



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AMBIENTAL**

**“Efecto del peso y granulometría del carbón activado de coronta de
Zea mays en la adsorción de cromo del efluente de curtido -
curtiembre Cuenca, Trujillo”**

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERA
AMBIENTAL

Autores:

QUIROZ SORIANO, LUCY GIOVANNA

SANCHEZ ARTEAGA, MERCEDES LISBETH

Asesor:

Msc. ISIDORO VALDERRAMA RAMOS

Línea de Investigación:

CALIDAD Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES

TRUJILLO – PERÚ

2018

PÁGINA DEL JURADO

Dr. Fernando Ugaz Odar
PRESIDENTE

Dr. Alfredo Cruz Monzón
SECRETARIO

Msc. Isidoro Valderrama Ramos
VOCAL

DEDICATORIA

Dedicamos esta tesis principalmente a Dios nuestro Padre Celestial, quien nos dio sabiduría para poder permitirnos haber llegado hasta el final de nuestra formación académica profesional y finalizar esta tesis de grado en Ingeniería Ambiental. A nuestros padres quienes nos dieron educación y apoyo para finalizar nuestros estudios depositando su entera confianza en cada uno de nosotros sin dudar ni un solo momento nuestra capacidad. Es por ello que son las personas más importantes en nuestras vidas.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecemos a Dios quien nos dio capacidades de poder enfrentar cualquier obstáculo durante el desarrollo de nuestra tesis. A nuestra familia y amigos que han contribuido para completar la presente tesis.

A los ingenieros Isidoro Valderrama y Alberto Quezada por su orientación y asesoría durante el desarrollo de nuestra tesis.

Al ingeniero Pierre Rodríguez Gárate por ayudarnos con la parte experimental de nuestra tesis.

A la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental de la UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO, por brindarnos las facilidades para el uso del Laboratorio de Biotecnología.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Lucy Giovanna Quiroz Soriano, con DNI N° 76415617, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

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

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

Quiroz Soriano, Lucy Giovanna

DNI: 76415617

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Mercedes Lisbeth Sanchez Arteaga, con DNI N° 72706234, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

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

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

Sanchez Arteaga, Mercedes Lisbeth

DNI: 72706234

Presentación

La siguiente tesis denominada: “EFECTO DEL PESO Y GRANULOMETRÍA DEL CARBÓN ACTIVADO DE CORONTA DE *Zea mays* EN LA ADSORCIÓN DE CROMO DEL EFLUENTE DE CURTIDO - CURTIEMBRE CUENCA, TRUJILLO”, tiene la finalidad de determinar el efecto del peso y la granulometría de carbón activado de coronta de *Zea mays* en la adsorción de cromo del efluente de la etapa de curtido en la curtiembre Cuenca.

En la primera parte se redacta la introducción mencionando la realidad problemática del sector industrial de curtiembres en la ciudad de Trujillo. Asimismo, se encuentra la recopilación de información de investigaciones previas, y teorías relacionadas al tema. Se formuló el problema de la investigación con su respectiva justificación, luego se planteó una hipótesis en donde se consideró que la variación del peso y granulometría tienen efecto en la adsorción de cromo con carbón activado de *Zea mays* en el efluente de la etapa de curtido en la curtiembre Cuenca.

La segunda parte muestra la metodología utilizada, las técnicas e instrumentos, la población y muestra empleada, para finalmente conseguir los resultados, la discusión de los mismos y las conclusiones respecto a la investigación.

Índice

I. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Realidad problemática	12
1.2. Trabajos previos	13
1.3. Teorías relacionadas al tema	17
1.3.1. Marco Teórico	17
1.3.2. Marco Conceptual	23
1.4. Formulación del problema	24
1.5. Justificación del problema	24
1.6. Hipótesis	25
1.7. Objetivos	25
II. MÉTODO	26
2.1. Diseño de investigación:	26
2.2. Variables y operacionalización	27
2.3. Población y muestra	29
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .	29
2.5. Validez Y Confiabilidad	30
2.6. Métodos de Análisis de datos	30
2.7. Aspectos éticos	30
III. RESULTADOS	31
IV. DISCUSIÓN	36
V. CONCLUSIONES	39
VI. RECOMENDACIONES	40
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
ANEXOS	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación de la curtiembre Cuenca	18
Figura 2: Diagrama de flujo de una curtiembre.....	18
Figura 3: Esquema del procesamiento de curtido de cuero, curtiembre Cuenca.....	19
Figura 4: Efecto del peso y granulometría de carbón activado de coronta de Zea mays sobre la adsorción de Cromo Total en el efluente de curtido.....	32
Figura 5: Porcentaje de adsorción de cromo total en el efluente de curtido en función de la granulometría.....	32
Figura 6: Efecto del peso y granulometría de carbón activado de coronta de Zea mays sobre la adsorción de Cromo Total en la solución de Dicromato de Potasio.....	33
Figura 7: Etapa Rivera: Proceso de curtido	45
Figura 8: Materia prima.....	45
Figura 9: Proceso de carbonizado.....	45
Figura 10: Proceso de activación.....	46
Figura 11: Carbón activado de coronta de Zea mays	46
Figura 12: Trituración del carbón activado	46
Figura 13: Tamizado de carbón activado	47
Figura 14: Preparación de los tratamientos	47
Figura 15: Preparación de los tratamientos de la solución estándar de dicromato de potasio	47
Figura 16: Diluciones de la muestra.....	48
Figura 17: Digestión de la muestra.....	48
Figura 18: Lectura en el espectrofotómetro.....	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características del efluente por etapas	20
Tabla 2: Análisis bromatológicos del olote o tusa de maíz.	22
Tabla 3: Porcentaje de lignina y celulosa.	22
Tabla 4: Esquema Experimental de Investigación	26
Tabla 5: Operacionalización de variables.....	28
Tabla 6: Técnicas e instrumentos de laboratorio	29
Tabla 7: Instrumento de Recolección de Datos	29
Tabla 8: Normas Peruanas para la calibración de los equipos	30
Tabla 9: Características Fisicoquímicas del efluente de Curtido	31
Tabla 10: Prueba de Normalidad	34
Tabla 11: Análisis de Varianza para el Cromo.....	34
Tabla 12: Prueba de Duncan y LSD para el peso	34
Tabla 13: Prueba de Duncan y LSD para la granulometría.....	35
Tabla 14: Concentración de Cromo (ppm) en el agua de curtido después del tratamiento con carbón activado de Zea mays.....	49
Tabla 15: Adsorción de Cromo (%) en el agua de curtido después del tratamiento con carbón activado de Zea mays	49
Tabla 16: Concentración de Cromo (ppm) en la solución de dicromato de potasio después del tratamiento con carbón activado de Zea mays.....	50
Tabla 17: Adsorción de Cromo (%) en la solución de dicromato de potasio después del tratamiento con carbón activado de Zea mays.....	50
Tabla 18: Valores Máximos Admisibles	52

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objetivo de determinar el efecto del peso y la granulometría de carbón activado de coronta de *Zea mays* en la adsorción de cromo del efluente de la etapa de curtido en la curtiembre Cuenca.

El efluente se caracteriza por presentar un valor de cromo total de 1631, 25 ppm. El tratamiento se llevó a cabo utilizando pesos diferentes (0,5 g; 1,0 g; 1,5g) y con diferentes granulometrías (#40; #60) de carbón activado de coronta de *Zea mays*, el volumen de muestra fue de 5 litros del efluente de la etapa de curtido de la curtiembre Cuenca. Los métodos estadísticos aplicados fueron: prueba de Shapiro-Wilk, una prueba paramétrica (ANOVA) y pruebas Post Hoc (LSD y Tukey). Para los análisis de las muestras se utilizó el método APHA 3500 Cr A, B: 2017.

En conclusión, se logró una capacidad de adsorción de 77,50% de cromo total utilizando carbón activado de *Zea mays* en el efluente de la etapa de curtido de la curtiembre Cuenca, esto se logró con 1,5 g y a una granulometría #60 de carbón activado de coronta de *Zea mays*.

PALABRAS CLAVES: *Zea mays*, Efluente de curtido, adsorción, cromo total, carbón activado

ABSTRACT

The present investigation was carried out with the objective of determining the effect of the weight and the granulometry of the activated carbon of the crown of *Zea mays* in the chromium adsorption of the effluent from the tanning stage in the Cuenca tannery.

