluye que el bioadsorbente de cáscara del mango tiene la máxima capacidad de adsorción de del plomo.

Opia (2018), evalúa la biomasa de cáscara de mango (*Mangifera indica*) y las mazorcas de maíz (*Zea mays*), de Effurun, Nigeria como bioadsorbentes clasificados en biomasa y biocarbón para evaluar su capacidad de bioadsorción de metales pesados presente en aguas, determinando que el pH, produce una tasa de adsorción creciente.

Nur et al. (2019), estudia la composición proximal de la cáscara de mango (*Mangifera indica L.*), fibra (3,98%), proteínas (1,04%), y carbohidratos (71,63%) respectivamente para mango (*mangifera indica*) de Malaysia; los cuales fueron reconocidos por medio de la caracterización en base a AOAC 962.09, AOAC 955.04, respectivamente (AOAC, 2016).

Correa (2019), realiza la caracterización del endocarpio fibroso de mango criollo de Chulucanas (*Mangifera indica L.*) a través de la metodología de la Association of Official Analytical Chemists (AOAC), determinando los carbohidratos, fibra y proteína.

2.2. BASE TEÓRICA

2.2.1. El mango en el Perú

“En el Perú se pueden encontrar amplia variedad de mangos los cuales se distinguen por su forma, tamaño, textura y sabor, pero entre las más conocidas comercialmente se pueden encontrar agrupadas en tres categorías” (Correa, 2019, p.5).

“La Variedad Roja, que incluye al Edward, Haden (380-700g), Kent (500-800g), Tommy Atkins (600g); Variedad Verde, que incluye Keitt (600g), Amelie (500-700g); Variedad Amarilla, que incluye Criollo de Chulucanas, Chato de Ica, Ataulfo y Manila” (Correa, 2019, p.5).

“Los frutos de estas plantas se caracterizan por su color amarillo, textura de pulpa jugosa, fibrosidad, forma ovalada y sabor agradable, son empleados para el consumo local en la elaboración de pulpas, jugos simples y concentrados, los cuales son exportados al mercado europeo y estadounidense” (Correa, 2019, p.5).

2.2.2.1. Clasificación taxonómica. El mango (*Mangifera indica* L.) forma parte de las *Anacardaceae* y la clasificación taxonómica de esta especie se presenta a continuación.

- ✓ **Nombre científico.** *Mangifera indica* L.
- ✓ **Reino.** Plantae
- ✓ **División.** Magnoliophyta
- ✓ **Subdivisión.** Magnoliophytina
- ✓ **Clase.** Rosidae
- ✓ **Orden.** Sapindales
- ✓ **Familia.** Anacardaceae
- ✓ **Género.** *Mangifera*
- ✓ **Especie.** *Mangifera indica* L. (Flores, 2014, p. 20).

Mango criollo (mangífera indica l.). Árbol de la familia de las Anacardiáceas, Su desarrollo es grande, existe la probabilidad que supere los 20 metros de altura y según su variedad cambia la extensión. Su tronco cilíndrico tiene la probabilidad de lograr el metro de diámetro. De madera inconsistente y muy viejo. Las hojas, oblongas y lanceoladas, de color verde oscuro brillante, miden de 15 a 40 centímetros se renuevan a lo largo de todo el ciclo vegetativo, preservando una corona copiosa y duradera. Las flores amarillentas o rojizas se desarrollan por centenas en panículas en un promedio de 30 centímetros de largo (BIOPAT, 2018, p.1).

Figura 1

Mango Criollo de Chulucanas (Piura)



El mango criollo de Chulucanas, Piura, contiene cáscara amarilla gruesa, semilla y una pulpa correosa gruesa de color amarillo, tal como se presenta en la Figura 2 y la particularidad de la semilla es ovoide u ovalado, el endocarpio fibroso es voluminoso y leñoso que recubre al cotiledón del mango criollo y su aspecto nivelado (Figura 3).

“El peso del mango criollo varía entre 100 a 190 g. generando residuos: 18,94% de cáscara (piel), endocarpio fibroso 6,76%”. (Correa, 2019, p.7).

Figura 3*Cáscara de Mango***Figura 2***Endocarpio de Mango*

2.2.2. Plomo

El símbolo de este elemento químico es Pb, está considerado como un metal tóxico por la agencia internacional de investigación del cáncer (IARC) y la Administración de seguridad y salud ocupacional (OSHA). Las sales solubles del plomo en el agua generan contaminación, en el hombre causan problemas gastrointestinales como náuseas, vómitos, diarrea, constipación, cólicos, también afecta la síntesis de la hemoglobina causando dificultad en el periodo de vida de los glóbulos rojos, así mismo al sistema nervioso central y periférico (Barón, 2014, p.20).

2.2.2.1. Propiedades físico químicas del plomo.

En la naturaleza, el plomo es un mineral metálico pesado y abundante. La industria lo utiliza mucho debido a su resistencia al horadamiento, al ácido sulfúrico y ácido clorhídrico, adicionalmente es bastante adaptable. Este es un mineral metálico tóxico de baja movilidad incluido al grupo seis-A, de la tabla periódica, con una densidad 11 veces mayor que la del agua, en su estado natural

es de color azulado, pero existe evidencia con color gris empotrado en rocas, cuando es expuesto al viento este se oxida vertiginosamente, tiene baja conductividad eléctrica y se disuelve con simplicidad en ácido, (Cabrera,2009, p.38).

2.2.2.2. Plomo en ambientes acuáticos.

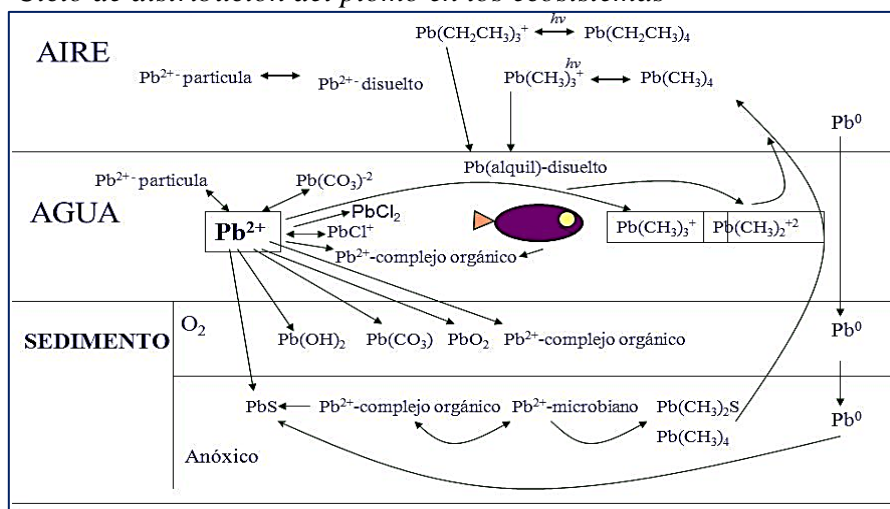
Este metal amuralla la síntesis clorofílica de las plantas. Se ha llegado a informar que, del suelo, las planta han absorbido altos niveles de plomo hasta 500 ppm, por ello en muchos países está prohibido aplicar pesticidas de plomo ya que se acumula en el fango, cieno, y en los organismos. Niveles altos de este metal desfavorecen el desarrollo normal de las plantas. A través de la absorción por medio de la flora, el plomo se incorpora en el eslabón alimenticio. El agua residual proviene con mayor frecuencia de los techos y las calles, (LENNTECH, 2009, p.1).

El plomo no reacciona con el agua cuando está en condiciones normales, pero la reactividad con el agua aumenta cuando el plomo está en contacto con aire húmedo. En el exterior del mineral metálico se forma una pequeña capa de óxido de plomo (PbO); en presencia de oxígeno y agua, el plomo metálico se transforma en hidróxido de plomo (Pb (OH)₂): (LENNTECH, 2009, p.1).



Figura 4

Ciclo de distribución del plomo en los ecosistemas



Nota. Olivero (2016)

“La Resolución Suprema N° 124-2010-PCM. - Límites Máximos Permisibles (LMP) para la Descarga de Líquidos de Actividades Minero - Metalúrgicas” (SINIA, 2010, p.4), estableciendo que la concentración de Pb (II) presente en cualquier momento en aguas residuales en el Perú es de 0,2 mg/L.

2.2.2.3. Toxicidad del plomo. “El plomo no tiene ninguna función en dentro del organismo del ser humano por el contrario puede causar daños y perturbaciones: de la biosíntesis de hemoglobina y anemia.” (Mamani, 2016).

Los efectos sobre la salud del Pb son diversos y la exposición al Pb está asociada con toxicidad para todos los sistemas de órganos. Esto no es sorprendente porque los mecanismos de acción asociados con toxicidad inducida por Pb, incluidas las perturbaciones del homeostasis y el transporte de iones, la unión a proteínas, El estrés oxidativo y la inflamación son comunes a todos los tipos de células. Además, el Pb se distribuye ampliamente en todo el cuerpo y se ha medido en todos los tejidos evaluados (ver Sección 3.1.2). Para todos los órganos sistemas, se ha observado toxicidad a $Pb \leq 10 \mu g / dL$. Los efectos neurológicos del Pb son de gran

preocupación porque se observan efectos en bebés y niños; Además, estos efectos pueden resultar en disminuciones en la función neurológica. Los niños también son más vulnerables debido a comportamientos que aumentan la ingestión de polvos superficiales de Pb (p. ej., actividad de la mano a la boca) y debido a que la absorción del Pb ingerido es mayor en niños que en adultos, posiblemente debido a una combinación de diferencias fisiológicas y diferencias en la dieta y la nutrición. Los pesos de la evidencia para todos los efectos en la salud están fuertemente respaldados por estudios en modelos animales y sistemas in vitro; ver EPA (2014c) para una revisión de esta literatura. (Toxicological Profile for Lead, 2015, p. 14).

2.2.3. Adsorción

Este fenómeno superficial involucra el hacinamiento de sustancias en una determinada área. La composición que se adsorbe se le llama adsorbato y la fase donde ocurre la adsorción adsorbente. Obteniendo como resultado la atracción entre las moléculas de la superficie del sólido (adsorbente) y las del fluido (adsorbato) (Barón, 2014, p.24).

2.2.3.1. Tipos de adsorción.

Existen dos tipos de procesos de adsorción: adsorción física y adsorción química como se explica a continuación.

2.2.3.2. Fisorción o adsorción física.

La fisorción, “causada principalmente por las fuerzas de Van der Waals y electrostáticas, dándose estas entre las moléculas del adsorbato y los átomos que componen la superficie del adsorbente” (García, 2012). “La molécula adsorbida se encuentra flotando dentro del interfaz con la capacidad de desplazarse dentro de este; la adsorción física, en general predomina a temperatura baja, el adsorbato no está adherido fuertemente al adsorbente como en la adsorción química” (León, 2017).

2.2.3.2.1. *Quimisorción o adsorción química.* “Conocida como quimisorción o adsorción activa, es un tipo de adsorción que implica una reacción química entre el sólido y la sustancia adsorbida” (Viades, 2013, p.4).

En esta adsorción el adsorbato sufre una interacción química con el adsorbente. Se estima que las moléculas "adsorbidas químicamente" no están libres para el desplazamiento en la superficie o dentro de la interface. Los procesos de adsorción química manifiestan cuantiosas energías de adsorción, ya que el adsorbato forma unos enlaces fuertes localizados en los centros activos del adsorbente. La interacción química entre el adsorbente y el adsorbato viene favorecida por una temperatura más alta, esto se debe a que las reacciones químicas proceden más prontamente a temperaturas elevadas que a temperaturas más bajas (Mamani, 2016, p. 36).

“La adsorción química es generalmente un proceso más lento que la adsorción física y, como la mayoría de las reacciones químicas, con frecuencia implica una energía de activación” (Young, 2013).

“La principal diferencia entre adsorción física y la de tipo químico es la naturaleza del enlace que se forma entre la molécula adsorbida y la superficie del adsorbente” (León, 2017).

2.2.3.3. Factores que afectan al proceso de la biosorción

2.2.3.3.1. *Propiedades del adsorbato.*

Se tiene que considerar su naturaleza de los iones metálicos; escala de dureza. Los iones duros “ Cr^{+3} o Al^{+3} ” poseen afinidad con grupos funcionales que en su estructura contengan moléculas de oxígeno (OH^- , $\text{C}=\text{O}$, $\text{R}-\text{COO}^-$) y convertirse interacciones de tipo electrostático, en tanto los metales blandos “ Ag^+ o Hg^{+2} ” se integran sobre todo con grupos que incluyan nitrógeno o sulfuro a través de interacciones covalentes. (León, 2017).

“El tamaño de las moléculas o iones del compuesto que se adsorbe, puede alterar la capacidad de enlace en los sitios de adsorción, la difusión intra partícula, también a la velocidad del proceso global”. (León, 2017).

2.2.3.3.2. Influencia del pH. El pH desempeña un rol muy importante en el proceso de adsorción. De las maneras que este parámetro influye en la adsorción, se destacan las siguientes:

- 1) El pH del medio hace alterar el estado de los sitios activos de la biomasa.
- 2) Pueden dañar la estructura del material valores de pH extremos.
- 3) La especiación y solubilidad del metal en disolución que son factores que dependen directamente del pH (Chojnacka, 2010, p.8).

Los metales son sustancias electropositivas debido a que ceden cargas positivas a la superficie del sorbente, el cual va aumentando el número de cargas positivas para lograr la adsorción, el traslado de algunos metales aumenta cuando se incrementa el pH (de 3 a 5) y un pH óptimo es el que corresponde a la contención máxima del metal, para un tiempo determinado, la cual se favorece en soluciones ácidas. Cuando el pH se incrementa por encima del valor óptimo, la eficiencia de la biomasa decrece, a valores bajos de pH los cationes metálicos y los protones compiten por los mismos sitios de intercambio en las paredes celulares, el resultado que se obtiene es una menor captación del metal, los metales pesados tienden a formar hidroxocompuestos en una solución alcalina, los cuales después se aceleran (Escobedo, 2018, pp.11-12).

2.2.3.3.2. Efecto de la fuerza iónica.

Cuando se reduce la fuerza iónica, aumenta la eliminación del metal; esto se debe a la competición por los sitios de enlace entre los iones metálicos e iones de las sales que se encuentran en el medio las cuales regularizan la

fuerza iónica. Iones como Na^+ o Mg^{2+} incrementar la fuerza iónica de la disolución y estimula que la adsorción del metal sea ineficiente. A través de procesos electrostáticos estos iones (típicamente iones duros) pueden competir con el metal por los sitios de enlace es así explicado este efecto (León, 2017, p. 20).

2.2.3.3.3. Temperatura.

La temperatura puede llegar a afectar directamente a la interacción entre soluto y adsorbente; la adsorción puede mantenerse constante en un rango limitado de temperaturas. Un mecanismo de intercambio iónico puede regir la eliminación de un compuesto determinado, tal se ha indicado, debido a que este procedimiento no está afectado por la temperatura (León, 2017, p. 20).

2.2.3.3.4. **Tiempo de contacto.** “Hace referencia al momento a partir del cual se satura el bioadsorbente y por más que se mantenga en contacto el metal con el material sorbente, este no aumentará la cantidad de metal extraída” (Cabrera, 2017, p. 76).

“Este tiempo necesario para que se complete el proceso de adsorción es determinante para desarrollar los demás estudios y optimizar el proceso, además del interés que tiene en sí mismo el conocimiento de la cinética del proceso de eliminación” (León, 2017, p. 20).

2.2.3.3.5. *Naturaleza del biosorbente.*

En la armonía de adsorción el adsorbato es un factor destacado. El soluto polar preferirá la fase que es más polar, esto se indica en la regla general para predecir el efecto de la polaridad del soluto sobre la adsorción. se entiende como, un soluto polar será intensamente adsorbido por un adsorbente polar, cuando esté en un disolvente no polar. Existe también el caso del radio atómico del metal, el cual es otro factor referente a la naturaleza del adsorbato, debido a que se cree que a mayor tamaño de éste disminuye la afinidad por los ligandos de la pared. (Escobedo, 2018, p.14).

2.2.3.3.6. *Bioadsorción.*

“Es el proceso de eliminación fisicoquímica de iones pesados o sus compuestos, de aguas residuales mediante el uso de bioadsorbentes como materiales naturales o de origen biológico ha sido reconocida como un tratamiento prometedor debido a su alta eficiencia” (Al-Qodah, Al-Shannag & Adib, 2017).

“La bioadsorción comprende en una fase sólida (biomasa) y una fase líquida (agua) que contiene al metal contaminante disuelto” (Al-Qodah, Al-Shannag & Adib, 2017).

En su estructura química poseen polímeros como, celulosa, lignina, entre otros se refiere la biomasa seca de organismos animales y vegetales o residuos de cultivos de fermentación. Presentan grupos funcionales: tales como aminas, amidas, carboxilatos, hidroxilos, fosfatos, etc; que les adjudican la capacidad de fijar o retener especies metálicas (Borja, et al,2015, p.243).