The effluent is characterized by having a total chromium value of 1631.25 ppm. The treatment was carried out different weights (0,5 g, 1,0 g, 1,5 g) and different sizes (#40; #60) of *Zea mays* crown activated carbon were used, the sample was 5 liters of the effluent from the stage tanning of the basin tannery. The statistical methods applied were: Shapiro-Wilk test, a parametric test (ANOVA), Post Hoc tests (LSD and Tukey). For the analysis of the samples, the APHA 3500 Cr A, B: 2017.

In conclusion, a capacity of adsorption 79.27% of total chromium was achieved using activated carbon from *Zea mays* in the effluent from the tanning stage of the Cuenca tannery, this was achieved with 1.5 g and a # 60 carbon granulometry activated from *Zea mays*.

KEY WORDS: *Zea mays*, tanning effluent, adsorption, total chromium, activated carbon

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Actualmente, las curtiembres generan un alto impacto en los aspectos económico, social y ambiental, debido la cantidad de recursos que utilizan en cada etapa de sus procesos industriales.

Las industrias de cuero dedicadas a la etapa del curtido de pieles están agrupadas a dos principales sectores productivos en el Perú: en la mayoría de ellos es la industria del calzado y el faenado de animales, en las diferentes curtiembres del país utilizan el tipo del vacuno y ovina, etc.

Las empresas de curtidos en la ciudad de Trujillo realizan la actividad de la comercialización de pieles de tipo vacuno, ovina y caprina, dándolos como productos terminados. En las industrias de cuero existen curtiembres formales e informales en la manufactura del calzado, los curtidores formales, que alguna vez estuvieron lejos de las zonas, ahora se encuentran rodeados de casas. Las curtiembres donde operan sus procesos de cuero dentro de sus hogares, generando desechos sólidos y los malos olores de estas curtiembres. Muchos curtidores informales operan dentro de sus propias casas rodeados de sus mismos vecinos que sufren las consecuencias de la generación de residuos tóxicos hacia al ambiente, y a la salud de las personas, provocando la descarga de estos residuos, utilizando sustancias químicas como sales de cromo y sulfuros, además de la generación de materia orgánica, pelos, pedazos de pieles y carne, sangre, entre otros.

Asimismo, en el proceso de curtido de dicha curtiembre, genera efluentes líquidos y residuos sólidos donde se distinguen por su alta carga orgánica, pero en el caso de todas las curtiembres de Trujillo en sus procesos de cuero la cantidad de contaminantes son descargados sin ningún tratamiento a nuestras playas, sabemos que el cromo en estado de oxidación y concentración, siendo de especial importancia la eliminación de cromo hexavalente (Cr^{+6}) reconocido carácter cancerígeno para los humanos. Ninguna autoridad hasta ahora ha tomado medidas para poner fin a esta contaminación.

Actualmente, la curtiembre Cuenca viene ser una curtiembre que se encarga de transformar la piel de vacuno en cuero. Por otra parte, en su proceso de curtido de dicha curtiembre predomina el cromo y el ácido fórmico.

El ácido fórmico es un insumo fiscalizado el cual es un poco tedioso de trabajar en una curtiembre, antes las curtiembres utilizaban ácido sulfúrico, hay algunas actualmente que lo hacen con ácido oxálico, en la curtiembre Cuenca se trabaja con ácido fórmico. Las aguas que se vierten en cada proceso generan efluentes que inciden en un mismo canal pasando por un filtro y luego a una poza donde se generan ciertos sedimentos, este filtro mecánico ayuda bastante para retener los pelos que salen en la etapa de pelambre y ayuda un poco en lo que es las grasas del remojo.

1.2. Trabajos previos

A nivel nacional tenemos los siguientes estudios:

Acosta, Ismael, et. al. (2010); en su artículo de investigación “Remoción de Cromo (VI) en Solución Acuosa por la Biomasa de la Cáscara de Tamarino (*Tamarindus indica*)”, para ello se utilizó materiales de bajo costo, como las cáscaras de mandarina, avellana y/o naranja, para remover el metal de suelos y aguas contaminadas con cromo hexavalente. Es por esto que en el artículo se estudió la capacidad de remoción de cromo hexavalente en solución por cáscara de tamarindo, determinando la concentración del metal por el método de la difenilcarbazida, además se encontró que la remoción total del metal (50 mg/L) ocurre a los 30 minutos, con un pH de 1 y una temperatura de 28°C. Con respecto a la temperatura, la más alta remoción se observó a 60°C, pues a los 70 minutos, el metal (1 g/L) se remueve completamente. Las concentraciones de cromo hexavalente utilizando las cáscaras de tamarindo mostraron una gran capacidad de remoción, además remueve eficientemente el metal in situ con 5 g de biomasa y 6 días de incubación remueve el 94,65 % de cromo hexavalente. La biomasa utilizada reduce 1 g de cromo hexavalente con la producción simultánea de cromo trivalente, por lo que es efectivo para eliminar metales pesados de aguas residuales industriales.

Del Águila, Ana. (2016). En su tesis denominado “Efecto de la concentración y tamaño de partícula de carbón activado de *Zea mays* en las propiedades

fisicoquímicas del agua de lluvia de Otuzco”. Tuvo como objetivo estudiar el efecto de la concentración y tamaño de partícula del carbón activado de *Zea mays* en las propiedades fisicoquímicas del agua de lluvia del distrito de Otuzco. En su metodología se estableció en un diseño experimental bifactorial, utilizando el método ANOVA. Logrando como resultados óptimos en el tratamiento de agua con Cromo (III) a partir de un tratamiento físico usando el agente activante de dióxido de carbono (CO₂) que se usó para preparar carbón activado de coronta de *Zea mays*.

Finalmente se concluye que el efecto del tamaño de partícula del carbón activado de coronta de *Zea mays* respecto a los parámetros de conductividad eléctrica (C.E) y pH tuvo un mayor incremento a 150 µm, mientras que en dureza y cloruros obtuvo una mayor disminución a tamaño de 600 µm. Además, se logró que el efecto de la concentración de carbón activado de coronta de *Zea mays* respecto a los parámetros de conductividad eléctrica (C.E) y pH fue de incremento a 6 g/L, mientras que para dureza y cloruros fue de disminución con una menor concentración de 2 g/L. Por otro lado, se concluye que el efecto del tamaño de partícula del carbón activado de coronta de *Zea mays* respecto a los parámetros de conductividad eléctrica (C.E) y pH presentó un mayor incremento a 150 µm, mientras que en dureza y cloruros obtuvo una mayor disminución a tamaño de 600 µm.

Ramírez, Juan. (2016). En su tesis denominada. “Efecto del pH y el tamaño de partícula de *Chondracanthus chamissoi* en adsorción de cromo total del efluente de curtiembre Chimú SAC”-Trujillo 2016”. Tuvo como objetivo evaluar la influencia del pH y el tamaño de la partícula del alga *Chondracanthus chamissoi* en la adsorción de cromo del efluente de la curtiembre. En su metodología se estableció un diseño experimental bifactorial utilizando dos variables independientes: pH (3, 4, 5, 6) y tamaño de partícula del alga (0,850; 0,430; 0,250; 0,150) en milímetros (mm). Los parámetros que se mantuvieron constantes fueron la velocidad de agitación (200 rpm), el tiempo de agitación (1 hora), la dosis, (40 g/L), el volumen de muestra (100 mL) y la temperatura de trabajo (23 ± 1°C). Se concluyó que el pH y tamaño de partícula de *Chondracanthus chamissoi* influyen en la adsorción de cromo, encontrándose las variables óptimas de pH de 3 y un tamaño de partícula del alga de 0,250mm; obteniendo una eficiencia del 56,33 % en la adsorción de cromo.

Lagos, Lesly. (2016) en su tesis titulada “Bioabsorción de cromo total con borra de café en efluentes de una industria curtiembre local”. Su objetivo fue determinar las condiciones óptimas para lograr la absorción de cromo utilizando un residuo orgánico doméstico, el cual es la borra de café, en efluentes de una industria de curtiembre. Su metodología se basó en el pesaje de la borra de café por triplicado y posterior agitado en el interior de un envase que se juntó en la solución de cromo determinando la capacidad de absorción pasando luego por el análisis de espectroscopia y microscopia electrónica de barrido. Se concluyó que a pH de 5, a una concentración final de la solución de 4,51 ($\pm 0,43$) ppm y una máxima capacidad de adsorción de 9,19 ($\pm 0,43$) ppm se logró la remoción de cromo total de una muestra sintética a partir de la borra de café.

Muñiz, Jesús. (2016) en su tesis de grado denominada “Eficiencia del biosorbente de coronta de maíz para la adsorción del Cromo Hexavalente en aguas residuales de la industria Curtiembre Huachipa - 2016” su objetivo principal fue determinar la eficiencia del biosorbente de coronta de maíz para la adsorción de Cromo Hexavalente en aguas residuales de la industria curtiembre – Huachipa 2016. La investigación fue de tipo explicativo-experimental, el instrumento usado fue la ficha de observación, la cual fue aplicado a una muestra de 20 litros de agua residual de la industria curtiembre en el distrito de Huachipa, el procesamiento estadístico se realizó mediante el programa Excel 2013 y el programa SPSS v21. Se concluyó que la coronta de maíz es altamente eficiente para tratar aguas residuales de la industria de curtiembre, ya que se obtuvo un porcentaje de remoción de 83.5% con el primer tratamiento, a 60 min de tiempo de contacto con 100 r.p.m.

Parravicini, Justo. (2016) en su tesis denominada “Efecto del Tipo De Carbón Activado en la Adsorción de Cromo Total del Agua Residual de la Etapa De Curtido” cuyo objetivo fue demostrar que tipo de carbón activado y la granulometría, mejora el proceso de adsorción de cromo del agua residual de la etapa de curtido. Se utilizaron 3 tipos de carbón activado (cáscara de coco, cáscara de plátano y cáscara de naranja). Esta investigación fue de tipo experimental debido a que presentó manipulación de las variables, en condiciones rigurosamente controladas. Se realizó una investigación de tipo cuantitativa experimental, donde se observó las relaciones de las variables como la granulometría (diámetro de la partícula) y el tipo de carbón

activado; y se determinó la concentración de cromo retenido por la biomasa (carbón activado), para luego comparar la capacidad de remoción de cromo de los tres tipos de carbón activado. En la tesis se concluyó que la mayor cantidad de adsorción de cromo total del agua residual de la etapa de curtido se dio cuando la concentración pasó de 6043,238 ppm de cromo a 1812,102 ppm, la cual fue obtenida al utilizar carbón activado de coco y la granulometría G2 malla #40 (0,425mm) con un porcentaje de eficiencia de 70%.

Ramón, Fiorella (2017). En su tesis denominada “Capacidad del residuo de la cebada "*hordeum vulgare*" para la absorción de cromo (Cr+6) en aguas contaminadas a nivel del laboratorio 2017”. Cuyo objetivo fue conocer la eficiencia del residuo de la cebada como biosorbente en aguas contaminadas por cromo hexavalente a nivel del laboratorio 2017. Se utilizó la técnica de la gravimetría en el cual el componente a determinar se transforma por reacción con un reactivo adecuado y se extrae con un disolvente apropiado. Una vez conseguida la separación cuantitativa se elimina el disolvente y se pesa el producto buscado. Los resultados demuestran que la capacidad de absorción de la cebada a temperatura y pH ambiental es eficiente para poder bajar los límites máximos permisibles del agua y poder utilizarla para regadillos. Se concluyó que el tamizado de 53 μm con una dosis de 1g/l tiene mayor capacidad de absorción de cromo hexavalente, la cual permite deducir que a más fina sea la partícula se obtiene mayor absorción de Cr^{+6}

A nivel Internacional tenemos los siguientes estudios:

Andrago, Daniel (2011), en su tesis denominada “Estudio isotérmico de biosorción de Cromo y Cadmio en solución acuosa utilizando residuos de césped” Su objetivo fue estudiar isotérmicamente la capacidad del césped modificado mediante procesos físicos en contacto con soluciones de concentraciones conocidas de Cromo y Cadmio para conocer las condiciones óptimas de remoción de dichos metales. Se concluyó que el pH óptimo de biosorción fue de 4,0 en el caso del cromo y de 8,0 para el cadmio. El tiempo de contacto para una biosorción óptima fue de 60 minutos para el cromo y 30 minutos para el cadmio.

En Bogotá, Colombia, **Peña, Diego (2012)** realizó su tesis denominada “Evaluación de la remoción de Cromo (III) proveniente de las aguas residuales de las curtiembres por el proceso de adsorción a partir de zuro de maíz como material adsorbente” esta investigación tuvo la finalidad de evaluar la capacidad de retención del cromo (III), esto lo realizó siguiendo un diseño de experimento en el cual seleccionaron variables como concentración de cromo (III), pH de la solución, y como variable de respuesta el porcentaje de remoción del ion contaminante. . El autor concluyó que el material evaluado como adsorbente representa una capacidad de remoción de 68.49%, es así que el zuro de maíz resulta ser una opción viable para usarse como adsorbente altamente económico para remover cromo

Acosta, Henry; Barraza, Camilo y Albis, Ricardo (2015) realizó su artículo de investigación denominado “Adsorción de cromo (VI) utilizando cáscara de yuca (*Manihot esculenta*) como biosorbente” cuyo objetivo fue remover cromo (VI) con cáscara de yuca (*Manihot esculenta*) en disoluciones acuosas (dicromato de potasio) simulando efluentes industriales. Para determinar la concentración de cromo en las muestras se utilizó un espectrómetro de fluorescencia de rayos X por reflexión total (TXRF) ("S2 PICOFOX") de BRUKER. Se concluyó que el porcentaje de remoción utilizando cáscara de yuca fue aproximadamente 40%.

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Marco Teórico

UBICACIÓN:

La curtiembre Cuenca se encuentra ubicada en el distrito de La Esperanza, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad, en las siguientes coordenadas:

UTM Este X = 713 403.00

UTM Norte Y = 9 109 467.00



Figura 1: Ubicación de la curtiembre Cuenca

La industria curtiembre

La industria de curtiembre recibe gran cantidad de pieles crudas para transformarla en cuero. Durante el proceso de curtido se utiliza reactivos químicos como el cromo, así como una gran cantidad de agua; los productos que arroja son wet blue, cuero semiterminado y cuero terminado. Entre los impactos que encontramos durante todo el proceso está la contaminación del agua por los efluentes que se generan, contaminación del aire por material particulado que se genera en el área de lijado y calidad de suelo por los residuos sólidos peligrosos y no peligrosos que se genera en cada proceso.

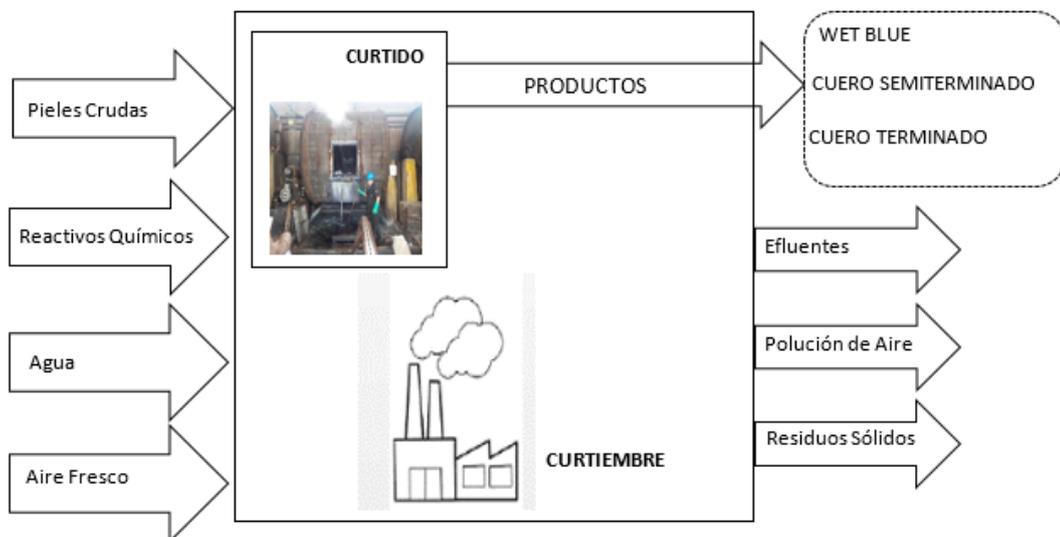


Figura 2: Diagrama de flujo de una curtiembre

Proceso Principal

El curtido, es el proceso que consiste en transformar la piel cruda en cuero, mediante un tratamiento en donde reacciona la piel y el sulfato de cromo. Las pieles solo retienen entre 60% y 70% de sulfato de cromo, lo restante se junta con los efluentes y es vertido generando un grave problema ambiental.