2.2.4. Reacción de pseudo orden

Reacción que es de un orden diferente de lo que en realidad es. Cuando en una reacción existe exceso de uno de los reactantes, tal que su concentración no se altera a medida que transcurre el tiempo, la investigación cinética no manifestará sujeción alguna de rapidez sobre la concentración de esa sustancia. (Moreno, 2011, p.7).

2.2.5. Cinética de adsorción

“El estudio cinético de los procesos de adsorción proporciona información sobre el mecanismo de adsorción y el modo de transferencia de solutos desde la fase líquida a la fase sólida”. (Boutaréne, 2016).

Explica la velocidad de atrapamiento del adsorbato, lo cual controla el tiempo de alojamiento de este en la interface solido- líquido, y además su conocimiento permite pronosticar la velocidad a la cual el contaminante se remueve del efluente tratado, éstas velocidades se determinan por experimentación y no pueden ser deducidas en ningún caso (Barón, 2014, p. 28).

“La velocidad con que los metales se adsorben en el biosorbente y posteriormente el mecanismo que controla el proceso, así como poder seleccionar los parámetros de operación para el diseño de sistemas de tratamiento para efluentes industriales” (Bermejo, 2016, p.42).

2.2.5.1. Modelos cinéticos.

“Adsorción se divide en tres fases que incluyen la transferencia de moléculas del adsorbato (especies que van a ser adsorbidas contenidas en un solvente) a través

de la capa que rodea el adsorbente (fase sólida que atraer el sorbato)”. (Escobedo, 2018, p.22).

“La biosorción es un proceso rápido. El equilibrio normalmente se alcanza en pocos minutos. Dado que la velocidad del proceso es alta, en algunos casos es incluso difícil de seleccionar y ajustar la ecuación apropiada”. (Escobedo, 2018, p.22).

2.2.5.1.1. Modelo pseudo de Primer Orden

$$\ln (q_e - q_t) = \ln q_e - \frac{k_1}{2.303} t$$

Donde: q_t y q_e es la cantidad de soluto absorbido por masa de sorbente (mg g^{-1}) en cualquier momento y equilibrio, respectivamente, y k_1 es la constante de velocidad de sorción de primer orden (min^{-1}).

La gráfica de línea recta de $\log (q_e - q_t)$ contra t da $\log (q_e)$ como pendiente e intersección igual a $k_1 / 2.303$. Por tanto, la cantidad de soluto absorbido por gramo de sorbente en equilibrio (q_e) y la constante de velocidad de sorción de primer orden (k_1) se pueden evaluar a partir de la pendiente y la intersección (Kowanga et al, 2016, p.73).

Graficando el $\text{Log} (q_e - q_t)$ vs tiempo la intersección de las curvas es el valor de la constante k_1 .

2.2.5.1.2. Modelo pseudo de segundo orden.

Este modelo fue dado a conocer en 1999 y desarrollado por Ho y Mckay. Se utiliza para describir el proceder de reacciones químicas de

sorción. En el cual se plantea que la velocidad de adsorción es proporcional al cuadrado del número de lugares libres sobre la superficie del adsorbente que típicamente se asocia a un fenómeno de quimiosorción (Barón, 2014, p. 29).

En este caso, la velocidad de la cinética de adsorción expresado por la siguiente ecuación:

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{t}{q_e}$$

Donde:

q_t =la cantidad de material adsorbido en el tiempo (mg/gr).

t=Tiempo (min).

q_e =Capacidad de adsorción en equilibrio (mg/gr).

k_2 =Constante de la ecuación (gr/mg x min).

“Si el modelo lineal contiene un coeficiente de correlación R^2 cercano a uno, el proceso de adsorción puede ser expuesto como quimisorción. La constante k_2 , se saca por datos experimentales de la gráfica del intercepto de t/q_t vs tiempo” (León, 2017).

Sí la correlación del coeficiente (R^2) en 0,99 indica la aplicación del sistema en un modelo de pseudo segundo orden. Es importante resaltar que velocidad de reacción depende de la cantidad de iones metálicos en la superficie del sólido y la cantidad de metal sorbido en el equilibrio (Saha & Orvig 2010; León, 2017, p.38).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción del ámbito de estudio

La presente Investigación se realizó en el Laboratorio de Fisicoquímica de la Facultad Ingeniería Química e Industrias Alimentarias, Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Ciencias Biológicas – Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo; laboratorio de Farmacognosia de la Facultad de Farmacia y Bioquímica – Universidad Nacional de Trujillo y Laboratorios de Epsel - Chiclayo.

3.2. Variables

3.2.1. Variables Independiente

- pH
- Tiempo de contacto
- Tipo de bioadsorbente

3.2.2. Variables Dependientes

- Capacidad de adsorción (mg de Pb (II)/g de adsorbente), porcentaje de adsorción.

3.3. Diseño de investigación

El trabajo de investigación presente es de tipo experimental y con diseño factorial de $(4 \times 3 \times 2) = 24 \times 3$.

- ✓ **Cáscara de mango criollo:** Peso fijo: 1,5 g
- ✓ **Factor A (tiempo):** 4 niveles
- ✓ **Factor B (pH):** 3 niveles

Tabla 1

Factores y niveles para la cáscara de mango criollo.

		Factor B: Ph					
Factor A:		Sin activación			Con activación		
tiempo de contacto (min)		3,5	5	7	3,5	5	7
	30						
	60						
	90						
	120						

Nota. Elaboración propia.

Diseño Factorial: $4 \times 3 \times 2 = 24 \times 3$ repeticiones = 72 pruebas

- ✓ **Endocarpio de mango criollo:** Peso de adsorbente (Peso fijo): 1,5 g
- ✓ **Factor A** (tiempo): 4 niveles
- ✓ **Factor B** (pH): 3 niveles

Tabla 2

Factores y niveles para el endocarpio fibroso de mango criollo

		Factor B: pH					
Factor A:		Sin activación			Con activación		
tiempo de contacto (min)		3,5	5	7	3,5	5	7
	30						
	60						
	90						
	120						

Nota. Elaboración propia

3.4. Población y Muestra

3.4.1. Población

Mango criollo de Chulucanas, Piura, adquirido del mercado Moshoqueque de Chiclayo. Solución de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ a 197,02 mg/L (como referencia del reporte de análisis del efluente minero Río Tingo Maygasbamba centro poblado San Nicolás, Hualgayoc - Cajamarca ver (ANEXO D).

3.4.2. Muestras

Mango: 36 frutos maduros (6 kg de mango criollo (*Mangifera indica L.*), (36 endocarpios fibrosos y 36 cáscaras).

36 litros de solución de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ a 197,02 mg/L, (250ml de solución de muestra por triplicado).

3.5. Materiales, equipos y reactivos

3.5.1. Materiales

- ✓ Vaso precipitado de 250 mL y 50 mL (Marca PIREX)
- ✓ Fiolas 1000 mL, 250 mL (Marca PIREX).
- ✓ Probeta 100 mL, 500 mL (Marca PIREX)
- ✓ Vagueta (Marca PIREX)
- ✓ Pipeta (Marca PIREX)
- ✓ Termómetro (Marca NUMAK -10°C - 150°C)
- ✓ Cuchillos
- ✓ Desecador (Marca BRAND)

3.5.2. Equipos

- ✓ Estufa: (Marca MEMMERT)

- ✓ Espectrofotómetro Infrarrojo (FTIR) (Marca Pekin Elmer/ Spectrum two)
- ✓ pH metro (Marca HANNA)
- ✓ Molino manual (Marca CORONA)
- ✓ Tamiz (Marca RIVER)
- ✓ Agitador magnético (Marca Sybron/Thermolyne)
- ✓ Centrífuga (Marca NEOFUGE)
- ✓ Balanza Analítica (Marca BH – EXCELL de precisión 300/0,01 G "BH-300")

3.5.3. *Reactivos*

- ✓ Solución acuosa de Pb (NO₃)₂ a 197,02 mg/L
- ✓ Agua desionizada
- ✓ Agua Potable
- ✓ Ácido nítrico (HNO₃, 0,1N)
- ✓ Hidróxido de Sodio (NaOH, 1N)

3.6. Métodos

3.6.1. *Análisis físicos*

Se especificaron los pesos de 36 frutos del mango criollo y sus partes: cáscara, pulpa, endocarpio fibroso y semilla, expresándose en porcentajes.

3.6.2. *Preparación de las muestras*

3.6.2.1. **Selección, pelado, reducción del tamaño y pesado.** Se seleccionó mangos maduros y en buen estado, los cuales fueron lavados, y posteriormente separados la cáscara, pulpa y semilla. A esta última se le retiró la cubierta (endocarpio fibroso) (figura 3), todos estos residuos fueron lavados con agua desionizada y posteriormente pesados (ANEXO – Figura 37).

3.6.2.2. **Secado.** La cáscara y endocarpio fibroso previamente lavados fueron colocados en una estufa marca Memmert a 30°C durante 7 días, con el objetivo de expeler la humedad de la muestra (ANEXO – Figura 38). Al finalizar el secado de la muestra se procedió al pesado (ANEXO – Figura 39).

3.6.2.3. **Molienda y Tamizado.** La cáscara y endocarpio fibroso por separado, se molieron en partículas finas utilizando un molino manual marca Corona, y posteriormente un Tamiz marca River, para luego ser almacenadas en botellas de polietileno de alta densidad etiquetado, cerradas herméticamente, para análisis posteriores.

3.6.2.4. Caracterización de la cáscara y endocarpio fibroso de mango criollo. Análisis proximal, se aplicaron los Métodos recomendados por la AOAC INTERNATIONAL, 2016:

- ✓ humedad: (AOAC.925.10. 20).
- ✓ Determinación de materia seca: Por diferencia).
- ✓ Determinación de Acidez: (Expresado en H₂SO₄) (NTP 205.039-75).
- ✓ Determinación de proteínas: (Nx5,70) (AOAC.920.87.20).
- ✓ Determinación de grasas: (AOAC. 923.05.20).
- ✓ Determinación de E.L.N.: (Por diferencia).
- ✓ Determinación de cenizas: (AOAC.923.03.20).
- ✓ Determinación de fibra cruda: (AOAC. 962.09.20).

- 3.6.2.5. **Determinación porcentaje de celulosa de la cáscara y endocarpio fibroso de mango criollo.** El método utilizado fue el de Kurschner y Hoffer, y los análisis realizados en el laboratorio de Bromatología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo (ANEXOS -Figura 43 y Figura 44.)
- 3.6.2.6. **Determinación de grupos funcionales de la cáscara y endocarpio fibroso de mango criollo.** A través de un análisis espectrofotométrico de rayos Infrarrojo por Transformada de Fourier mediante un Espectrofotómetro Infrarrojo PERKIN ELMER, MODELO: SPECTRUM TWO), en el laboratorio de Farmacognosia de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional de Trujillo se realizó este procedimiento.
- 3.6.2.7. **Determinación porcentaje de celulosa de la cáscara y endocarpio fibroso de mango criollo.** El método utilizado fue el de Kurschner y Hoffer, y los análisis realizados en el laboratorio de Bromatología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo (ANEXOS -Figura 43 y Figura 44.)
- 3.6.2.8. **Determinación de grupos funcionales de la cáscara y endocarpio fibroso de mango criollo.** Se obtuvo con un análisis espectrofotométrico de rayos Infrarrojo por Transformada de Fourier mediante un Espectrofotómetro Infrarrojo PERKIN ELMER, MODELO: SPECTRUM TWO), en el laboratorio de Farmacognosia de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional de Trujillo.

3.6.2.9. **Determinación del pH de adsorbente (cáscara /endocarpio fibroso de mango criollo) sin activación química.** Se pesó 2 g de la muestra (cáscara /endocarpio fibroso), los cuales se colocaron de manera separada en dos vasos de precipitados, a los cuales se añadió agua desionizada en una cantidad de tres veces su volumen, a una temperatura ambiente (28°C), y se procedió a la medición del pH.

3.6.2.10. **Activación química de la cáscara y endocarpio fibroso de mango criollo.** Se pesaron 0,4 g de cáscara y endocarpio fibroso de mango criollo por separado, los cuales se sometieron a una solución de HNO₃ 0,1M (hidrólisis ácida) a 100 RPM de agitación constante, a temperatura de 28°C (temperatura ambiente) por un tiempo de 60 min y se dejó en reposo (24 horas).

3.6.2.11. **Caracterización de la cáscara y endocarpio de mango criollo con activación química:** Análisis Proximal. Los Métodos usados fueron los recomendados por la AOAC INTERNATIONAL, 2016:

3.6.2.12. **Determinación del porcentaje de celulosa de la cáscara y endocarpio fibroso de mango criollo con activación química.** El método utilizado fue el de Kirchner y Hoffer, llevado a cabo en el laboratorio de Bromatología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

3.6.2.13. Determinación de grupos funcionales de la cáscara y endocarpio fibroso de mango criollo con activación química. Se realizó mediante un análisis espectrofotométrico de rayos Infrarrojo por Transformada de Fourier (Espectrofotómetro Infrarrojo PERKIN ELMER, MODELO: SPECTRUM TWO, en el laboratorio de Farmacognosia de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional de Trujillo.

3.6.2.14. Determinación del pH de cáscara /endocarpio fibroso de mango criollo con activación química. Se pesó 2 g de la muestra (cáscara /endocarpio fibroso), y se colocó por separado en dos vasos de precipitados a los cuales se añadió agua destilada en una cantidad de tres veces su volumen de la muestra de 2 gramos, para facilitar la dilución a temperatura ambiente (28°C); se midió el pH.

3.6.3. Proceso de adsorción del Plomo

En el laboratorio Control de Calidad – EPSEL-Chiclayo se desarrollaron las pruebas del proceso de adsorción de los iones Pb (II)

3.6.3.1. Adsorción de plomo mediante la cáscara y endocarpio fibroso de mango criollo sin y con activación. Se preparó 1 litro de solución patrón de cc. 1g/L de Pb (NO₃)₂ en una fiola de 1 litro de capacidad, a partir de la cual se obtuvieron diluciones de 250 ml con concentración de 197,02 mg/L Pb(NO₃)₂ a pH 3,5; 5 y 7, con 12 muestras (4 muestras x 3 repeticiones) , a las cuales se añadieron 1,5 g de adsorbente sin activación química y 12 muestras (4 muestras x 3 repeticiones), a las cuales se añadieron 1,5 g de adsorbente con activación química como se indica en la tabla 5, agitando a 100 rpm constantemente, a temperatura de 28°C (temperatura ambiente) según los tiempos establecidos (30, 60, 90 y 120 min). Posteriormente se centrifugó, rotuló y se acondicionó.

Tabla 3*Residuos de mango criollo utilizados como adsorbentes*

	Número de muestras
	Peso 1,5 g
Cáscara sin activación química	12
Cáscara con activación química	12
Endocarpio fibroso sin activación química	12
Endocarpio fibroso con activación química	12

Nota. Elaboración propia.

3.6.3.1. Capacidad de adsorción de plomo Q^* . Se realizó para encontrar la capacidad de adsorción óptima de la cascara y endocarpio de mango por Pb^{+2} a un determinado pH y tiempo de contacto

$$q_t = V \left(\frac{C_o - C_f}{m} \right)$$

Dónde:

q_t : Capacidad de adsorción de la cascara / endocarpio fibroso en el equilibrio (mg/g)

C_o : Concentración inicial de la solución con Pb^{+2} (mg/L)

C_f : Concentración final de la solución con Pb^{+2} (mg/L)

m : Masa del adsorbente: cascara /endocarpio fibroso (g)

V : volumen de la solución que contiene Pb^{+2} (L)

3.6.3.2. Eficiencia de remoción de Plomo. Se determinó aplicando la ecuación 4:

$$\%A = \left(1 - \frac{C_f}{C_o}\right) * 100$$

Dónde:

%A: Eficiencia (%) de remoción de Pb^{+2}

3.6.4. Cinética de adsorción de Pb (II)

- ✓ **Modelo de pseudo primer orden**

- ✓ **Modelo de pseudo segundo orden**

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Análisis físico

Peso promedio del mango a analizar: = 153,64 g., de los cuales se generó:

Cáscara (piel): 18.94% del peso total del fruto = 29,10 g. en promedio

Semilla: 14.37% del peso total del fruto = 22,08 g. en promedio

Endocarpio fibroso: 6.76% del peso total de la fruta = 10,38 g. en promedio
61,56 g. de residuo/mango

6 kilos de mango criollo de Chulucanas, Piura = 36 unidades.

Cáscara: (29,10g x 36) = 1047,6 g.

Endocarpio Fibroso: (10,38 g x 36) = 373,68 g.

Figura 5

Harina de cáscara de mango criollo sin activación química



Figura 6

Harina de endocarpio fibroso de mango criollo sin activación química



4.1.2. Composición proximal de la cascara y endocarpio fibroso de mango criollo sin activación química

Tabla 4

Composición proximal de los residuos de mango criollo

Porcentaje (%)	Tipo de residuo	
	Cáscara	Endocarpio Fibroso
Humedad	8,65	9,50
Ceniza	1,90	1,40
Grasa	1,60	2,90
Fibra	4,50	9,25
Proteína	11,97	7,18
Carbohidratos	71,38	69,27

Nota. Reporte del laboratorio de Bromatología, UNPRG-2019.