El proceso de curtido de pieles involucra dos etapas: ribera y acabado. Cada etapa incluye una serie de procesos para lograr obtener el producto final que es el cuero.

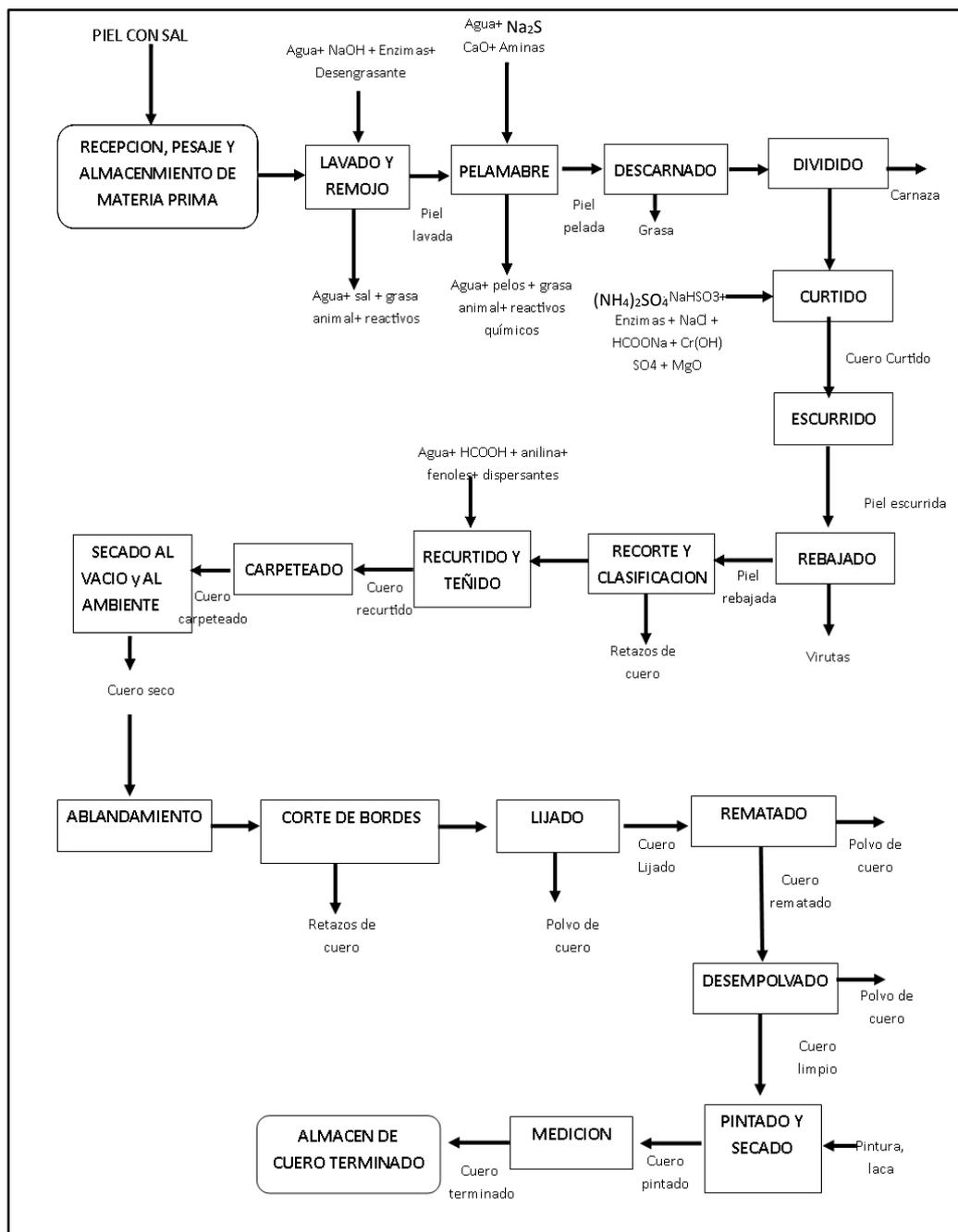


Figura 3: Esquema del procesamiento de curtido de cuero, curtiembre Cuenca

Efluente de la etapa de curtido

La industria de curtiembre está generando un gran impacto en los recursos naturales como es el suelo, el agua y la atmósfera por los efluentes que generan debido a que estos contienen una alta mezcla de contaminantes orgánicos e inorgánicos y alta demanda bioquímica de oxígeno.

En el proceso de curtido con sales de cromo solo se aprovecha del 50 al 70% de este, por esta razón, los efluentes llegan a tener hasta 7000 mg/l de cromo superando de lejos los Valores Máximos Admisibles –VMA. (LAGOS, 2016, p.27)

Tabla 1: Características del efluente por etapas

Parámetros	Remojo	Encalado	Desencalado	Curtido con Cromo	Teñido, engrasado, re curtido	Otros efluentes
pH	6-10	12,5 – 13	6 – 11	4 – 3,2	4 -10	-
Temperatura (°C)	10-30	10-25	20 – 35	-	20 – 60	-
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	2300-6700	6700 – 25000	2500 – 10000	380 – 1400	10000 – 20000	-
DBO (mgO ₂ /L)	2000-5000	5000 – 20000	1000 – 4000	100 – 250	6000 – 15000	-
DQO (mgO ₂ /L)	5000 - 1100	20k 40k	2500 – 7000	800 – 400	15000 – 75000	-
Cromo (III) mg/L	-	-	-	4100	0 - 3000	-
Cloruros (mg/L)	17000 - 50000	3300 – 25000	25000 – 15000	8950 - 2000	5000 - 10000	-
Aceites y grasas (mg/L)	1700 - 8400	1700 – 8300	0 – 5	-	20000 - 50000	-

Fuente: Lagos, 2016

Materias primas para la fabricación de carbón activado:

La obtención de carbón activado se puede hacer usando una variedad de materia prima como son las maderas, carbones de origen mineral y cáscaras de frutas, verduras, semillas, cereales, etc.

La preparación del carbón activado va a depender va depender del uso y el área de adsorción que presente. (LAZO, 2016, p.14)

Tamaño de poro

El carbón activado según su tamaño de poros puede clasificarse de acuerdo a su función en:

- **Poros de adsorción:** los espacios entre las placas graníticas tienen una separación entre una y cinco veces el diámetro de la molécula que va a retenerse. Esta clase de poros, tiene ambas placas de carbón las cuales están lo suficientemente cerca como para ejercer atracción sobre el adsorbato y retenerlo con mayor fuerza. (LAZO, 2016, p.29)
- **Poros de transporte:** estos poros son mayores que los de adsorción ya que poseen un rango muy amplio de tamaño, que van hasta el de las grietas que corresponde a 0.1mm. (Límite detectable por la vista). En éstos, sólo una placa ejerce atracción sobre el adsorbato y entonces lo realiza con una fuerza menor, e incluso insuficiente para retenerlo. (LAZO, 2016, p.29)

Los poros según la IUPAC (International Unión of Pureand Applied Chemists) pueden clasificarse, en el diámetro de los mismos, de acuerdo a lo siguiente:

- ✓ Microporo: Menores a 2 nm
- ✓ Mesoporo: Entre 2 y 50 nm.
- ✓ Macroporo: Mayores a 50 nm (típicamente de 200 a 2000 nm)

El olote o tusa de maíz

Material orgánico con porcentaje de lignina, el cual es considerado como desecho, se convierte como material alternativo para ser aplicado en procesos de adsorción. (TORRES, 2015, p.34)

Propiedades nutritivas del maíz

El maíz es un alimento fundamental en la dieta de muchos países Latinoamericanos, debido a su alto valor nutricional y sus propiedades medicinales. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO)

Clasificación taxonómica del maíz

El maíz se encuentra clasificado de la siguiente manera: (RODRÍGUEZ 2013, p.4)

- REINO: vegetal
- DIVISIÓN: espermatofitas
- SUBDIVISIÓN: angiospermas
- CLASE: monocotiledóneas
- ORDEN: gumifloras
- FAMILIA: gramíneas
- GÉNERO: *Zea*
- ESPECIE: *mays L.*

Composición química del olote o tusa de maíz.

Tabla 2: Análisis bromatológicos del olote o tusa de maíz.

Parámetros (%)	Tusa100%
Fibra	25,99
Grasa	7,29
Proteína	3,85
Humedad	9,37
Cenizas	10,85

Fuente: Torres 2015

Tabla 3: Porcentaje de lignina y celulosa.

Análisis	Olote o Tusa 100%
Celulosa (%)	5,28
Lignina (%)	1,57

Fuente: Torres 2015

1.3.2. Marco Conceptual

Adsorción

Es el proceso mediante el cual las moléculas de un sólido son atraídas y retenidas en la superficie del otro, en este caso el carbón activado tiene la propiedad de retener en su superficie cualquier sustancia con la que se pone en contacto. (JIMENEZ, 2016, p.100)

Cromo

Es uno de los metales más tóxicos de origen antrópico que se disuelve fácilmente en el agua y que puede ser retenido por la vegetación la proveniente principalmente en la elaboración de pigmentos, fungicidas, curtidos de pieles, etc. (LONDOÑO Y OTROS, 2016, p.3)

Carbón activado

Es un material poroso de carbón el cual posee diversas propiedades entre ellas una alta superficie interna que le permite tener una gran capacidad de adsorción. Este es ampliamente utilizado como adsorbente de gases, vapores y solutos en disolución. (GARCIA, 2013)

Carbón activado en polvo

Carbón activado pulverizado cuyo tamaño de partícula es inferior a 0,18 mm. Este posee una gran eficiencia para la eliminación de DBO₅ DQO y para remover la mayoría de metales pesados. (AGUILAR, 2002, p.74)

Carbón activado granular

Partícula de forma irregular cuyos tamaños oscilan entre los 0,2 y 5 mm y cuyas principales propiedades físicas se encuentra la filtrabilidad y la densidad. (AGUILAR, 2002, p.74)

Activación Física

Proceso mediante el cual el material a base de carbón se somete a un proceso de pirólisis o carbonización a una temperatura de 400 y 700°C. y en segundo momento activarlo a través de agentes oxidantes. (LOPEZ, 2013, p.34)

Activación química

Proceso mediante el cual el material a base de carbón se impregna con una dilución concentrada de un agente químico a una temperatura de 500–700°C. (LOPEZ, 2013, p.34)

Olote de Maíz

Material orgánico con porcentaje de lignina y celulosa. Es un subproducto del maíz, considerado un residuo industrial y agrícola. (TORRES, 2015, p.34)

Efluente de curtiembre

Los efluentes de la industria curtiembre genera un impacto negativo al ser lanzados a una red de alcantarillado, puesto que contienen una mezcla compleja de contaminantes orgánicos e inorgánicos como es el cromo, así como una alta demanda química de oxígeno. (LAGOS, 2016, p.27)

1.4. Formulación del problema

¿Cuál será el efecto del peso y granulometría del carbón activado de coronta de *Zea mays* en la adsorción de cromo del efluente de la etapa de curtido en la curtiembre Cuenca?

1.5. Justificación del problema

Actualmente se observa la contaminación hídrica la cual se está agravando día a día, como es el caso del proceso de curtiembre la cual da como resultado grandes volúmenes de efluentes con una gran carga contaminante en su mayoría de cromo. Las pieles de las curtiembres sólo logran absorber un 60 a 70% de cromo, el 30% o 40% restante es perdido a través de los efluentes, y esto da como consecuencia un grave problema ambiental (REY DE CASTRO, 2013); con el presente trabajo de investigación se busca contrarrestar dicha contaminación y optimizar el proceso productivo de la curtiembre Cuenca. La importancia de esta investigación radica, en remover el cromo del efluente de la etapa de curtido de la curtiembre Cuenca, cuyos efectos tóxicos causan daño al medio ambiente y a la salud de las personas que están en contacto directo.

Para ello se investigó un proceso de adsorción de cromo utilizando la coronta de *Zea mays* la cual además de ser utilizada como combustible, alimento balanceado; ayudará a disminuir las concentraciones de cromo presentes en el efluente de la etapa

de curtido de la curtiembre Cuenca mediante el carbón activado de la misma, ya que según estudios anteriores ha logrado remover cromo en gran porcentaje. Siendo así, se podrá mejorar la calidad del agua, disminuyendo la contaminación.

1.6. Hipótesis

El peso y la granulometría de carbón activado de coronta de *Zea mays* tiene efecto en la adsorción de cromo en el efluente de la etapa de curtido en la curtiembre Cuenca.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo general

Determinar el efecto del peso y la granulometría de carbón activado de coronta de *Zea mays* en la adsorción de cromo del efluente de la etapa de curtido en la curtiembre Cuenca.

1.7.2. Objetivos Específicos

- Determinar las condiciones adecuadas, del peso y granulometría del carbón activado, de coronta de *Zea mays* que permita obtener la mayor adsorción de cromo.
- Determinar la capacidad de adsorción de cromo del efluente de la etapa de curtido utilizando carbón activado de coronta de *Zea mays* mediante el método APHA 3500 Cr A, B: 2017.
- Comparar los porcentajes de adsorción de cromo total del efluente de la etapa de curtido con una solución estándar de cromo en cada tratamiento.

II. MÉTODO

2.1. Diseño de investigación:

El diseño experimental es bifactorial, porque se obtendrán los datos mediante la manipulación de dos factores.

Factor P: P1, P2 y P3

Factor G: G1, G2

Donde:

P y G: representan los niveles de estudio.

- P: Peso de carbón activado (3 niveles)
- G: Granulometría de carbón activado (2 niveles)

Entonces el diseño factorial será de 3x2

Tabla 4: Esquema Experimental de Investigación

		GRANULOMETRÍA DE CARBÓN ACTIVADO		TOTAL
		G1	G2	
PESOS DE CARBÓN ACTIVADO	P1	P1.G1.R1	P1.G2.R1	2
	P2	P2.G1.R1	P2.G2.R1	2
	P3	P3.G1.R1	P3.G2.R1	2
	P1	P1.G1.R2	P1.G2.R2	2
	P2	P2.G1.R2	P2.G2.R2	2
	P3	P3.G1.R2	P3.G2.R2	2
	P1	P1.G1.S3	P1.G2.S3	2
	P2	P2.G1.S3	P2.G2.S3	2
	P3	P3.G1.S3	P3.G2.S3	2
TOTAL		9	9	18

Fuente: Elaboración Propia

TOTAL DE EXPERIMENTOS: 18

A ello, hay que sumarle el blanco de la muestra.

TOTAL DE ANÁLISIS: 18+1=19

Dónde:

G1 = Malla N° 40 (0,42 mm)

G2 = Malla N° 60 (0,25 mm)

P1 = Peso de carbón activado (0,5 g)

P2 = Peso de carbón activado (1 g)

P3 = Peso de carbón activado (1,5 g)

2.2. Variables y operacionalización

2.2.1. Variables

- **INDEPENDIENTE:** Carbón activado de coronta de *Zea mays*.
- **DEPENDIENTE:** Adsorción de cromo del efluente de la etapa de curtido de la curtiembre Cuenca.

2.2.2. Matriz de Operacionalización

Tabla 5: Operacionalización de variables

<i>Variable</i>		<i>Definición conceptual</i>	<i>Definición operacional</i>	<i>Dimensiones</i>	<i>Indicadores</i>	<i>Escala de medición</i>
INDEPENDIENTE	Carbón activado de coronta de <i>Zea mays</i>	Material orgánico con porcentaje de lignina y celulosa. Es un subproducto del maíz, considerado un residuo industrial y agrícola (TORRES, G 2015).	Dosis de carbón activado que será agregado a las muestras del efluente de la etapa de curtido de la curtiembre Cuenca.	Pesos del carbón activado	Gramos	De razón
			Tamaño de la partícula o grano utilizando cribas de diferentes diámetros.	Granulometría	Número de malla	De razón
DEPENDIENTE	Adsorción de cromo del efluente de la etapa de curtido de la curtiembre Cuenca.	La industria curtiembre genera un impacto negativo al ser lanzados a una red de alcantarillado, puesto que contienen una mezcla compleja de contaminantes orgánicos e inorgánicos como es el cromo, así como una alta demanda química de oxígeno (LAGOS, 2016).	Para medir esta variable se utilizará el método APHA 3500 Cr A,B: 2017 para conocer la concentración de cromo total presente en las aguas residuales de la etapa de curtido de la curtiembre Cuenca antes y después de aplicar el carbón activado de coronta de <i>Zea mays</i>	Concentración de cromo total.	mg/L	De razón

Fuente: Elaboración Propia

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población

El efluente de la etapa de curtido de la curtiembre de un día (100 L)

2.3.2. Muestra

Se obtuvo un volumen de muestra aproximado de 5 litros, el muestreo fue por conveniencia.