4.1.3. Porcentaje de celulosa de la cáscara y endocarpio fibroso de mango criollo sin activación química

Tabla 5

Porcentaje de celulosa en los residuos de mango criollo

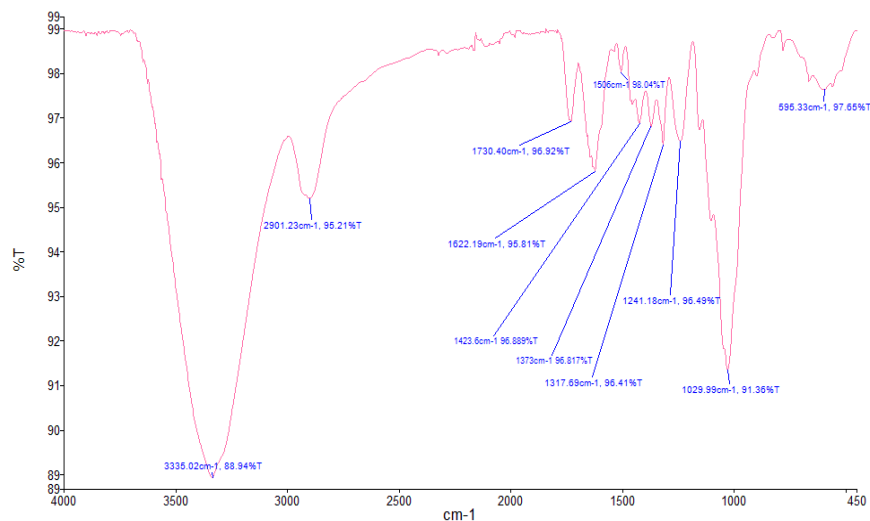
Tipo de adsorbente	% Celulosa
Cáscara	7,18
Endocarpio fibroso	19,02

Nota. Reporte del laboratorio de Bromatología, UNPRG-2019.

4.1.4. Grupos funcionales de cáscara y endocarpio fibroso de mango criollo sin activación química

Figura 7

Espectro FTIR para la cáscara de mango criollo sin activación química



Nota. Reporte del laboratorio Farmacognosia, Facultad Farmacia y Bioquímica, UNT - 2019.

Tabla 6*Señales más importantes del espectro FTIR en la cascara de mango criollo*

Absorbancia (cm-1)	Grupos funcionales
3335	O-H
1423.6 – 1373	C-H 2
2901	C-H
1622,2	C=O

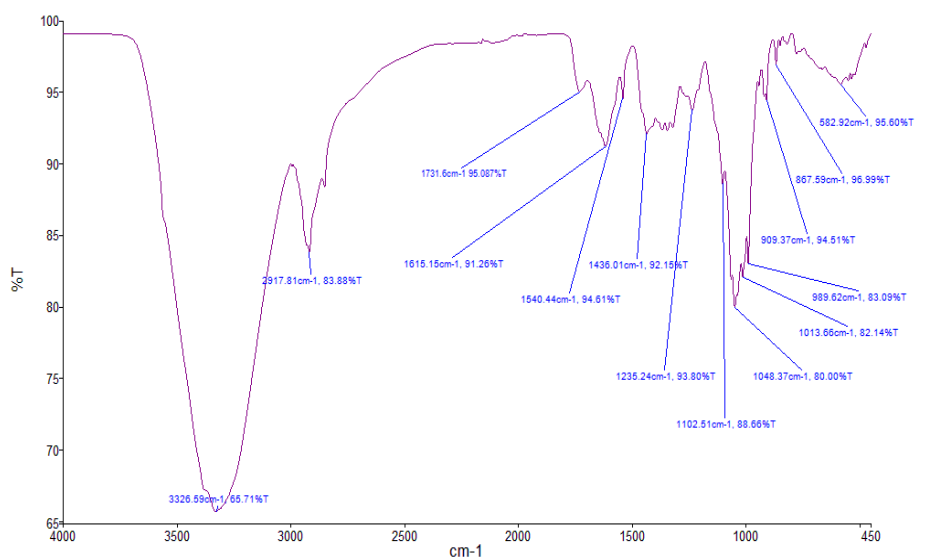
Nota. Reporte de UNT, Laboratorio de Farmacognosia - 2019.**Tabla 7***Afinidad de grupos funcionales con iones metálicos*

Tipo de ligando	Ligando	Grupos de metales
III: ligandos que prefieren al grupo B	H -, I-, R-, OH , CO, S ²⁻ , RS-, R ₂ S, R ₃ As.	Grupo: Rh, Pd, Ag, Lr, Pt, Au, Hg, Ti, Pb , Bi.

Nota. Tejada (2015).

Figura 8

Espectro FTIR del endocarpio fibroso del mango criollo sin activación química.



Nota. Reporte del laboratorio Farmacognosia, Facultad Farmacia y Bioquímica, UNT - 2019.

Tabla 8

Señales más importantes del espectro FTIR en el endocarpio fibroso de mango criollo

Absorbancia (cm ⁻¹)	Grupos funcionales
3326,6	O-H
2917,8	C-H
1615,1	C=O

Nota. Reporte de UNT, Laboratorio de Farmacognosia – 2019

4.1.5. pH de los residuos: cáscara y endocarpio fibroso de mango criollo sin activación química

Figura 9

pH de los residuos de cascara y endocarpio de mango.

Preparación	Residuo	Parámetro	Resultado
Sin Activación	Endocarpio	pH	5,75
Química	Cáscara		5,60

Nota. Reporte de laboratorio.

4.1.6. Activación química de los residuos: cáscara y endocarpio fibroso de mango criollo

Figura 10

Harina de cáscara de mango criollo con activación química



Figura 11

Harina de endocarpio fibroso de mango criollo con activación química



4.1.7. Composición proximal de cáscara y endocarpio fibroso de mango criollo con activación química

Tabla 9

Composición proximal de los residuos de mango criollo con activación

Porcentaje (%)	Tipo de residuo	
	Cáscara	Endocarpio Fibroso
Humedad	12,56	13,34
Ceniza	1,50	1,60
grasa	1,20	1,90
Fibra	4,25	2,75
Proteína	9,92	2,60
Carbohidratos	70,57	77,81

Nota. Reporte del laboratorio de Bromatología, UNPRG-2019.

4.1.8. Porcentaje de celulosa de la cáscara y endocarpio fibroso de mango criollo con activación química

Tabla 10

Porcentaje de celulosa según el tipo de residuo

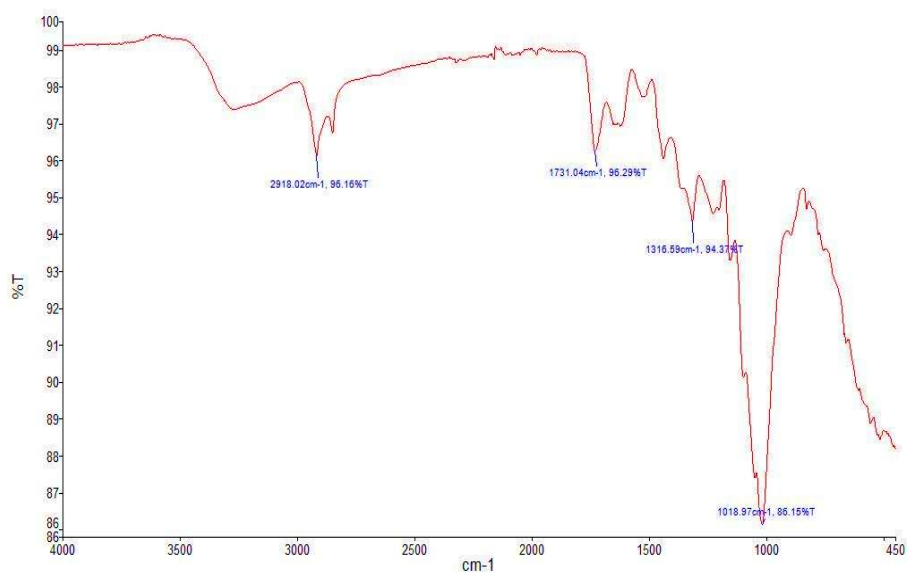
Residuo	% Celulosa
Cáscara con activación química	4,36
Endocarpio fibroso con activación química	7,15

Nota. Reporte del laboratorio de Bromatología, UNPRG-2019.

4.1.9. Grupos funcionales de cáscara y endocarpio fibroso de mango criollo con activación química

Figura 12

Espectro FTIR para la cáscara de mango criollo con activación química



Nota. Reporte, Facultad de Farmacia y Bioquímica-UNT,2019

Tabla 11

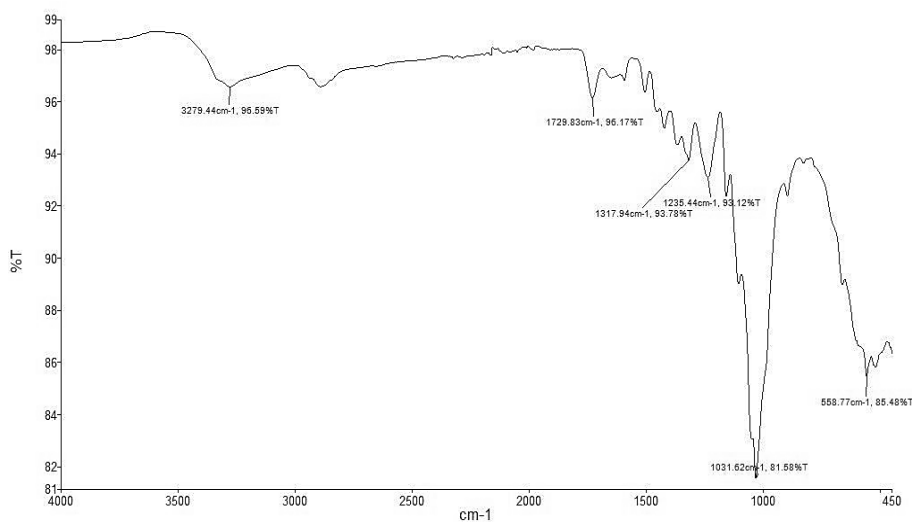
Señales más importantes del espectro FTIR en la cáscara de mango criollo con activación química

Absorbancia (cm-1)	Grupos funcionales
3200-3300	O-H
2918	C-H
1316	C-O
1731	C=O

Nota. Reporte de UNT, Laboratorio de Farmacognosia - 2019.

Figura 13

Espectro FTIR para el endocarpio fibroso de mango criollo con activación química



Nota. Certificado de análisis químico, Facultad Farmacia y Bioquímica-UNT,2019

Tabla 12

Señales más importantes del espectro FTIR en el endocarpio fibroso de mango criollo con activación química.

Absorbancia (cm-1)	Grupos funcionales
3200-3300	O-H
2918	C-H
1316	C-O
1731	C=O

Nota. Reporte de UNT, Laboratorio de Farmaconogía - 2019.

4.1.10. pH de la cáscara y endocarpio fibroso de mango criollo con activación química

Tabla 13

Preparación	Residuos	Parámetro	Resultado
Con Activación Química	Endocarpio	pH	2
	Cáscara		2,5

pH de la cascara y endocarpio de mango criollo con activación química

Nota. Elaboración propia.

4.1.11. Proceso de adsorción del Plomo

Tabla 14

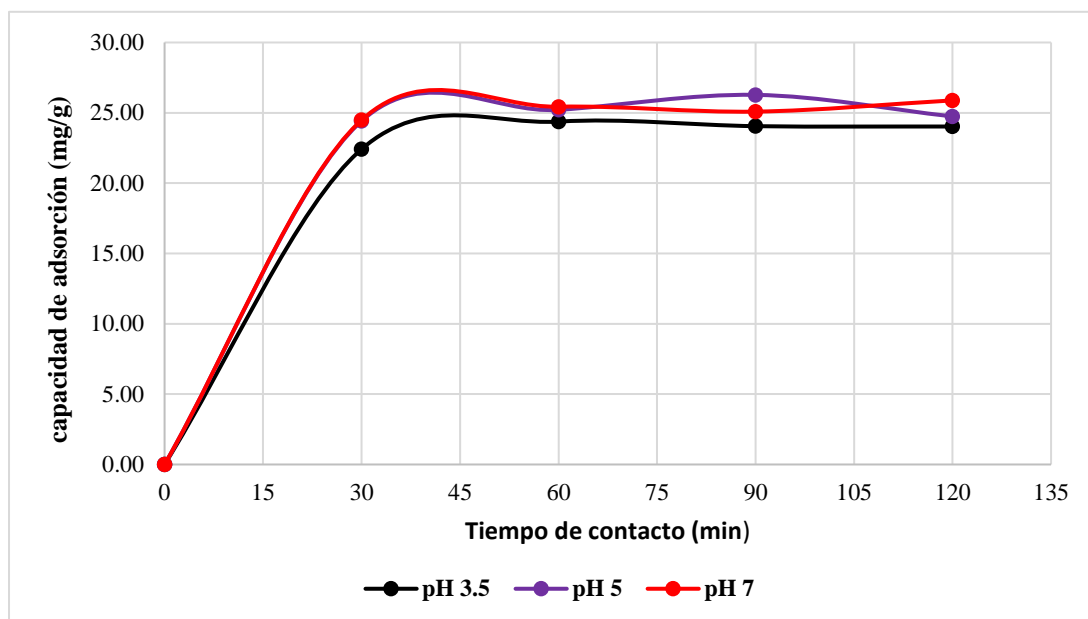
Concentraciones finales y capacidad de adsorción de la cáscara de mango criollo sin activación a diferentes pH y tiempo de contacto - parámetros estadísticos.

Co (mg/L)	V (Sol.ml)	Peso ads. (g)	pH	bs.	Tiempo de contacto (min)											
					30			60			90			120		
					Cf	q_t	%Ads.	Cf	q_t	%Ads.	Cf	q_t	%Ads.	Cf	q_t	%Ads.
197,02	50	1,5	3,5	1	65,30	21,95	66,9	53,75	23,88	72,7	55,70	23,55	71,7	55,85	23,53	71,7
				2	66,70	21,72	66,1	52,00	24,17	73,6	55,02	23,67	72,1	54,23	23,80	72,5
				3	65,30	21,95	66,9	53,75	23,88	72,7	55,70	23,55	71,7	55,90	23,52	71,6
				Prom.	65,77	21,88	66,6	53,17	23,98	73,0	55,47	23,59	71,8	55,33	23,62	71,9
				Σ	0,808	0,135	0,4	1,010	0,168	0,5	0,393	0,065	0,2	0,950	0,158	0,5
197,02	50	1,5	5	1	53,50	23,92	72,8	48,75	24,71	75,3	42,35	25,78	78,5	51,55	24,25	73,8
				2	53,92	23,85	72,6	49,68	24,56	74,8	42,60	25,74	78,4	52,09	24,16	73,6
				3	54,42	23,77	72,4	48,30	24,79	75,5	43,80	25,54	77,8	50,20	24,47	74,5
				Prom.	53,95	23,85	72,6	48,91	24,69	75,2	42,92	25,68	78,2	51,28	24,29	74,0
				Σ	0,461	0,077	0,2	0,704	0,117	0,4	0,775	0,129	0,4	0,974	0,162	0,5
197,02	50	1,5	7	1	53,10	23,99	73,0	47,40	24,94	75,9	49,50	24,59	74,9	44,70	25,39	77,3
				2	54,80	23,70	72,2	46,80	25,04	76,2	50,30	24,45	74,5	45,60	25,24	76,9
				3	52,90	24,02	73,1	47,76	24,88	75,8	49,78	24,54	74,7	44,14	25,48	77,6
				Prom.	53,60	23,90	72,8	47,32	24,95	76,0	49,86	24,53	74,7	44,81	25,37	77,3
				Σ	1,044	0,174	0,5	0,485	0,081	0,2	0,406	0,068	0,2	0,737	0,123	0,4

Nota. q_t (mg/g) = $V \frac{(C_0 - C_f)}{m}$. Elaboración propia.