2.3.3. Unidad de análisis

Se utilizó 100 ml de efluente de la etapa de curtido de la curtiembre Cuenca para cada tratamiento con carbón activado de coronta de *Zea mays* en peso y granulometría diferente, con la finalidad de remover el cromo total.

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

2.4.1. Técnicas de Recolección de datos

Tabla 6: Técnicas e instrumentos de laboratorio

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
Granulometría	Cribas o mallas
Pesaje	Balanza Analítica
Secado	Estufa
Carbonizado	Mufla

Fuente: Elaboración Propia

2.4.2. Instrumentos de Recolección de datos

Para la recolección de datos, se utilizó la siguiente tabla

Tabla 7: Instrumento de Recolección de Datos

GRANULOMETRÍA	PESO	Adsorción de Cromo (mg/L)		
		R ₁	R ₂	R ₃
#40 (0,42 mm)	0,5 g			
	1,0 g			
	1,5 g			
#60 (0,25 mm)	0,5 g			
	1,0 g			
	1,5 g			

Fuente: Elaboración Propia

2.5. Validez Y Confiabilidad

Los equipos utilizados fueron previamente calibrados, para poder obtener datos correctos.

Tabla 8: Normas Peruanas para la calibración de los equipos

INSTRUMENTO	CALIBRACIÓN
<i>Estufa</i>	PC- 007 Procedimiento de calibración de incubadoras y estufas
<i>Balanza Analítica</i>	NMP 003-2009 : Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento No Automático

Fuente: Elaboración Propia

2.6. Métodos de Análisis de datos

Para la prueba de normalidad se utilizó : Shapiro-Wilk, para comprobar si los datos determinados han sido extraídos de una población normal. Un contraste de ajuste tiene como finalidad comprobar si los datos proporcionados por una muestra se pueden aceptar que la población de origen sigue una determinada distribución de probabilidad, en nuestro caso, la distribución normal, cuando $p < 0.05$ rechazamos la Hipótesis Nula y cuando $p > 0.05$ aceptamos la Hipótesis Nula.

Para la comprobación de los resultados se utilizó el Análisis de Varianza (ANOVA) junto a pruebas Post Hoc como Duncan y LSD, además para saber si el peso y la granulometría del carbón activado de *Zea mays* tienen efecto sobre la adsorción de cromo en la etapa de curtido se utilizó la prueba de Pareto.

2.7. Aspectos éticos

En este proyecto de investigación se utilizó instrumentos y equipos calibrados con lo cual se obtuvo resultados confiables; del mismo modo, las citas bibliográficas fueron citadas según la Norma ISO 690, respetando la propiedad intelectual expresada por los autores. Se recolectó los datos consentidos por la curtiembre Cuenca. Finalmente se siguió al pie de la letra lo recomendado por el asesor y las consideraciones que pone el reglamento a través del área de investigación de proyectos de la Universidad César Vallejo.

III. RESULTADOS

La Tabla 9 muestra las características fisicoquímicas del efluente de la etapa de curtido de la curtiembre Cuenca, las cuales fueron comparadas con los Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario (DECRETO SUPREMO N°021-2009-VIVIENDA).

Para determinar la concentración de cromo total del efluente de curtido se utilizó el método APHA 3500 Cr A, B: 2017, dicho efluente tiene presente una concentración de cromo total de 1631,25 ppm, la cual no cumple con lo establecido en el DECRETO SUPREMO N°021-2009- VIVIENDA Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario. (Ver anexo N°12).

Tabla 9: Características Fisicoquímicas del efluente de Curtido

PARÁMETROS	RESULTADOS	VMA
COLOR	Color Verde Azulado	NR
pH	3,8	6 – 9
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	45,06	NR
TEMPERATURA	37°C	35 °C
CROMO TOTAL	1631,25 ppm	10 ppm

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 4, se observa los porcentajes de adsorción de cromo total en el efluente de curtido de la curtiembre Cuenca, cada uno de los tratamientos con carbón activado de coronta de *Zea mays* a diferentes niveles de peso (0,5 g; 1,0 g y 1,5 g) y granulometría (mallas # 40 y #60). Al analizar las muestras con el método APHA 3500 Cr A, B: 2017, se observó que el carbón activado de coronta de *Zea mays* tiene una capacidad de hasta 77,50% de adsorción de cromo, la cual se obtuvo con la malla #60 y 1,5 gramos de carbón activado de coronta de *Zea mays*.

Además, se observa que la capacidad de adsorción del carbón activado de coronta de *Zea mays* con la malla # 40 y peso 0,5 g adsorbe en menor cantidad, ya que se obtuvo 68,21% de adsorción de cromo.

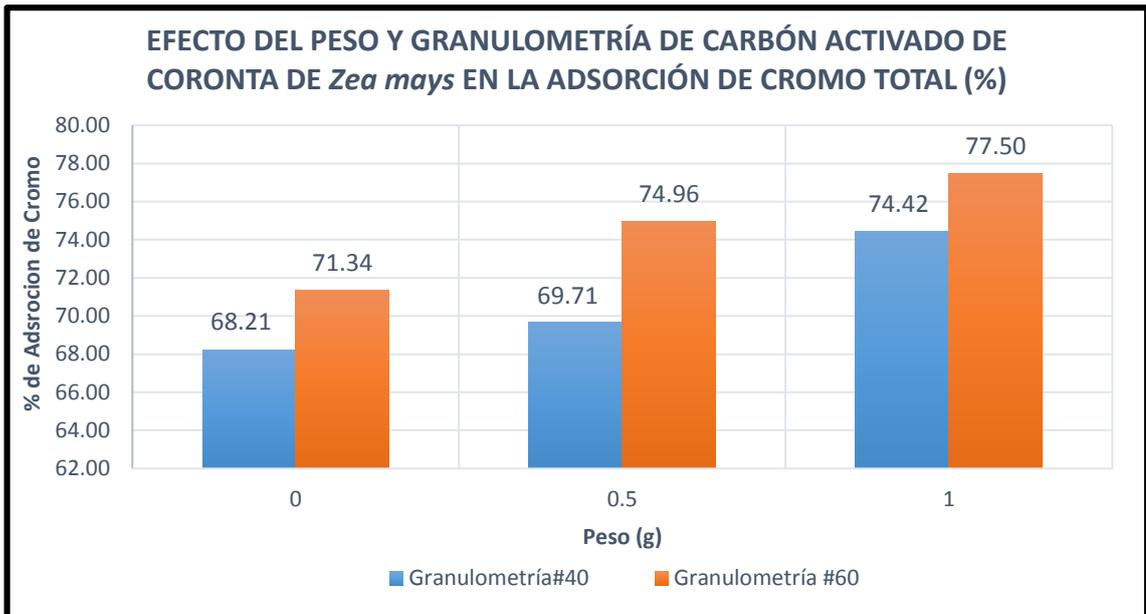


Figura 4: Efecto del peso y granulometría de carbón activado de coronta de *Zea mays* en la adsorción de Cromo (%)

En la Figura N°5 se presenta el porcentaje de adsorción de cromo total con carbón activado de coronta de *Zea mays* con los pesos 0,5g; 1,0g y 1,5 g y en función de la granulometría #40 y #60, donde se observa una relación directa entre el número de malla con el porcentaje de adsorción de cromo. Se puede visualizar que, al aumentar el número de malla, el porcentaje de adsorción de cromo con carbón activado de coronta de *Zea mays* aumenta.

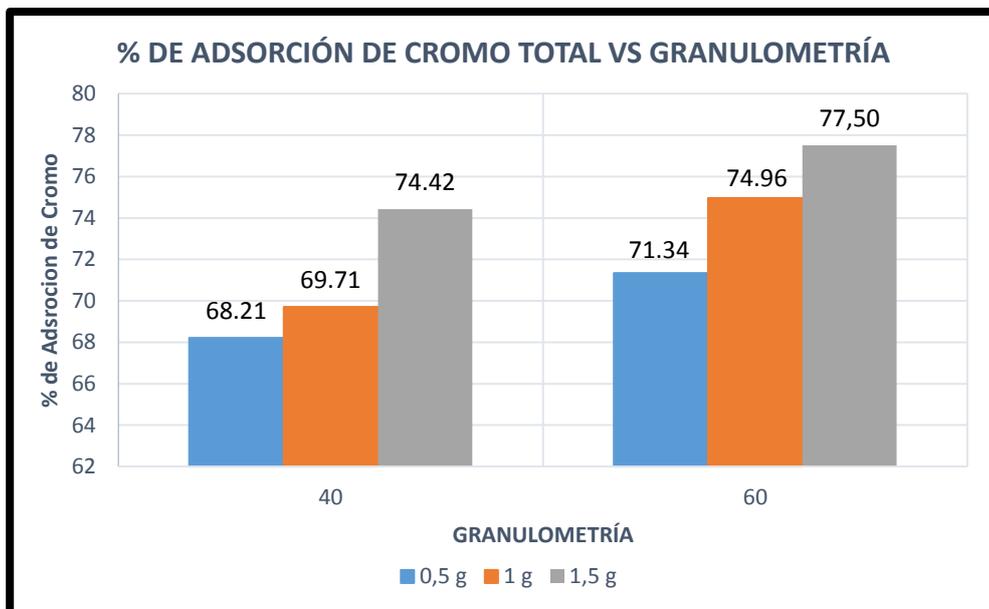


Figura 5: Porcentaje de adsorción de cromo total en el efluente de curtido en función de la granulometría

La solución estándar de dicromato de potasio se trabajó con la misma concentración inicial de cromo del efluente de la etapa de curtido (1631,25 ppm). En la Figura 6, se observa los porcentajes de adsorción de cromo total en la solución de dicromato de potasio, cada uno de los tratamientos con carbón activado de coronta de *Zea mays* a diferentes niveles de peso (0,5 g, 1,0 g y 1,5 g) y granulometría (malla # 40 y #60). Al analizar las muestras con el método APHA 3500 Cr A, B: 2017, se observó que el carbón activado de coronta de *Zea mays* tiene una capacidad de hasta 38,52%, esta capacidad de adsorción se obtuvo con 1,5 gramos de carbón activado de coronta de *Zea mays* y con malla #60.

Además, se observa que la capacidad de adsorción del carbón activado de coronta de *Zea mays* con la malla # 40 y peso de 0,5 g adsorbe en menor cantidad, ya que se obtuvo 24,41%.

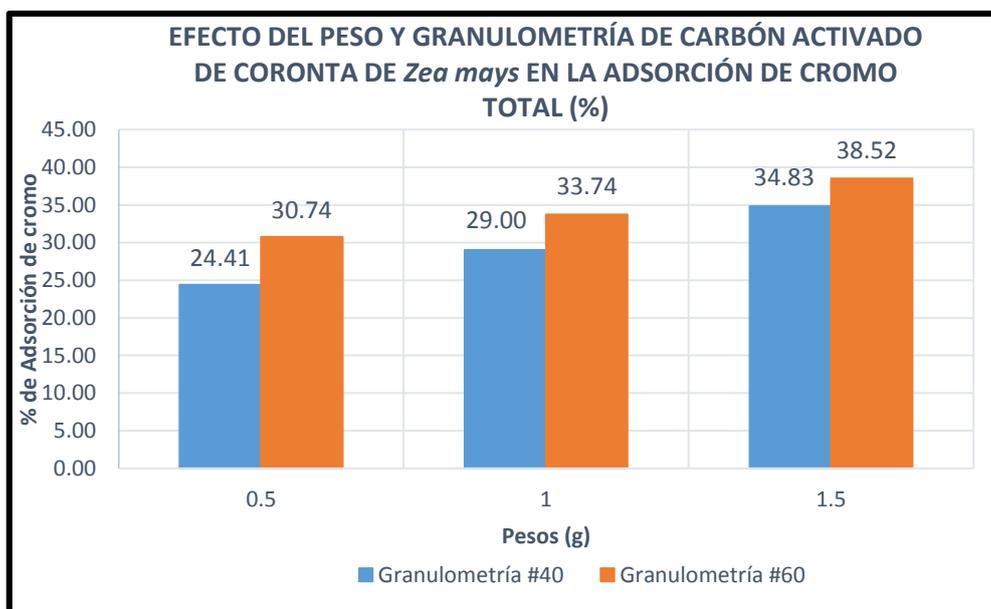


Figura 6: Efecto del peso y granulometría de carbón activado de coronta de *Zea mays* en la adsorción de Cromo Total en la solución de Dicromato de Potasio

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El proyecto de investigación presenta un diseño bifactorial (granulometría y peso con carbón activado de coronta de *Zea mays*) con 3 réplicas siendo un total de 18 unidades experimentales. En el cual, el diseño estadístico comprende un diseño completamente aleatorizado con dos factores, se utilizó el paquete estadístico STATGRAPHICS Centurion, con un nivel de confianza del 95%.

En la Tabla 10 se observa la Prueba de Normalidad el cual determinó un valor-P de 0,091; lo cual significa que los datos son normales, entonces se Acepta la Hipótesis Nula

Tabla 10: Prueba de Normalidad

<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0,910962	0,0910837

La tabla 11, muestra el análisis de varianza el cual determinó que el peso y granulometría de tratamiento presentaron efecto significativo ($p < 0.05$) sobre la adsorción de cromo.

Ho: No existe diferencia significativa en los promedios de concentración de cromo al aplicar los tratamientos.

H1: Existe diferencia significativa en los promedios de concentración de cromo al aplicar los tratamientos.

Tabla 11: Análisis de Varianza para el Cromo

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:peso	33087,3	2	16543,6	5,38	0,0215
B:granulometria	24246,2	1	24246,2	7,89	0,0158
INTERACCIONES					
AB	4670,19	2	2335,09	0,76	0,4890
ERROR	36884,3	12	3073,7		
TOTAL (CORREGIDO)	98888,0	17			

Posteriormente se realizaron las pruebas Post Hoc tales como: la prueba estadística Duncan, la cual fue contrastada con la de LSD, para determinar el mejor peso y la mejor granulometría con carbón activado de coronta de *Zea mays*, para la adsorción de cromo a una confiabilidad del 95%. Se puede concluir que para a un peso de 1,5 con malla # 60 se obtuvo el mejor tratamiento para la adsorción de cromo con carbón activado de coronta de *Zea mays* del efluente de curtido de la curtiembre Cuenca.

Tabla 12: Prueba de Duncan y LSD para el peso

<i>PESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
0,5	6	1138,23	22,6337	X
1	6	1163,23	22,6337	X
1,5	6	1239,06	22,6337	X

Tabla 13: Prueba de Duncan y LSD para la granulometría

GRANULOMETRIA	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
40	9	1143,47	18,4803	X
60	9	1216,87	18,4803	X

En la Figura 7 se puede observar el diagrama de Pareto Estandarizado en donde las barras que cruzan la línea de referencia influyen en la adsorción de cromo, en este caso el peso y la granulometría son factores estadísticamente significativos en el nivel de 0.05.

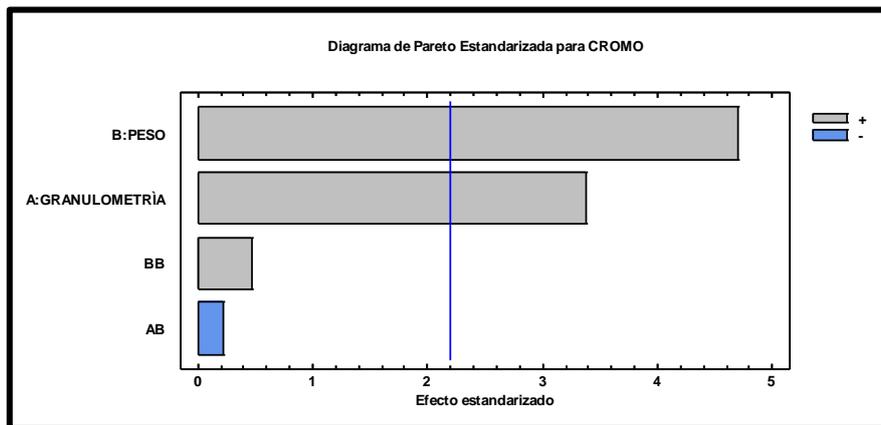


Figura 7: Diagrama de Pareto Estandarizado

IV. DISCUSIÓN

En la presente investigación se buscó mejoras ambientales, para lo cual se desarrolló un tratamiento para disminuir cromo total utilizando carbón activado de coronta de *Zea mays* mediante el método de adsorción a diferentes pesos y granulometrías. Se obtuvieron diferentes resultados los cuales serán analizados a continuación:

En la Tabla 9 se observa el resultado de las principales características fisicoquímicas del efluente de la etapa curtido, el cual presentó una concentración de cromo total de 1631,25 ppm y el pH de 3,8 estos valores fueron comparados con los Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario, establecido por el D.S N° 021-2009-VIVIENDA, en este caso ambos parámetros sobrepasan dichos Valores Máximos Admisibles. El valor de cromo total confirma lo expuesto por Asencio, Stephanie (2017), quien obtuvo un valor de 2029 ppm de concentración de cromo total en la etapa de curtido de la curtiembre Cuenca y un pH de 3,9. Acosta, Ismael (2010), nos dice que el cromo es un elemento esencial para hombres y animales, pero concentraciones elevadas del mismo resultan tóxicas en ellos.