Figura 14

Capacidad de adsorción de Pb +2 de la cáscara de mango criollo sin activación a diferentes tiempos de contactos y pHs

**Figura 15**

Porcentaje (%) de adsorción de Pb +2 de la cáscara de mango criollo sin activación a diferentes tiempos de contactos y pHs

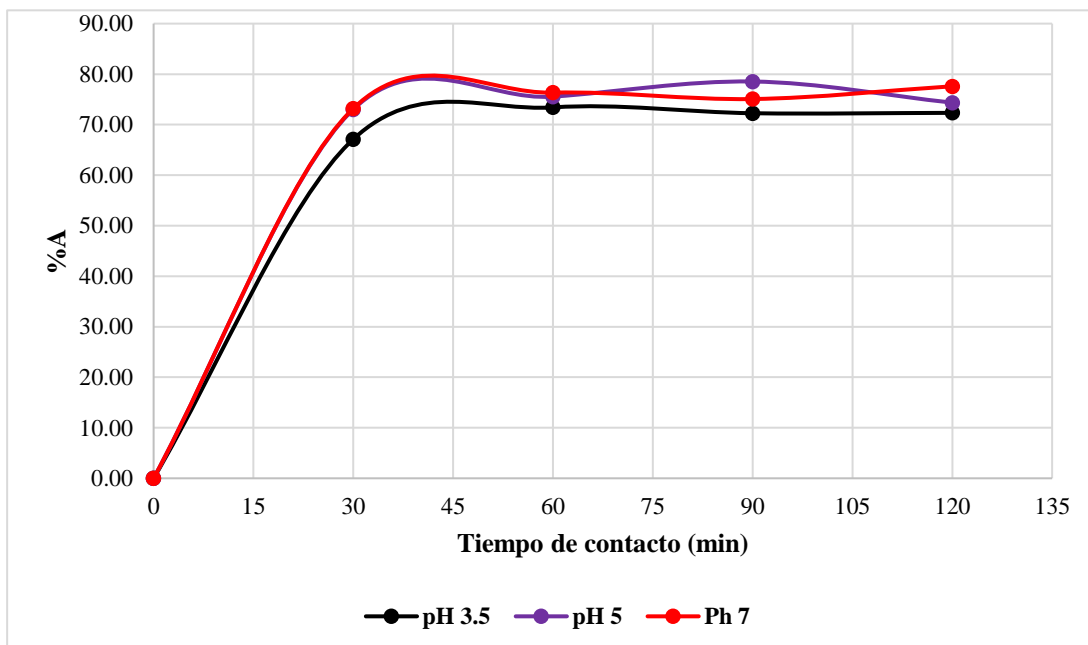


Tabla 15

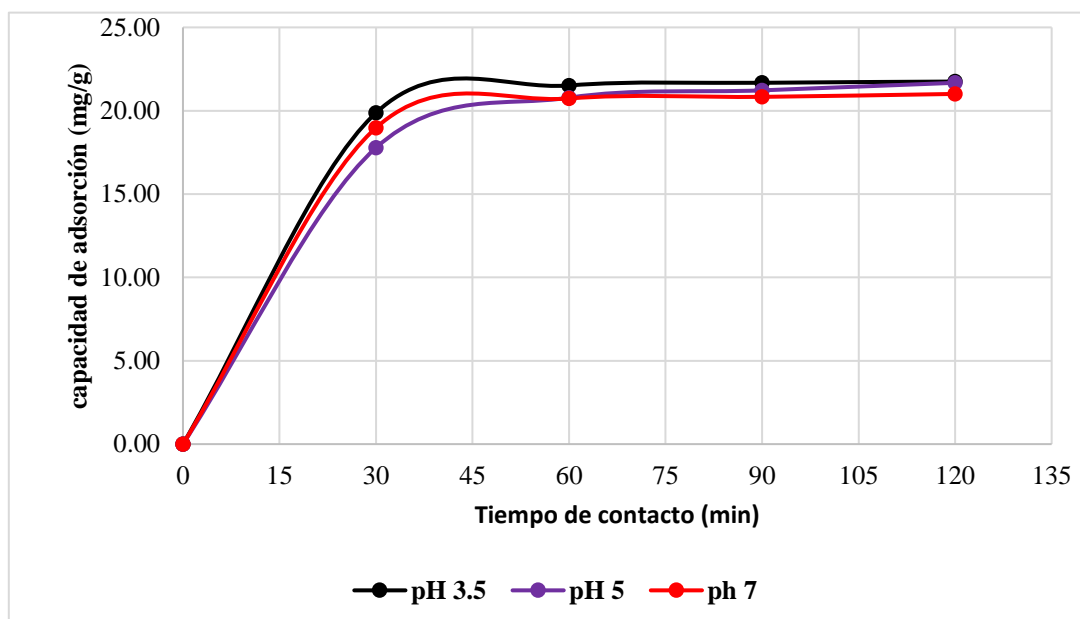
Concentraciones finales y capacidad de adsorción de la cáscara de mango con activación a diferentes pH y tiempo de contacto - parámetros estadísticos.

Co (mg/L)	V (Sol.,ml)	Peso ads. (g)	pH	Obs.	Tiempo de contacto (min)											
					30			60			90			120		
					Cf	q_t	%Ads.	Cf	q_t	%Ads.	Cf	q_t	%Ads.	Cf	q_t	%Ads.
97,02	250	1,5	3,5	1	80,50	19,42	59,1	70,90	21,02	64,0	70,01	21,17	64,5	69,50	21,25	64,7
				2	81,12	19,32	58,8	70,95	21,01	64,0	69,89	21,19	64,5	70,00	21,17	64,5
				3	80,64	19,40	59,1	70,87	21,03	64,0	69,94	21,18	64,5	69,68	21,22	64,6
				Prom.	80,75	19,38	59,0	70,91	21,02	64,0	69,95	21,18	64,5	69,73	21,22	64,6
				Σ	0,325	0,054	0,2	0,040	0,007	0,0	0,060	0,010	0,0	0,253	0,042	0,1
97,02	250	1,5	5	1	93,05	17,33	52,8	75,30	20,29	61,8	72,40	20,77	63,3	69,95	21,18	64,5
				2	93,80	17,20	52,4	75,56	20,24	61,6	72,58	20,74	63,2	69,78	21,21	64,6
				3	93,14	17,31	52,7	74,89	20,36	62,0	73,00	20,67	62,9	70,00	21,17	64,5
				Prom.	93,33	17,28	52,6	75,25	20,30	61,8	72,66	20,73	63,1	69,91	21,19	64,5
				Σ	0,409	0,068	0,2	0,338	0,056	0,2	0,308	0,051	0,2	0,115	0,019	0,1
97,02	250	1,5		1	86,15	18,48	56,3	75,60	20,24	61,6	74,90	20,35	62,0	73,95	20,51	62,5
				2	86,44	18,43	56,1	76,03	20,17	61,4	75,12	20,32	61,9	74,00	20,50	62,4
				3	85,86	18,53	56,4	75,69	20,22	61,6	75,01	20,34	61,9	74,30	20,45	62,3
				Prom.	86,15	18,48	56,3	75,77	20,21	61,5	75,01	20,34	61,9	74,08	20,49	62,4
				Σ	0,290	0,048	0,1	0,227	0,038	0,1	0,110	0,018	0,1	0,189	0,032	0,1

Nota. q_t (mg/g) = $V \frac{(C_0 - C_t)}{m}$. Elaboración propia.

Figura 16

Capacidad de adsorción de Pb^{+2} de la cáscara de mango criollo con activación a un tiempo de contacto de 30, 60, 90 y 120 minutos y un pH de 3.5, 5 y 7.

**Figura 17**

Porcentaje de adsorción de Pb^{+2} de la cáscara de mango criollo con activación a un tiempo de contacto de 30, 60, 90 y 120 minutos y un pH de 3.5, 5 y 7

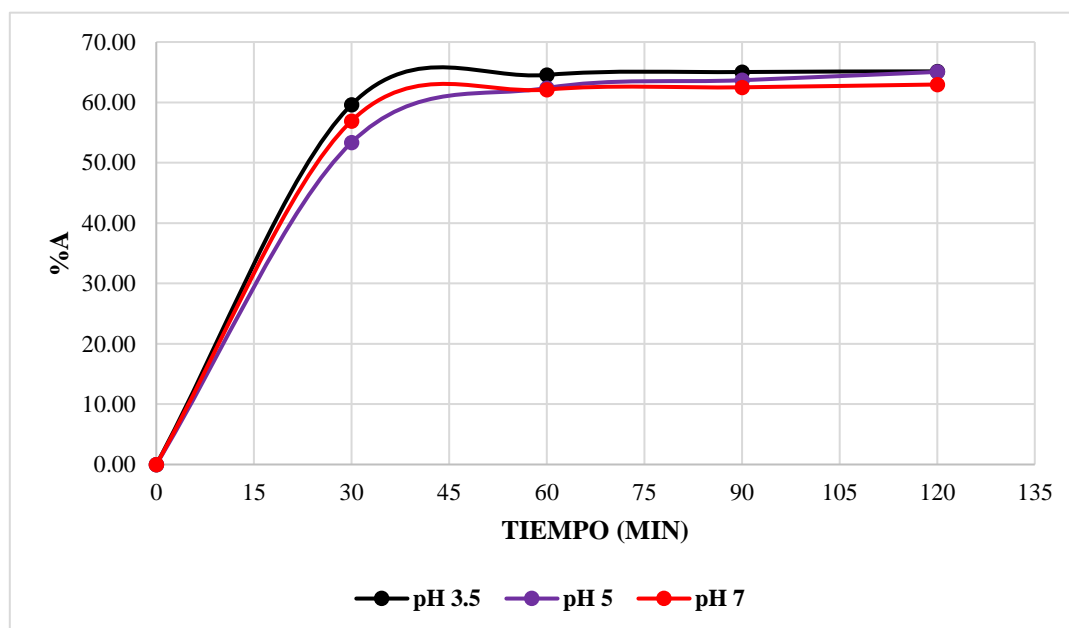


Tabla 16

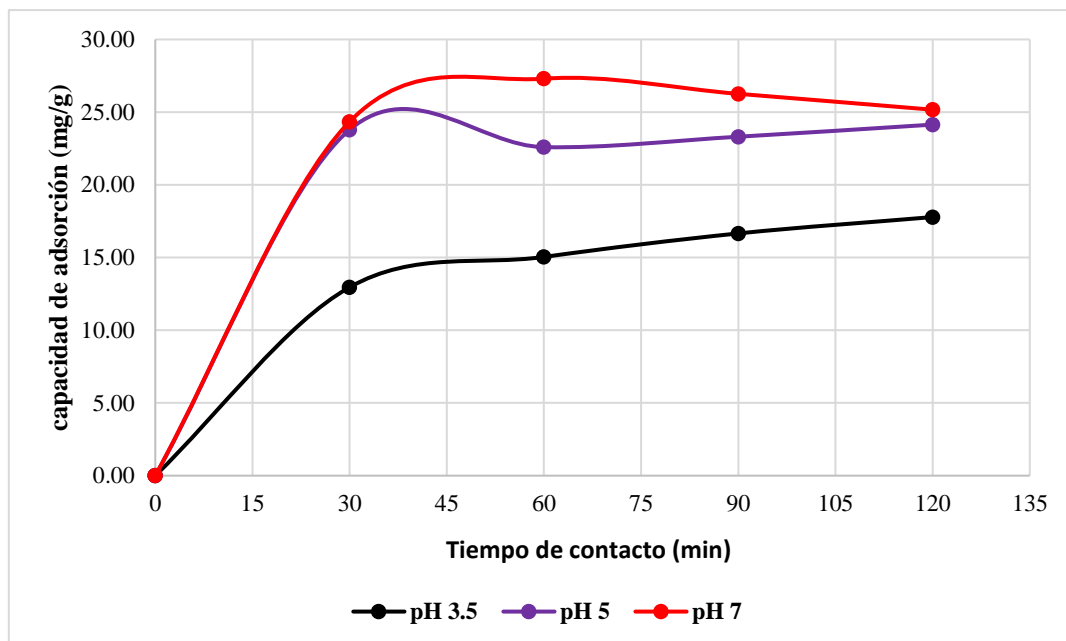
Concentraciones finales y capacidad de adsorción del endocarpio fibroso de mango criollo sin activación a diferentes pH y tiempo de contacto -
parámetros estadísticos

Co (mg/L)	V (Sol.,ml)	Peso ads. (g)	pH	Obs.	Tiempo de contacto (min)											
					30			60			90			120		
					Cf	q_t	%Ads.	Cf	q_t	%Ads.	Cf	q_t	%Ads.	Cf	q_t	%Ads.
197,02	250	1,5	3.5	1	122,25	12,46	38,0	109,75	14,55	44,3	100,05	16,16	49,2	93,30	17,29	52,6
				2	122,27	12,46	37,9	109,83	14,53	44,3	100,10	16,15	49,2	93,32	17,28	52,6
				3	122,31	12,45	37,9	109,78	14,54	44,3	100,09	16,16	49,2	93,29	17,29	52,6
				Prom.	122,28	12,46	37,9	109,79	14,54	44,3	100,08	16,16	49,2	93,30	17,29	52,6
				Σ	0,031	0,005	0,0	0,040	0,007	0,0	0,026	0,004	0,0	0,015	0,003	0,0
197,02	250	1,5	5	1	57,25	23,30	70,9	64,45	22,10	67,3	60,15	22,81	69,5	55,15	23,65	72,0
				2	57,28	23,29	70,9	64,44	22,10	67,3	60,19	22,81	69,4	55,09	23,66	72,0
				3	57,26	23,29	70,9	64,51	22,09	67,3	60,17	22,81	69,5	55,16	23,64	72,0
				Prom.	57,26	23,29	70,9	64,47	22,09	67,3	60,17	22,81	69,5	55,13	23,65	72,0
				Σ	0,015	0,003	0,0	0,038	0,006	0,0	0,020	0,003	0,0	0,038	0,006	0,0
197,02	250	1,5	7	1	53,95	23,85	72,6	36,20	26,80	81,6	42,45	25,76	78,5	49,00	24,67	75,1
				2	53,89	23,86	72,6	36,31	26,79	81,6	42,48	25,76	78,4	49,02	24,67	75,1
				3	53,98	23,84	72,6	36,26	26,79	81,6	42,50	25,75	78,4	49,10	24,65	75,1
				Prom.	53,94	23,85	72,6	36,26	26,79	81,6	42,48	25,76	78,4	49,04	24,66	75,1
				Σ	0,046	0,008	0,0	0,055	0,009	0,0	0,025	0,004	0,0	0,053	0,009	0,0

Nota. q_t (mg/g) = $V \frac{(C_0 - C_t)}{m}$. Elaboración propia.

Figura 18

Capacidad de adsorción de Pb +2 del endocarpio de mango criollo sin activación a un tiempo de contacto de 30, 60, 90 y 120 minutos y un pH de 3.5, 5 y 7

**Figura 19**

Porcentaje (%) de adsorción de Pb +2 del endocarpio de mango criollo sin activación a un tiempo de contacto de 30, 60, 90 y 120 minutos y un pH de 3.5, 5 y 7

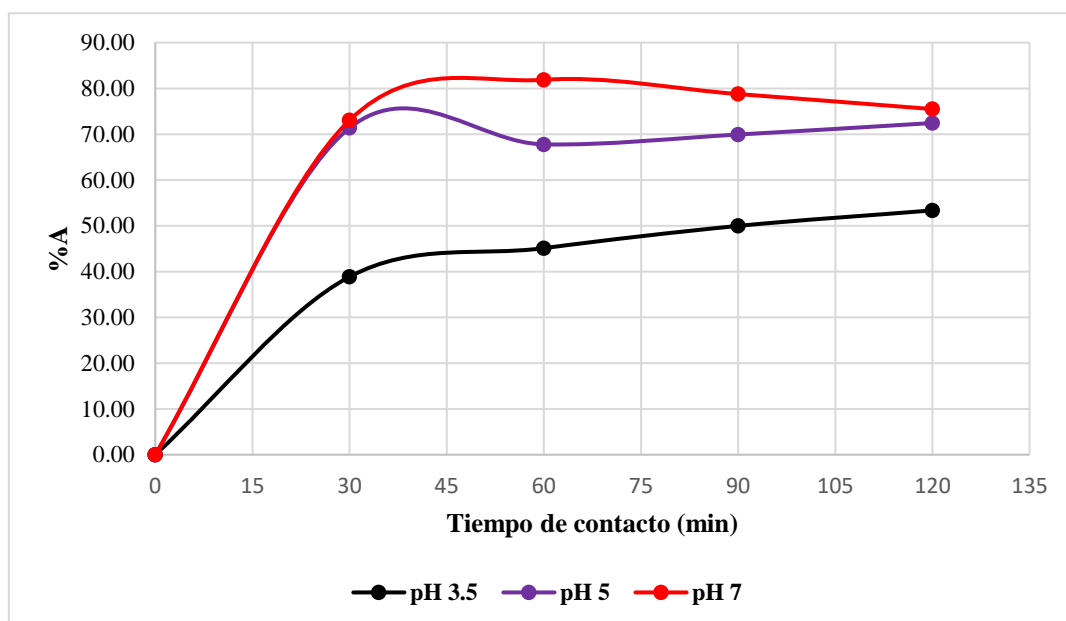


Tabla 17

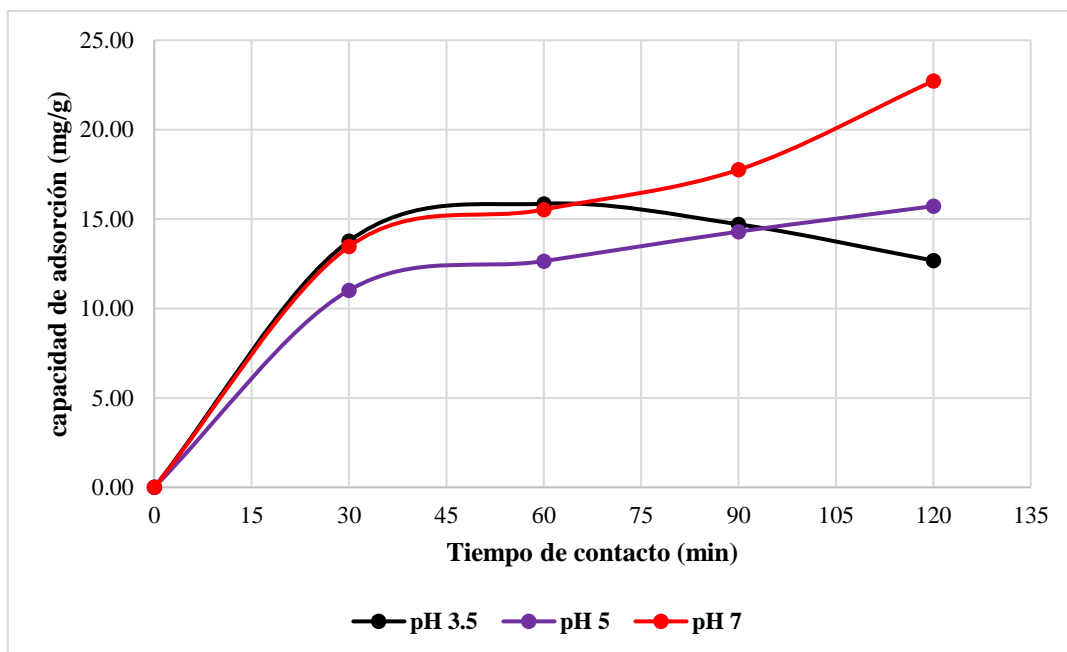
Concentraciones finales y capacidad de adsorción del endocarpio fibroso de mango criollo con activación a diferentes pH y tiempo de contacto - parámetros estadísticos

Co (mg/L)	V (Sol.ml)	Peso ads. (g)	Ph	Obs.	Tiempo de contacto (min)											
					30			60			90			120		
					Cf	q_t	%Ads.	Cf	q_t	%Ads.	Cf	q_t	%Ads.	Cf	q_t	%Ads.
197,02	50	1,5	3,5	1	117,35	13,28	40,4	104,85	15,36	46,8	111,60	14,24	43,4	123,90	12,19	37,1
				2	117,80	13,20	40,2	105,12	15,32	46,6	112,09	14,16	43,1	123,73	12,22	37,2
				3	116,90	13,35	40,7	104,40	15,44	47,0	111,55	14,25	43,4	123,92	12,18	37,1
				Prom.	117,35	13,28	40,4	104,79	15,37	46,8	111,75	14,21	43,3	123,85	12,20	37,1
				σ	0,450	0,075	0,2	0,364	0,061	0,2	0,298	0,050	0,2	0,104	0,017	0,1
197,02	50	1,5	5	1	133,80	10,54	32,1	124,10	12,15	37,0	114,40	13,77	41,9	105,65	15,23	46,4
				2	134,04	10,50	32,0	124,12	12,15	37,0	113,90	13,85	42,2	105,78	15,21	46,3
				3	133,78	10,54	32,1	124,35	12,11	36,9	114,34	13,78	42,0	104,96	15,34	46,7
				Prom.	133,87	10,52	32,1	124,19	12,14	37,0	114,21	13,80	42,0	105,46	15,26	46,5
				Σ	0,145	0,024	0,1	0,139	0,023	0,1	0,273	0,046	0,1	0,441	0,073	0,2
197,02	50	1,5	7	1	119,30	12,95	39,4	106,80	15,04	45,8	93,30	17,29	52,6	63,60	22,24	67,7
				2	118,89	13,02	39,7	107,02	15,00	45,7	93,50	17,25	52,5	63,74	22,21	67,6
				3	119,42	12,93	39,4	106,83	15,03	45,8	93,48	17,26	52,6	64,00	22,17	67,5
				Prom.	119,20	12,97	39,5	106,88	15,02	45,8	93,43	17,27	52,6	63,78	22,21	67,6
				σ	0,278	0,046	0,1	0,119	0,020	0,1	0,110	0,018	0,1	0,203	0,034	0,1

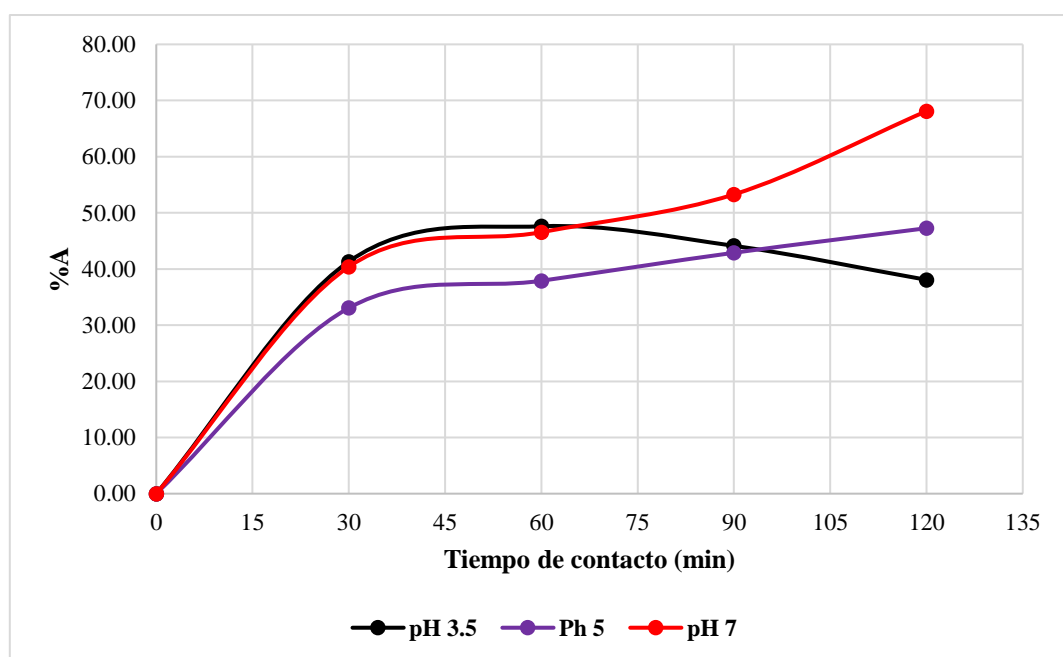
Nota. q_t (mg/g) = $V \frac{(C_0 - C_f)}{m}$. Elaboración propia.

Figura 20

Capacidad de adsorción de Pb^{+2} del endocarpio de mango criollo con activación a un tiempo de contacto de 30, 60, 90 y 120 minutos y un pH de 3.5, 5 y 7.

**Figura 21**

Porcentaje (%) de adsorción de Pb^{+2} del endocarpio de mango criollo con activación a un tiempo de contacto de 30, 60, 90 y 120 minutos y un pH de 3.5, 5 y 7



4.1.12. Cinética de adsorción de Pb (II)

✓ Cinética de adsorción de la cáscara de mango criollo

Tabla 18

Concentración de adsorción según pH y tiempo

Cáscara Sin Activación Química								
Ph	Tiempo (min)	Cf (mg/l)	q_t (mg/g)	% de adsorción	t/q_t	log t	$\text{Ln}(q_e - q_t)$	$\text{Ln}(C_0 - C_f)$
0	0	197,02	0,00	0,00	0,00	0,00	3,25	0,00
5	30	53,95	23,85	72,62	1,26	1,48	0,61	4,98
5	60	48,91	24,69	75,18	2,43	1,78	-0,001	5,02
5	90	42,92	25,68	78,22	3,50	1,95	--	5,06
5	120	51,28	24,29	73,97	4,94	2,08	0,33	5,00

Nota. Elaboración propia.

Figura 22

Cinética de adsorción con respecto al tiempo de contacto (min) de concentración final de Pb.

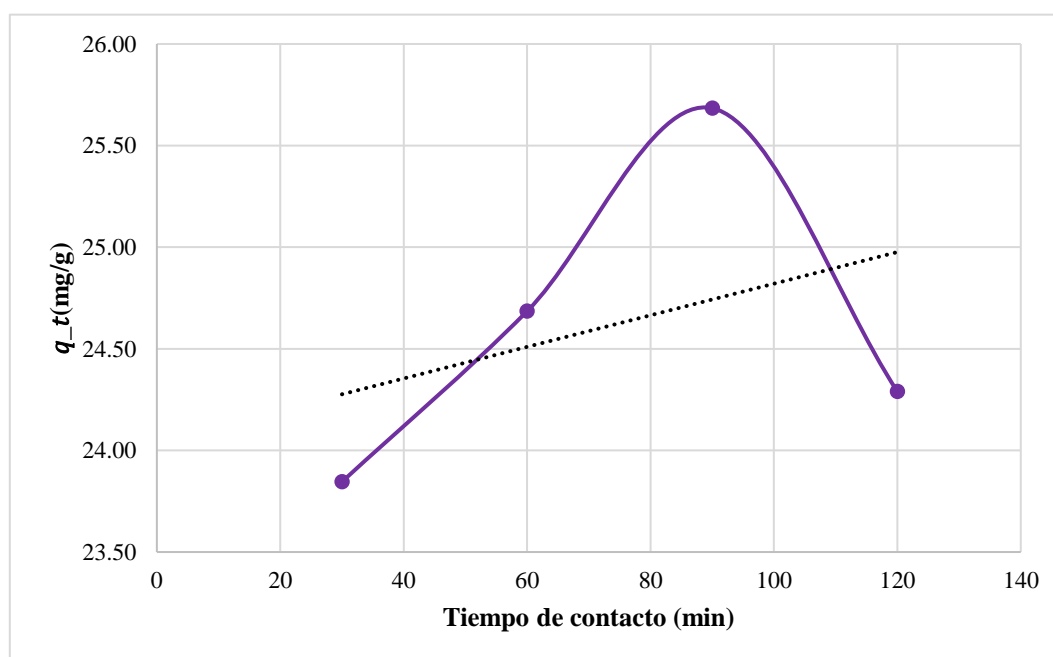


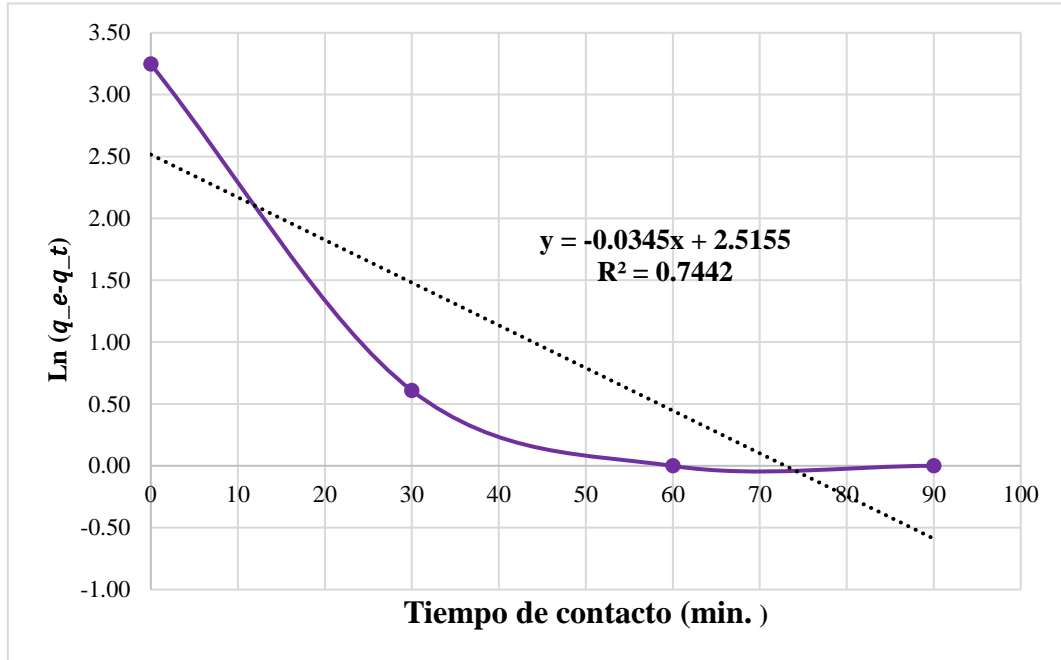
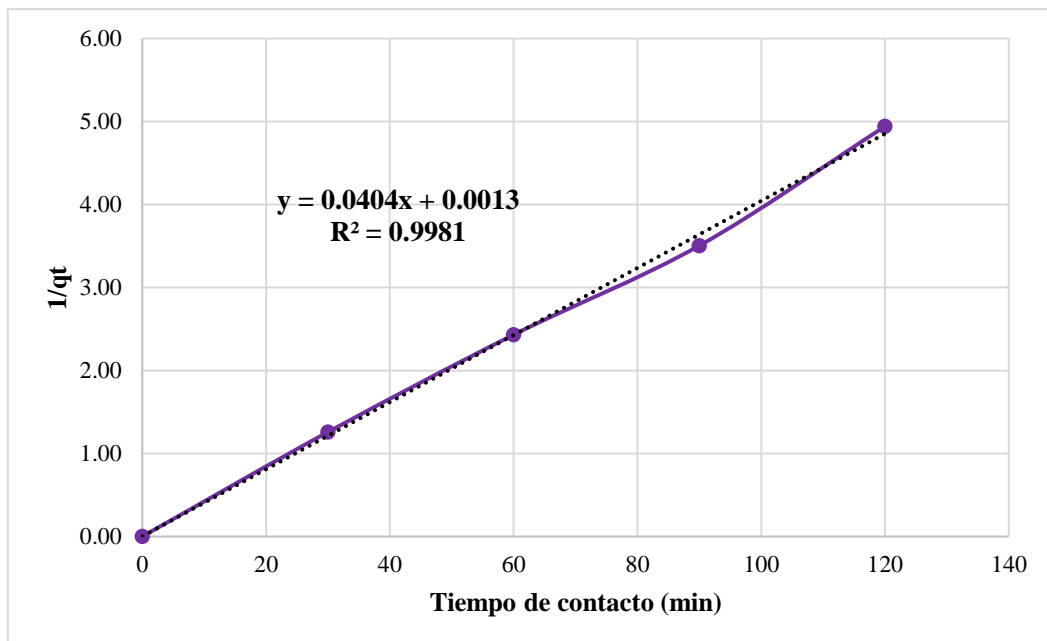
Figura 23*Ajuste de modelo pseudo primer orden.***Figura 24***Ajuste de modelo pseudo segundo orden.*

Tabla 19*Resultados de ajuste de modelos cinéticos*

Modelos cinéticos	Co Pb (mg/L)	q_e (mg/g)	K	R^2	Vo
Pseudo Primer orden	197,02	25,68	-0,0345	0,7442	0,079 (1/min)
Pseudo Segundo orden	197,02	25,68	0,0404	0,9981	1,360 (mg/g*min)

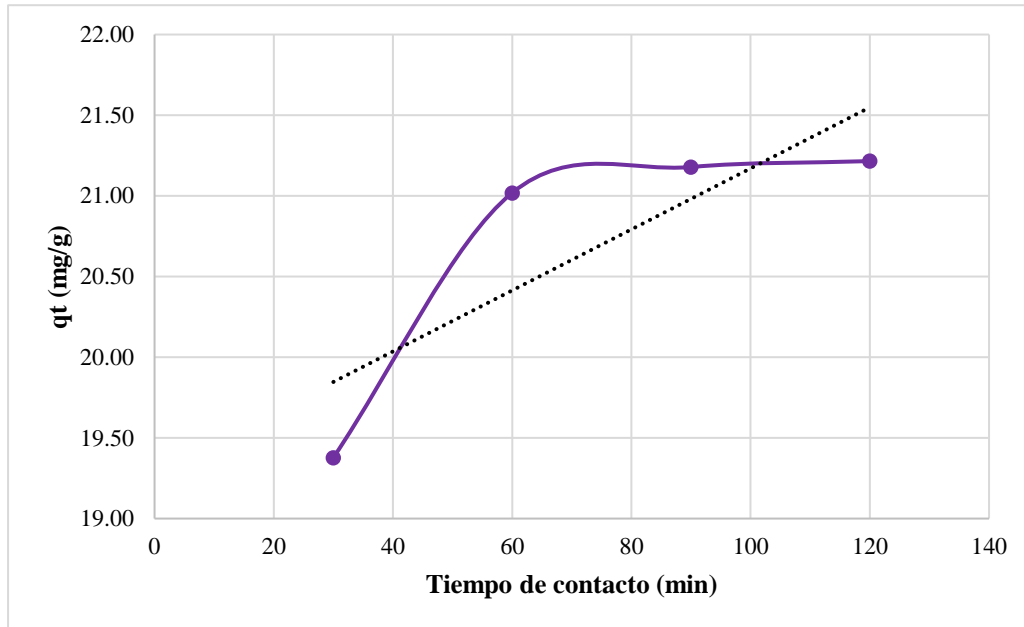
Nota. Elaboración propia.**Tabla 20***Concentración de adsorción según pH y tiempo*

Cáscara Con Activación Química								
pH	Tiempo (min)	Cf (mg/l)	q_t (mg/g)	% de adsorción	t/q_t	log t	Ln ($q_e - q_t$)	Ln (Co-Cf)
0	0	197,02	0,00	0,00	0,00	0,00	3,05	0,00
3,5	30	80,75	19,38	59,01	1,55	1,48	0,61	4,78
3,5	60	70,91	21,02	64,01	2,85	1,78	-1,63	4,86
3,5	90	69,95	21,18	64,50	4,25	1,95	-3,31	4,87
3,5	120	69,73	21,22	64,61	5,66	2,08	--	4,87

Nota. Elaboración propia.

Figura 25

Cinética de adsorción con respecto al tiempo de contacto (min) de concentración final de Pb.

**Figura 26**

Ajuste de modelo pseudo primer orden

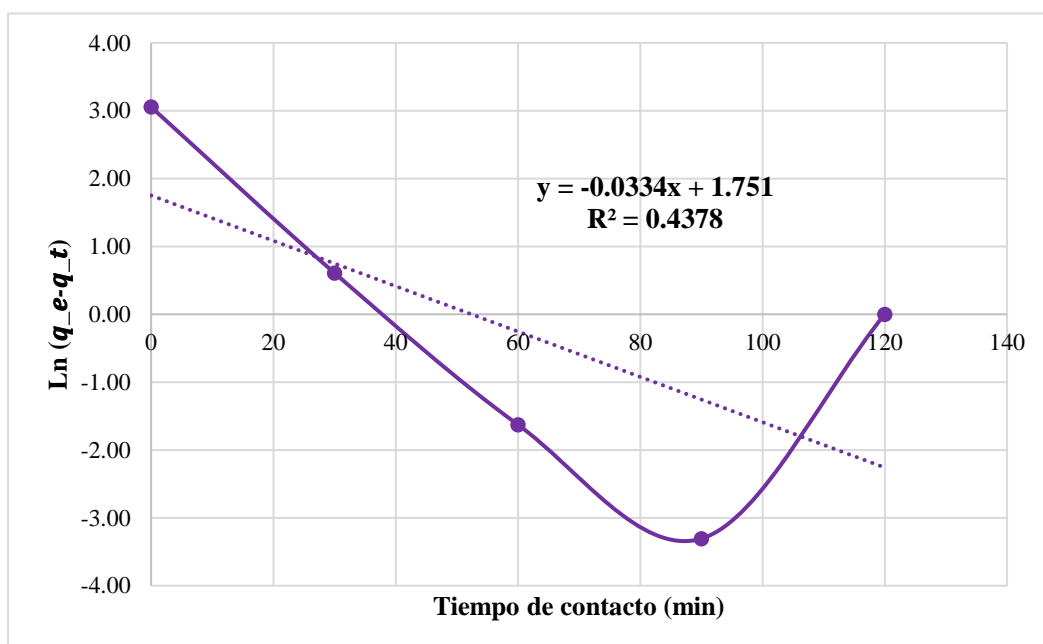
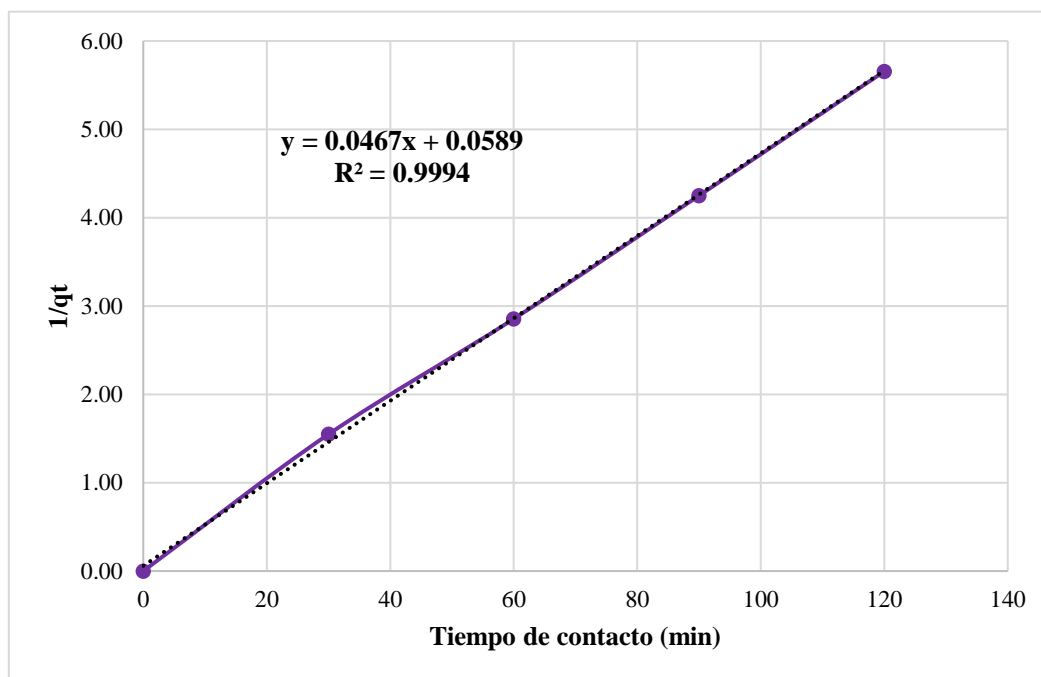


Figura 27

Ajuste de modelo pseudo segundo orden.

**Tabla 21**

Resultados de ajuste de modelos cinéticos

Modelos cinéticos	Co Pb (mg/L)	qe (mg/g)	K	R ²	Vo
Pseudo Primer orden	197,02	21,22	-0,0334	0,4378	0,077 (1/min)
Pseudo Segundo orden	197,02	21,22	0,0467	0,9994	0,039 (mg/g*min)

Nota. Elaboración propia.

✓ Cinética de adsorción del endocarpio fibroso de mango criollo

Tabla 22

Concentración de adsorción según pH y tiempo

Endocarpio Fibroso Sin Activación Química								
Ph	Tiempo (minutos)	Cf (mg/l)	qt(mg/g)	% de adsorción	t/qt	log t	Ln (qe-qt)	Ln (CoCf)
0	0	197,02	0,00	0,00	0,00	0,00	3,29	0,00
7	30	53,94	23,85	72,62	1,26	1,48	1,08	4,98
7	60	36,26	26,79	81,60	2,24	1,78	--	5,10
7	90	42,48	25,76	78,44	3,49	1,95	0,04	5,06
7	120	49,04	24,66	75,11	4,87	2,08	0,76	5,02

Nota. Elaboración propia.

Figura 28

Cinética de adsorción con respecto al tiempo de contacto (min) de concentración final de Pb.

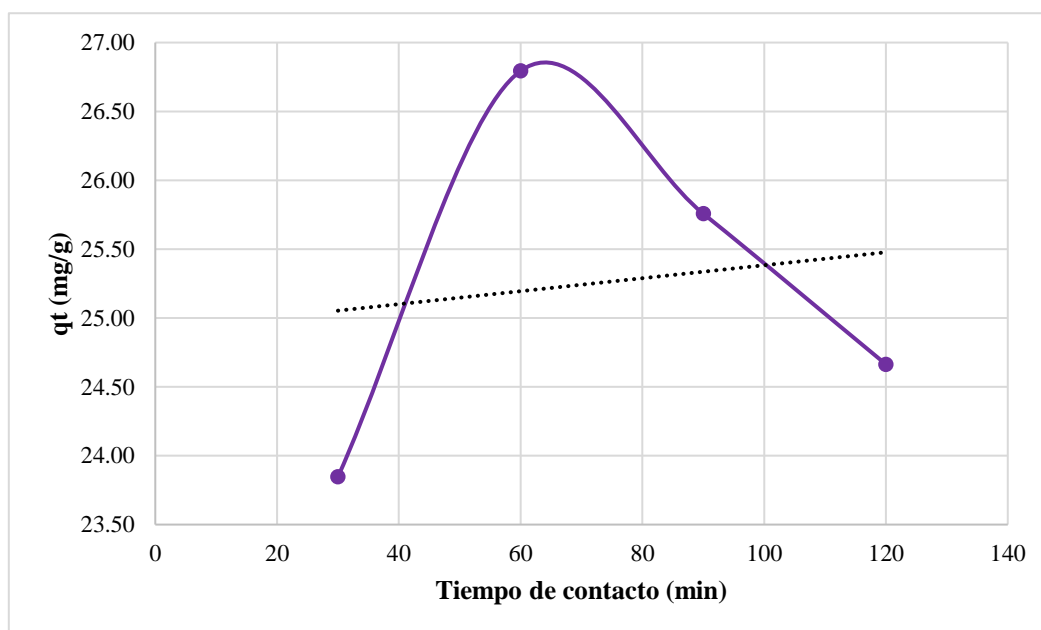
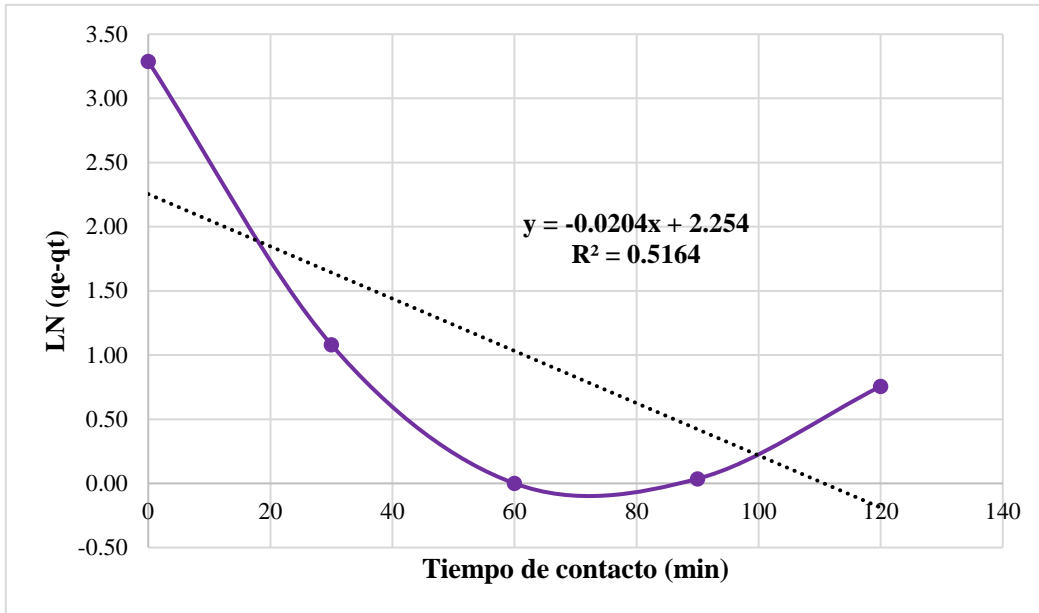


Figura 29

Ajuste de modelo pseudo primer orden.

**Figura 30**

Ajuste de modelo pseudo segundo orden

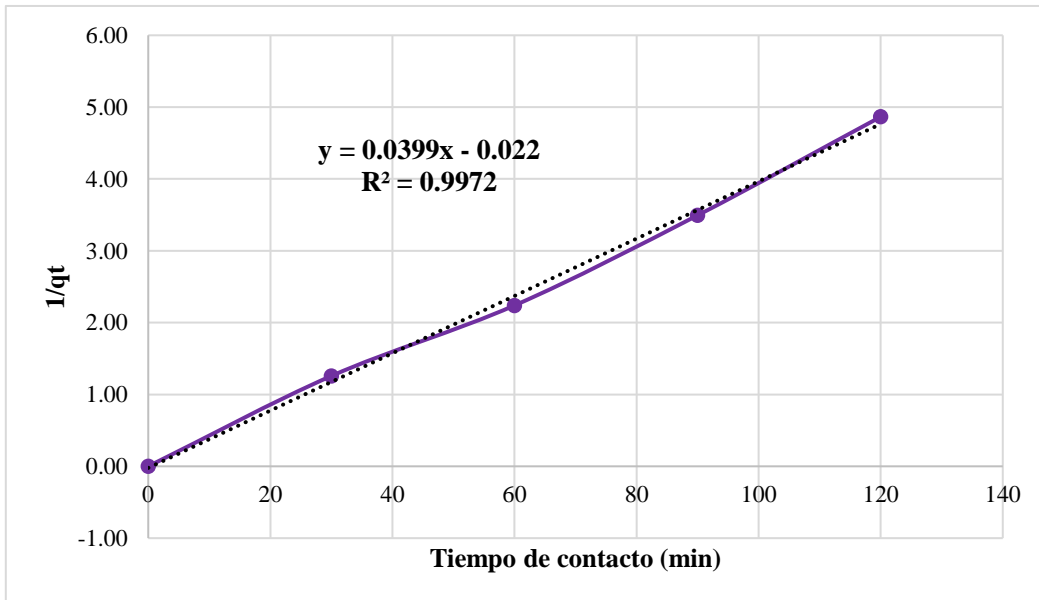


Tabla 23*Resultados de ajuste de modelos cinéticos*

Modelos cinéticos	Co Pb(mg/L)	qe (mg/g)	K	R²	Vo
Pseudo Primer orden	197,02	26,79	-0,0204	0,5164	0,047 (1/min)
Pseudo Segundo orden	197,03	26,79	0,0399	0,9972	0,075 (mg/g*min)

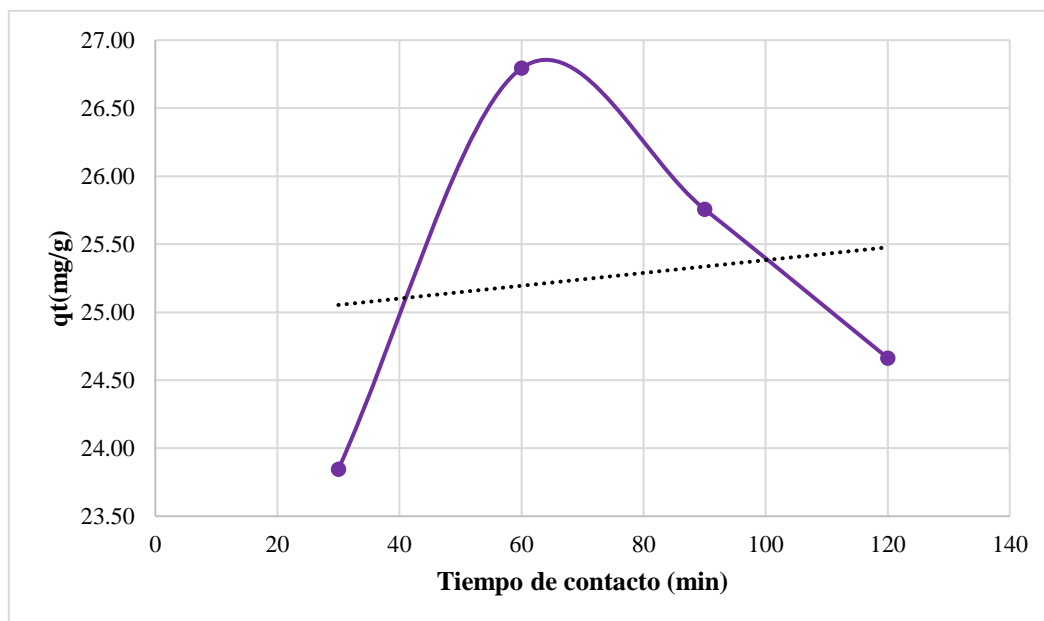
Nota. Elaboración propia.**Tabla 24***Concentración de adsorción según pH y tiempo*

Endocarpio Fibroso Con Activación Química								
Ph	Tiempo (minutos)	Cf (mg/l)	q*(mg/g)	% de adsorción	t/qt	log t	Ln (qe-qt)	Ln (Co-Cf)
0	0	197,02	0,00	0,00	0,00	0,00	3,10	0,00
7	30	119,20	12,97	39,50	2,31	1,48	2,22	4,39
7	60	106,88	15,02	45,75	3,99	1,78	1,97	4,53
7	90	93,43	17,27	52,58	5,21	1,95	1,60	4,67
7	120	63,78	22,21	67,63	5,40	2,08	--	4,91

Nota. Elaboración propia.

Figura 31

Cinética de adsorción con respecto al tiempo de contacto(min) de concentración final de Pb.

**Figura 32**

Ajuste de modelo pseudo primer orden.

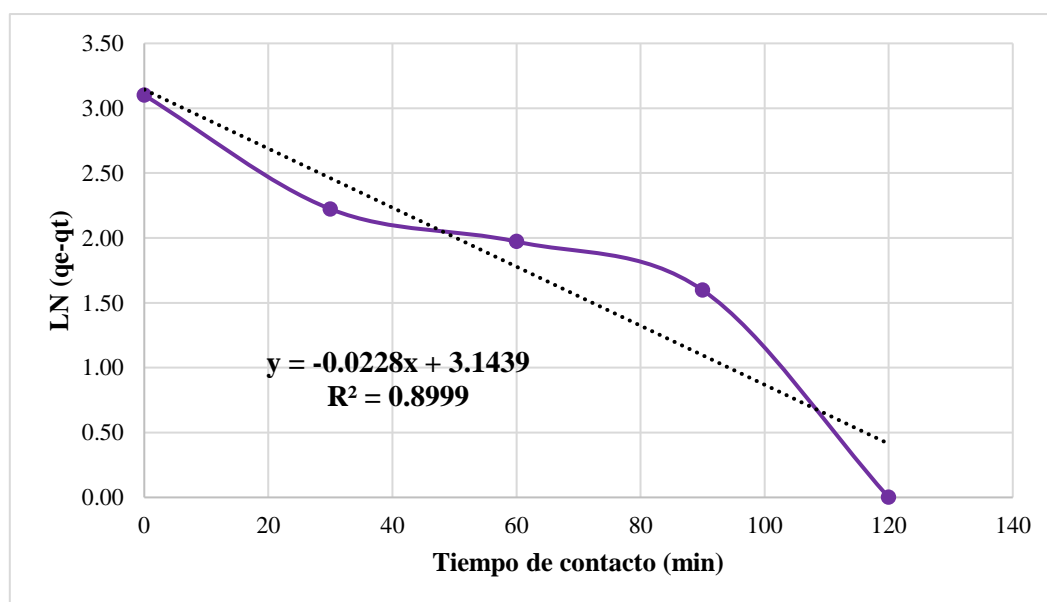
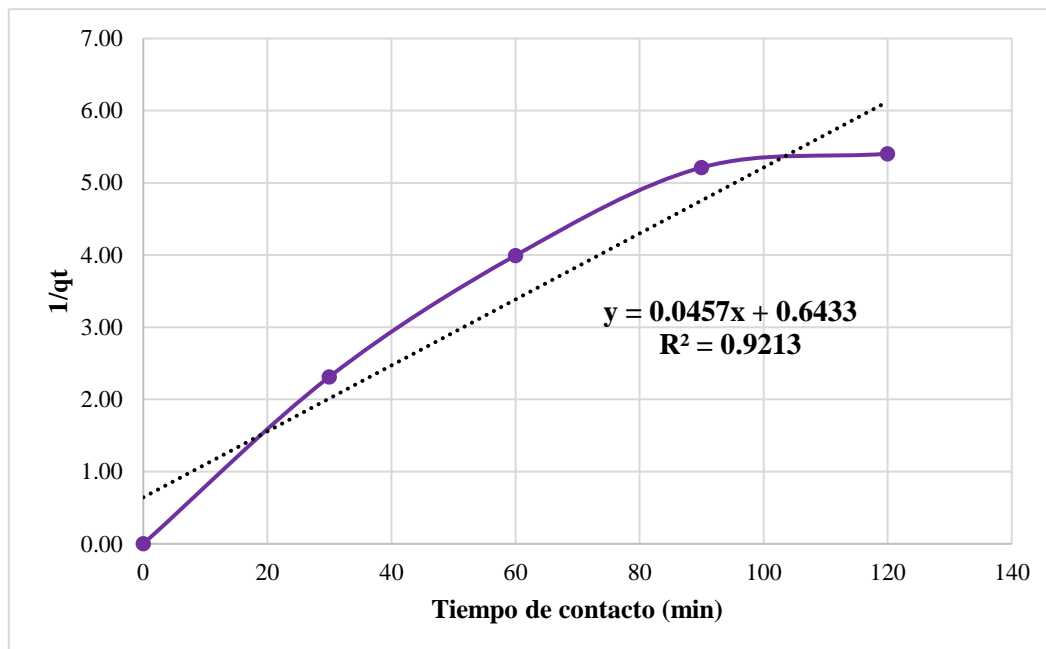


Figura 33

Ajuste de modelo pseudo segundo orden.

**Tabla 25**

Resultados de ajuste de modelos cinéticos

Modelos cinéticos	Co Pb(mg/L)	Qe (mg/g)	K	R ²	Vo
Pseudo Primer orden	197,02	22,21	-0,0228	0,8999	0,053 (1/min)
Pseudo Segundo orden	197,03	22,21	0,0457	0,9213	0,003 (mg/g*min)

Nota. Elaboración propia.

4.1.13. Análisis Estadístico

El análisis estadístico se realizó con la ayuda del Software MINITAB VERSIÓN XVIII.

✓ Cáscara de mango criollo

Tabla 26

Análisis de varianza (ANOVA) para la cáscara del mango criollo

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	Valor F	Valor p
Modelo	3382,24	23	147,05	1894,11	0,000
Lineal	2789,78	6	464,96	5988,90	0,000
A: Tipo de adsorbente	2649,80	1	2649,80	34130,40	0,000
B: Ph	11,83	2	5,91	76,17	0,000
C: Tiempo de contacto	128,15	3	42,72	550,22	0,000
Interacciones de 2 términos	533,90	11	48,54	625,17	0,000
AB	179,28	2	89,64	1154,63	0,000
AC	340,15	3	113,38	1460,42	0,000
BC	14,46	6	2,41	31,05	0,000
Interacciones de 3 términos	58,56	6	9,76	125,72	0,000
ABC	58,56	6	9,76	125,72	0,000
Error	3,73	48	0,08		
Total	3385,97	71			

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 27, se observa el análisis de la varianza, donde:

R-cuadrada = 99,89 %

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 99,84 %

$H_0 \neq$ Con los residuos del mango criollo, evaluando el pH y tiempo de contacto óptimos no se logrará una disminución significativa de la concentración de plomo en soluciones acuosas.

$H_1 =$ Con los residuos del mango criollo, evaluando el pH y tiempo de contacto óptimos se logrará una disminución significativa de la concentración de plomo en soluciones acuosas.

El análisis de varianza (ANOVA) se muestra en la Tabla 18, señala los parámetros más influyentes en el proceso de adsorción de plomo con un intervalo de confianza del 95 %, donde, todas las variables son estadísticamente significativas ($0,000 < 0,05$), esto indica que el tipo de adsorbente, pH, tiempo de contacto y sus interacciones influye en la adsorción de Plomo.

Las variables tipo de adsorbente, pH, tiempo de contacto resultan estadísticamente significativas ($0,000 < 0,05$), por teniendo las pruebas necesarias se rechaza la H_0 (hipótesis nula).

Con un ajuste adecuado da una correlación R-cuadrado = 99,89% lo cual indica que el modelo explica el 99,89% de las variaciones en la concentración de plomo es extraído por la cáscara.

✓ Endocarpio Fibroso

Tabla 27*Análisis de varianza (ANOVA) para el endocarpio fibroso del mango criollo.*

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	Valor F	Valor p
Modelo	16493,00	23	717,09	1027,13	0,000
Lineal	12696,00	6	2116,00	3030,87	0,000
A: Tipode adsorbente	7226,60	1	7226,62	10351,13	0,000
B: Ph	4826,80	2	2413,38	3456,82	0,000
C: Tiempo de contacto	642,60	3	214,20	306,82	0,000
Interacc. de 2 términos	2578,20	11	234,38	335,71	0,000
AB	2178,10	2	1089,05	1559,91	0,000
AC	194,30	3	64,77	92,78	0,000
BC	205,70	6	34,29	49,12	0,000
Interacc. de 3 términos	1218,80	6	203,14	290,97	0,000
ABC	1218,80	6	203,14	290,97	0,000
Error	33,50	48	0,70		
Total	16526,50	71			

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 28, se observa el análisis de la varianza, donde:

R-cuadrada = 99,80 %

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 99,70 %

$H_0 \neq$ Con los residuos del mango criollo, evaluando el pH y tiempo de contacto óptimos no se logrará una disminución significativa de la concentración de plomo en soluciones acuosas.

$H_1 =$ Con los residuos del mango criollo, evaluando el pH y tiempo de contacto óptimos se logrará una disminución significativa de la concentración de plomo en soluciones acuosas.

El análisis de varianza (ANOVA) se muestra en la Tabla 19 indica los parámetros más influyentes en el proceso de adsorción de plomo con un intervalo de confianza del 95 %, donde, todas las variables son estadísticamente significativas ($0,000 < 0,05$), esto indica que el tipo de adsorbente, pH, tiempo de contacto y sus interacciones influye en la adsorción de Plomo.

Las variables tipo de adsorbente, pH, tiempo de contacto resultan estadísticamente significativas ($0,000 < 0,05$), por teniendo las pruebas necesarias se rechaza la H_0 (hipótesis nula).

Con un ajuste adecuado da una correlación R-cuadrado = 99,80% lo cual indica que el modelo explica el 99,80% de las variaciones en la concentración de plomo es extraído por el endocarpio fibroso.

4.2. DISCUSIÓN

La Tabla 4 muestra la composición proximal de la cáscara de mango criollo de Chulucanas en cuanto a humedad (8,65%), fibra (4,50%) y carbohidratos (71,38%) valores similares a los reportados por Nur et al. (2019), de humedad (10,66%), fibra (3,98%) y carbohidratos (71,63%) respectivamente para mango de la variedad Tommy Atkins de Malaysia, y con respecto al endocarpio fibroso (humedad, fibra, carbohidratos) los valores son similares a lo obtenido por Correa, 2019 para mango de la misma variedad.

En la Figura 7 (resumido en la Tabla 6), se observan las señales más importantes del espectro FTIR para la cáscara de mango entre ellos los grupos funcionales O-H y C=O similares a lo obtenido por Iqbal, Saeed & Zafar (2009) quienes evaluaron la cáscara de mango variedad Kao de la India, como adsorbente de Cd^{2+} y Pb^{2+} de soluciones acuosas.

En la tabla 7 se muestra que la presencia del grupo O-H que tiene afinidad por el Pb^{+2} , lo que fortalece a la cáscara de mango como adsorbente.

En la figura 8 (tabla 7), se observan las señales más importantes del espectro FTIR para el endocarpio fibroso de mango entre ellos los grupos funcionales O-H, C-H y C=O, pero a la fecha no se han encontrado referencias de estudios similares.

La tabla 10 presenta la composición proximal de los residuos activados (cáscara y endocarpio), pero a la fecha no se han encontrado referencias de estudios similares al igual que las figuras 11 (Tabla 11) y 12 (Tabla 12).

La Tabla 15, muestra la capacidad de adsorción (Q^*) de Pb^{+2} con 25,37 mg de Pb^{+2} /g de cáscara de mango criollo sin activar a 120 minutos de contacto, pH 7 valores cercanos a lo obtenido por Opia (2018) con cáscara de mango Kao sin tratamiento de la ciudad Nigeria, con una capacidad de adsorción de Pb^{+2} de 20,89 mg/g a un tiempo de contacto de 60 minutos, pH de 7 teniendo en consideración que los tipos de suelos y condiciones ambientales de la India y el Perú son diferentes. Con respecto al porcentaje de adsorción de Pb (II) por la cáscara de mango criollo sin activación se obtuvo un 77,3% a pH 7, temperatura (28-30°C) y tiempo de contacto 120 minutos valores cercanos a lo obtenido por Kanjilala, Babu, Biswas, Bhattacharjee & Datta, (2014) de 75,23% a pH 7, temperatura de 30 °C y tiempo de contacto 118,7 minutos.

Las Figuras 22 y 23 se muestran los modelos cinéticos de primer y segundo orden respectivamente para la cáscara de mango sin activación con coeficientes de correlación de $R^2= 0,7442$ y $R^2= 0,9981$ siendo este último por ser el más cercano a 1 el modelo cinético escogido. En las Figuras 25 y 26 se muestran los modelos cinéticos de primer y segundo orden respectivamente para la cáscara de mango con activación con coeficientes de correlación de $R^2= 0,4378$ y $R^2= 0,9994$ siendo este último el modelo escogido. En las Figuras 29 y 30 se muestran los modelos cinéticos de primer y segundo orden respectivamente para el endocarpio fibroso de mango sin activación con coeficientes de correlación de $R^2= 0,5164$ y $R^2= 0,9972$ siendo este el modelo cinético escogido. En las Figuras 28 y 39 se muestran los modelos

cinéticos de primer y segundo orden respectivamente para el endocarpio fibroso de mango sin activación con coeficientes de correlación de $R^2= 0,5164$ y $R^2= 0,9972$ siendo este último modelo cinético escogido. En las Figuras 31 y 32 se muestran los modelos cinéticos de primer y segundo orden respectivamente para el endocarpio fibroso de mango con activación con coeficientes de correlación de $R^2= 0,8999$ y $R^2= 0,9213$ siendo este último modelo cinético escogido, estos resultados están acorde con lo referido (León, 2017), que indica si el modelo lineal representa una correlación R^2 cercano a uno, el proceso de adsorción se debe a los grupos funcionales.

La Tablas 27 y 28 presentan el Análisis de Varianza (ANOVA), las cuales indican significación al ser el valor $p < 0,05$ y existiendo influencia del pH, tiempo de contacto para el endocarpio fibroso con activación, pero sin ninguna para la cáscara y endocarpio sin activar.

V. CONCLUSIONES

La más considerable capacidad de adsorción (Q^*) de plomo se obtiene con el endocarpio fibroso sin activación con 26,79 mg/g, a pH 7, tiempo de contacto de 60 minutos, a una temperatura de operación (28-30°C), y eficiencia de adsorción de 81,60%.

A mayor pH y menor tiempo de contacto favorecen al endocarpio fibroso sin activación como adsorbente en el proceso de adsorción.

La caracterización de la cáscara y endocarpio fibroso de mango criollo sin/con activación química indicó la presencia de polímeros entre ellos carbohidratos, celulosa y grupos funcionales hidroxilos, carboxilos responsables de la adsorción Pb^{+2} presente en soluciones acuosas.

La cinética de adsorción de la cáscara y endocarpio fibroso del mango criollo responden al modelo de segundo orden.

VI. RECOMENDACIONES

Evaluar otros tipos de adsorbentes agroindustriales de bajos costos, que contengan celulosa.

Utilizar otros agentes químicos activantes.

Evaluar otros parámetros que intervengan en el proceso de adsorción tal es caso del tamaño de partícula, temperatura, agitación con rpm diferentes etc.

Considerar aplicar esta investigación realizada a nivel de laboratorio para solucionar una realidad problemática, evaluando los parámetros y condiciones reales de dicha problemática.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Accostupa, G., y Mamani, R. (2012). *Análisis físico-químico del agua subterránea para consumo humano, cuantificación de elementos químicos altamente tóxicos; Arsenico, Cromo, Cadmio, Plomo por el método espectrofotométrico de absorción atómica en el distrito de Anta*. [Tesis Pregrado, Universidad Nacional San Antonio de Abad de Cusco. Peru]. *Repositorio Institucional - UNSAAC*
- Al-Qodah, Z., Al-Shannag, M. & Adib, M. (2017). On the performance of bioadsorption processes for heavy metal ions removal by low-cost agricultural and natural byproducts bioadsorbent. *Desalination and water treatment*. <https://doi.org/10.5004/dwt.2017.21256>
- ATSDR (2020). Toxicological Profile for Lead, *Capítulo 2. efectos sobre la salud, Georgia. National Technical Information* <https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp13-c2.pdf>
- Barón, L. (2014). Evaluación de la cascarilla de café como material adsorbente para la remoción de iones plomo pb²⁺ presente en soluciones acuosas. [Tesis Pregrado, Universidad Libre. Colombia]. <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/11234>
- Bermejo, F. (2016). *Remoción de plomo y cadmio presente en aguas residuales mineras mediante biosorción en columnas con bagazo de caña y cáscara de cacao*. [Tesis Pregrado, Universidad de Cuenca. Ecuador]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/25710>
- BIOPAT, (2018). Mango. *Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (Indecopi)*. pp. 2-5. <https://www.indecopi.gob.pe/web/invenciones-y-nuevas-tecnologias/boletin-biopat-peru>

- Borja, N., Villegas, V., Yipmantin, A., Guzmán, E. y Maldonado, H. (2015). Equilibrio de biosorción de plomo (II) y caracterización mediante FT-IR y Sem-Edax en alga *Ascophyllum Nodosum*. *Revista Sociedad Química del Perú*, 81(3), 242-253. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v81i3.28>
- Boutaréne, H. (2016). *Caractérisation et propriétés d'un adsorbant obtenu à partir de l'activation des boues d'épuration (thèse de Maîtrise)*. [Université Dr Moulay Tahar de Saida. Algérie]. [https://doi.org/10.1016/S0151-9107\(03\)00096-5](https://doi.org/10.1016/S0151-9107(03)00096-5)
- Cabrera, L. (2017). *Bioadsorción de iones de plomo y cromo procedentes de aguas residuales utilizando la cáscara de tomate de árbol (Solanum Betaceum)*. [Tesis Pregrado, Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca-Ecuador]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/14460>
- Chojnacka, K. (2010). *Biosorption and bioaccumulation – the prospects for practical applications*. *Environment International*. Institute of Inorganic Technology and Mineral Fertilizers. Wrocław University of Technology, ul. Smoluchowskiego 25, 50-62 Wrocław, Poland. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2009.12.001>
- Cimprich, G. (2017). *Natural organic matter characterization and lead speciation as indicators of potential lead bioavailability in aquatic environments*. [Tesis de Maestría, Universidad Wilfrid Laurier. Canadá]. <https://scholars.wlu.ca/etd/1937>
- Correa, D. (2019). *Efecto del tiempo de extracción y tipo de solvente en el rendimiento de taninos de la semilla de mango criollo (Mangifera Indica L.) y su aplicación en el curtido de pieles*. [Tesis Pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque-Perú]. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/4388>

- Kowanga, D., Gatebe, E., Mauti, G., Mbaka, E.(2016). *Kinetic, sorption isotherms, pseudo-first-order model and pseudo-second-order model studies of Cu(II) and Pb(II) using defatted Moringa oleífera seed poder*. The Journal of Phytopharmacology 2016; 5(2): 71-78. http://www.phytopharmajournal.com/Vol5_Issue2_06.pdf
- Escobedo, E. (2018). *Biosorción de Aluminio y Manganeso Total, Presentes en Soluciones Acuáticas, con Cascara de Palta (Persea Americana Mill) Tratada con Formaldehído*. [Tesis Doctoral, Universidad Nacional San Agustín-Arequipa-Perú] <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/6329>
- LENNTECH, (2009). *Plomo y Agua: Mecanismos de Reacción, Impacto ambiental y Efectos en la Salud*. p. 1. <https://www.lenntech.es/plomo-y-agua.ht>.
- Flores, J. (2014). *Evaluación de un fertilizante foliar orgánico y uno químico aplicados en dos etapas de desarrollo en la producción de mango variedad tommy atkins* [Tesis Pregrado, Universidad Rafael Landívar. Guatemala de la Asunción]. http://bibliod.url.edu.gt/F/?func=find-b-0&local_base=REPOSITORIO
- Gamboa, J. y Mora, J. (2010). *Guía para el cultivo del mango (Mangifera indica L.)*, Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. <http://www.platicar.go.cr/images/buscador/documents/pdf/01/00471mango.pdf>
- García, N., Villanueva, P., Campos, E. y Velázquez, A. (2012). *Análisis de la adsorción como método de pulimiento en el tratamiento de aguas residuales*. *Quivera Revista de Estudios Territoriales*, 14(1), 109-129. ISSN: 1405-8626. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40123894007>
- Indecopi. (2018). *Comisión Nacional contra la biopiratería, Mango*. *Boletín informativo*. <https://indecopi.gob.pe/web/invenciones-y-nuevas-tecnologias/boletin-biopat-peru>

- Indecopi. (2018). *Mango, Dirección de Inventiones y Nuevas Tecnologías*.
<http://www.sopenut.org.pe/pdf/min/cati/vegetales.pdf>
- Iqbal, M., Saeed, A. & Zafar, S. (2009). *FTIR spectrophotometry, kinetics and adsorption isotherms modeling, ion exchange, and EDX analysis for understanding the mechanism of Cd²⁺ and Pb²⁺ removal by mango peel waste*. *J. Hazard Mater* 164,161–171.
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.07.141>
- Izquierdo, M. (2010). *Eliminación de metales en aguas mediante bioadsorción. evaluación de materiales y modelación del proceso*. [Tesis Doctoral, Universidad de Valencia. España]. <https://roderic.uv.es/handle/10550/23403>
- Kanjilala, T., Babu, S., Biswas, K., Bhattacharjee, Ch. y Datta, S. (2014). *Application of mango seed integuments as bioadsorbent in lead removal from industrial effluent. desalination and water treatment*. <https://doi.org/10.1080/19443994.2014.950999>
- Kumar V., Nayak, A. & Agarwal, S. (2015). *Bioadsorbents for remediation of heavy metals: Current status and their future prospects*. Korean Society of Environmental Engineers 20(1), 1-18. <https://doi.org/10.4491/eer.2015.018>
- European Head Office, (2015). *Propiedades químicas del Plomo - Efectos del Plomo sobre la salud - Efectos ambientales del Plomo*. *LENNTECH*. <https://www.lenntech.es/plomo-y-agua.htm>
- León, H. (2017). *Bioadsorción de mercurio en aguas residuales generados por el centro minero informal de lunar de oro, ubicado en el distrito de ananea con biomasa de waraqqo (Echinópsis Maximiliana)*. [Tesis Pregrado, Universidad Nacional del Altiplano. Puno-Perú]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/6167>

- Mamani, R. (2016). *Bioadsorción de plomo (II) de las aguas del río Ayaviri, mediante el uso de salvado de cebada*. [Tesis Pregrado, Universidad Nacional del Altiplano. Puno-Perú]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3309>
- Moreno, A. (2013). *Cinética química*. Instituto de Química, UNAM. México. http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/CINETICAQUIMICAACTUALIZADO_19881.pdf
- Nur, Z., Radhiah S., Wan, Z. & Shazini, N. (2019). *Physicochemical, cooking quality and sensory characterization of yellow alkaline noodle: impact of mango peel powder level*. Food Research 4(1) 70-76. [http://doi.org/10.26656/fr.2017.4\(1\).170](http://doi.org/10.26656/fr.2017.4(1).170)
- Olivero, V. (2016). *Dinámica química ambiental*. Grupo de Química Ambiental y Computacional Universidad de Cartagena. <https://slideplayer.es/slide/5396535/>
- Olu-owolabi, B., Oputu, O., Adebowale, K., Ogunsolu, O. & Olujimi, O. (2012) Biosorption of Cd²⁺ and Pb²⁺ ions onto mango stone and cocoa pod waste: Kinetic and equilibrium studies. Scientific Research and Essays 7(15), 1614-1629 <https://doi.org/10.5897/SRE11.2248>
- Opia, B. (2018). The Bio-adsorption of Heavy Metals from Produced Water using Mango (*Mangifera indica*) Peel and Corn (*Zea mays*) Cobs as Bioadsorbents. Research & Reviews: Journal of Ecology and Environmental Sciences, 6(4), 47–56.
- Perea, A., Perea, M., Dorado, P., & Manzano, F. (2018). *Mango stone properties as biofuel and its potential for reducing CO₂ emissions*. Journal of Cleaner Production, 53-62 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.147>

- Qaiser, S.; Saleemi, A.; Umar, M. (2009). *Biosorción de plomo (II) y cromo (VI) en el casco de maní: estudio de equilibrio, cinética y termodinámica*. *Electronic J. Biotechn.*
- Ríos, J. (2013). *Estudio del grado de oxidación de materiales microporosos para el anclaje de hidro (Óxidos) de hierro: remoción de arsénico*. [Tesis de Maestría, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica. San Luis Potosí-México]. Repositorio IPICYT-División de Ciencias Ambientales
- Saha, B., & Orvig, C. (2010). *Biosorbents for hexavalent chromium elimination from industrial and municipal effluents*. *Coordination Chemistry Reviews*, 254(23-24), 2959-2972
<https://doi.org/10.1016/j.ccr.2010.06.005>
- Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA), (2010). *Límites máximos permisibles (lmp) para la descarga de líquidos de actividades Minero - Metalúrgicas*. [Ministerio del Ambiente]. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-limites-maximos-permisibles-descarga-efluentes-liquidos>
- Tejada, C., Villabona, A., y Garcés, L. (2015). *Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico*. *Tecno Lógicas*, vol. 18, no. 34, pp. 109-123
- Trelles, J. (2013). *Biosorción de Arsénico en medio acuoso empleando biomásas vegetales inertes*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Ingeniería. Perú]. Repositorio Institucional – Universidad Nacional de Ingeniería
<http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1152>
- Viades, J. (2013). *Fenómenos de Superficie. Adsorción*. Departamento de Programas Audiovisuales- Universidad Nacional Autónoma de México.
http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Unidad3.Fenomenossuperficiales.Adsorcion_23226.pdf

Young, G. (2013). *Adsorption, Surface phenomenon. The Editors of Encyclopaedia Britannica.*

<https://www.britannica.com/science/adsorption>

VIII. ANEXOS

Anexo A

PROMEDIO DE LOS PESOS DEL MANGO CRIOLLO

Determinación de los pesos del mango criollo

Nº de Muestra	Peso de la fruta	Cáscara	Endocarpi o Fibroso	Peso de la semilla
1	151,21	27,57	10,45	19,34
2	174,71	33,01	11,64	25,22
3	185,74	34,28	12,74	23,9
4	175,92	34,45	11,94	23,58
5	164,58	29	11,15	26,09
6	134,18	25,98	8,68	25,5
7	147,10	33,20	10,1	21,03
8	140,80	25,96	9,57	20,16
9	156,11	27,50	10,78	23,37
10	129,40	25,04	8,09	18,02
11	139,44	26,13	9,12	17,98
12	144,50	26,77	10,26	20,82
PROMEDIO	153,64	29,10	10,38	22,08

Nota. Elaborado por los autores.

Anexo B




Puntos de muestreo del efluente de la mina, como referencia para la presente investigación.

Anexo C



Imágenes del Río tingo Maygasbamba.

Anexo D





EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO DE LAMBAYEQUE S.A.

“ TRABAJAMOS PERMANENTEMENTE PARA LLEVARLE AGUA DE LA MEJOR CALIDAD, CUIDELA NO LA DESPERDICIE ”

RESULTADOS DE ENSAYOS FÍSICOS QUÍMICOS

PUNTOS DE MUESTREO	CONCENTRACION DE Pb (II) mg/L
1. Río Tingo Maygasbamba centro poblado San Nicolás	197.02
2. Río Tingo Maygasbamba centro poblado Auque Bajo	185.10
3. Río Tingo Maygasbamba Bambamarca	179.45

OFICINAS: Av. Carlos Castañeda Iparraguirre N° 100 - Av. Sáenz Peña N° 1860 (Planta de Agua Potable) Chiclayo
 Telf.: 252291 (Central de Telefónica) - 253479 (G.G.) - Gerencia Operacional Telf.: 254132
 Gerencia Comercial - Av. Miguel Grau N° 451 - Telf.: 273609 (G.C.) - 235751 (Central Telefónica)
 Emergencias: Telf.: 238363 - 326747 - 0-800-27092
 Pág. Web: www.epsel.com.pe

Resultados de ensayos fisicoquímicos de la lectura de iones de Pb (II) presente en el agua de efluentes mineros de la provincia de Bambamarca- Cajamarca, EPSEL Laboratorio de control de calidad – Chiclayo.

Anexo E

Obtención del adsorbente



Pesado



Pelado



Cáscara



Endocarpio Fibroso.

Anexo F**Secado**

Endocarpio fibroso y cáscara en estufa.



Endocarpio fibroso totalmente seco.



Cáscara seca

Anexo G

Molienda y Tamizado



Molienda.



Cáscara Tamizada.

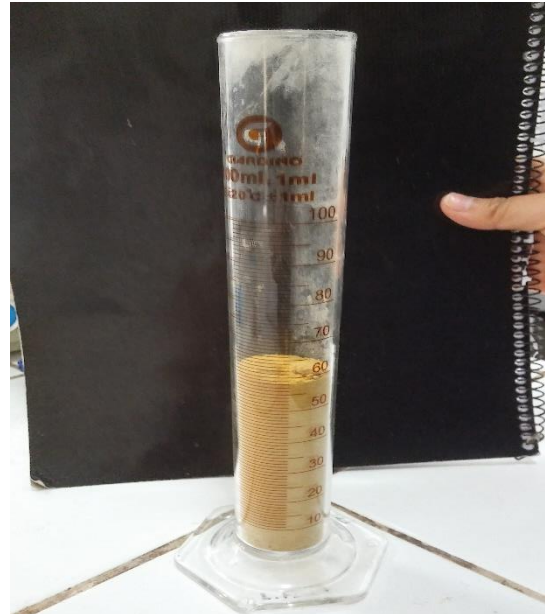


Endocarpio Fibroso Tamizado.

Anexo H



Peso de la probeta con endocarpio fibroso.



Peso de la probeta con cáscara.

- Procedimiento para la cuantificación % de celulosa por el Método Modificado de Kurschner



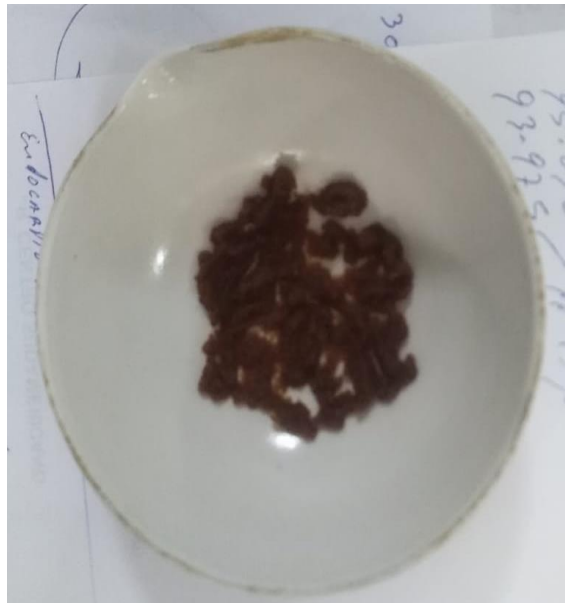
Acondicionamiento de las muestras



Digestión química.



Titulación.



Muestra tratada.



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
 FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
 LABORATORIO DE ANALISIS FISICOQUIMICOS
 Y MICROBIOLÓGICOS
 CIUDAD UNIVERSITARIA - LAMBAYEQUE – PERU



CERTIFICACIÓN DE CALIDAD DE ALIMENTOS

I. DATOS DEL SOLICITANTE:

Nombres : Isabel García Córdova
 Roel Campos Bautista
Proyecto de Tesis : "Efecto del ph y tiempo de contacto de los residuos de mango criollo
 (*Mangifera indica*.L.) en la absorción de plomo en soluciones acuosas "

II. DATOS DE LA MUESTRA:

Nombre : Endocarpio de Mango
Forma de presentación : Envase con Endocarpio de Mango
Estado del envase : Bueno
Naturaleza del envase : Plástico
Marca : No indica
Procedencia : Lambayeque
Rendimiento : No indica
Llegada al laboratorio : 11-07-19
Fecha de análisis : 11-07-19

III. TIPO DE ANALISIS

Fisicoquímico

IV. DOCUMENTO NORMATIVO

Reglamento sobre vigilancia y control Sanitario de Alimentos y Bebidas (05.007- 98-SA)

V. RESULTADO DEL ANALISIS

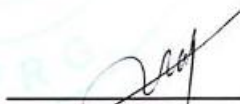
1. **Determinación de criterios fisicoquímicos**

Celulosa (%) : 19.02 %

VI. CONCLUSIONES

La muestra cumple con los requisitos del Reglamento sobre vigilancia y control Sanitario de Alimentos y Bebidas (05.007- 98-SA)




 BIÓLOGO
 Fernando Chaffloque Capuñay

Lambayeque, Julio del 2019

Porcentaje (%) de celulosa de la cáscara del mango criollo.



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
LABORATORIO DE ANALISIS FISICOQUIMICOS
Y MICROBIOLÓGICOS
CIUDAD UNIVERSITARIA - LAMBAYEQUE – PERU



CERTIFICACIÓN DE CALIDAD DE ALIMENTOS

I. DATOS DEL SOLICITANTE:

Nombres : Isabel García Córdova
Roel Campos Bautista
Proyecto de Tesis : "Efecto del ph y tiempo de contacto de los residuos de mango criollo (*Mangifera indica.L.*) en la absorción de plomo en soluciones acuosas "

II. DATOS DE LA MUESTRA:

Nombre : Cascara de Mango
Forma de presentación : Envase con Cascara de Mango
Estado del envase : Bueno
Naturaleza del envase : Plástico
Marca : No indica
Procedencia : Lambayeque
Rendimiento : No indica
Llegada al laboratorio : 11-07-19
Fecha de análisis : 11-07-19

III. TIPO DE ANALISIS

Fisicoquímico

IV. DOCUMENTO NORMATIVO

Reglamento sobre vigilancia y control Sanitario de Alimentos y Bebidas (05.007- 98-SA)


V. RESULTADO DEL ANALISIS

1. Determinación de criterios fisicoquímicos
Celulosa (%) : 7.18 %

VI. CONCLUSIONES

La muestra cumple con los requisitos del Reglamento sobre vigilancia y control Sanitario de Alimentos y Bebidas (05.007- 98-SA)




BIOLOGO
Fernando Chafloque Capuñay

Lambayeque, Julio del 2019

Porcentaje (%) de ceclulosa del endocarpio fibroso del mango criollo.

Anexo I

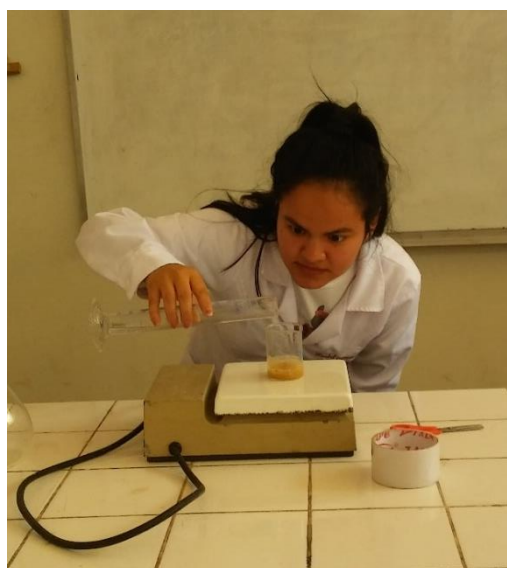
Preparación de la solución patrón y proceso de adsorción



Preparación solución patrón

 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 

Ajuste de pH de la solución.



Activación del adsorbente.



Proceso de adsorción a 100 rpm.



Acondicionamiento de las muestras.



Línea de custodia de las muestras en Epsel- Control de Calidad.