El tratamiento para la adsorción de cromo total en el efluente de curtido de la curtiembre Cuenca, se realizó a diferentes niveles de pesos (0,5g; 1,0g; 1,5g), y granulometrías (#40 y #60); en la Figura 4 se presentan los porcentajes de adsorción de cromo, donde se observa que el carbón activado de coronta de *Zea mays* llegó a adsorber hasta un 77,50% con peso 1,5g y malla #60 con un tiempo de contacto con la muestra de 60 minutos, lo cual concuerda con estudios realizados por Muñiz, Jesús (2016) que concluyó que el tratamiento de adsorción de cromo con carbón activado de coronta de *Zea mays*, tuvo una capacidad de adsorción de hasta un 83,75% en un tiempo de contacto de 60 minutos con la muestra, así mismo Peña, Diego (2012) alcanzó una capacidad máxima de adsorción de 68,49% de Cromo III, esto se debe a que según estudios la coronta de *Zea mays* posee un contenido de lignina de 23.57%, lo que lo convierte en un material con una apreciable capacidad para remover metales pesados.

Además, el número de malla es directamente proporcional al porcentaje de adsorción, ya que el tratamiento con carbón activado de coronta de *Zea mays* de mayor malla obtuvo los mejores resultados de adsorción, esto se puede comprobar con el estudio de Muñiz, Jesús (2012) cuyo título fue Eficiencia del biosorbente de coronta de maíz para la adsorción del Cromo Hexavalente en aguas residuales de la industria Curtiembre Huachipa – 2016 donde utilizó cribas de #60 y #45; es así que la criba #60, adsorbió más cromo que la de #45. En el caso del peso se logró una mayor adsorción al incrementar los gramos, es así que el peso de 1,5g fue más eficiente.

En la Figura 5, después de realizarse el tratamiento con carbón activado de coronta de *Zea mays*, se obtuvo mayor porcentaje de adsorción de cromo total con malla # 60 esto concuerda con Ramón, Fiorella (2017) en su tesis cuyo título fue “Capacidad del residuo de la cebada "*hordeum vulgare*" para la absorción de cromo (Cr+6) en aguas contaminadas a nivel del laboratorio 2017” la cual llegó a la conclusión de que el adsorbente tiene la capacidad para remover cromo +6 en aguas contaminadas, los resultados demostraron que el tamaño de la partícula del residuo es indirectamente proporcional al porcentaje de adsorción de cromo total ya que se obtuvo que la partícula más fina tuvo mayor adsorción de cromo +6.

En la Figura 6 se observan los porcentajes de adsorción de cromo con carbón activado de coronta de *Zea mays* en una solución de dicromato de potasio donde se concluye que hay una mayor adsorción a mayor peso y granulometría, de igual forma ocurre al aplicar el tratamiento en el efluente de la etapa de curtido en la curtiembre Cuenca sin embargo no actúa con la misma capacidad de adsorción puesto que el carbón activado de coronta de *Zea mays* en el efluente de la etapa de curtido logró una capacidad de adsorción hasta 77,50% mientras que en la solución estándar de dicromato de potasio alcanzó una capacidad de adsorción de 38,52%; esto lo confirma Acosta, Henry; Barraza, Camilo (2015) en su artículo científico titulado Adsorción de cromo (VI) utilizando cáscara de yuca (*Manihot esculenta*) como biosorbente; donde se llegó a una capacidad de adsorción de cromo de hasta 40%.

Los análisis estadísticos se realizaron con un nivel de confianza del 95%, en la Tabla 10 se observa la prueba de normalidad, se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk dando como resultado el valor $p = 0,091$; esto confirma estadísticamente que los datos presentan una distribución normal, en conclusión, se acepta la Hipótesis Nula que los datos son normales.

En la Tabla 11, se aplicó el análisis de varianza (ANOVA) para ver si existían diferencias significativas entre el peso y la granulometría de carbón activado de coronta de *Zea mays* sobre la adsorción de cromo, se concluyó que el valor de p tiene un valor por debajo del nivel de significancia de 0,05 ($p < 0,05$); entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna que nos dice que existe diferencia significativa en los promedios de concentración de cromo al aplicar los tratamientos.

Para las pruebas Post Hoc se utilizó las pruebas de Duncan y LSD, en la Tabla 12 se observa estas pruebas en función del peso del carbón activado de *Zea*, se concluyó que el carbón activado de coronta de *Zea mays* actúa mejor con un peso de 1,5 g, así mismo en la Tabla 13 se observa dichas pruebas en función de la granulometría, se concluyó que el carbón activado de coronta de *Zea mays* con número malla #60 (0,25 mm) muestra un mejor tratamiento para la adsorción de cromo del efluente de la etapa de curtido a un intervalo de confiabilidad del 95%.

En la Figura 7, se observa el diagrama de Pareto Estandarizado, en donde los factores que se encuentran por encima de la línea de corte ejercen efecto significativo en la adsorción de cromo total, en este caso se observa que el peso y la granulometría del carbón activado de coronta de *Zea mays* tienen efecto significativo en la adsorción de cromo total con un intervalo de confianza de 95%.

V. CONCLUSIONES

- El peso y granulometría del carbón activado de coronta de *Zea mays* si influye en la capacidad de adsorción de cromo ya que tiene una capacidad de adsorción de cromo de hasta 77,50%, este porcentaje de adsorción se obtuvo mediante el tratamiento con 1.5 gramos y malla #60.
- A mayor número de malla y a mayor peso de carbón activado de coronta de *Zea mays* existe una mayor adsorción de cromo total en el efluente de curtido de la curtiembre Cuenca.
- Al comparar los porcentajes de adsorción de cromo total del efluente de la etapa de curtido con una solución estándar de dicromato de potasio se pudo concluir que en este último el carbón activado de coronta de *Zea mays* solo es eficiente hasta un 38,52%.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que en las próximas investigaciones se lleve a cabo la evaluación de la capacidad del carbón activado de coronta de *Zea mays*, para adsorber otros tipos de metales pesados como plomo, mercurio, cadmio, etc.
- Del mismo modo, se recomienda trabajar el carbón activado de coronta de *Zea mays* con granulometría mayores, ya que, en el presente trabajo de investigación, se concluye que a mayor número de malla hay mayor adsorción de cromo total.
- Asimismo, se recomienda utilizar otros tipos de materia prima para la elaboración de carbón activado, por ejemplo: borra de café, cáscara de tamarindo, naranja, entre otros para la adsorción de cromo, que sean económicas y eco sustentables.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRAGO, Daniel. Estudio isotérmico de biosorción de Cromo y Cadmio en solución acuosa utilizando residuos de césped. Trabajo de Titulación (Título de Ingeniero en Biotecnología de Recursos Naturales). Quito: Universidad Politécnica Salesiana, 2011. 44p.

ACOSTA, Henry; BARRAZA, Camilo; ALBIS, Ricardo. Adsorción de cromo (VI) utilizando cáscara de yuca (*Manihot esculenta*) como biosorbente. *Revista Científica Ingeniería y Desarrollo*, vol. 35, 19p. 2015.

ACOSTA, Ismael. Remoción de Cromo (VI) en Solución Acuosa por la Biomasa de la Cáscara de Tamarino (*Tamarindus Indica*). *Revista Académica de Investigación*, 2010.

AGUILAR, M. Carbón activo. En: Tratamiento físico-químico de aguas residuales: coagulación-floculación. Servicio de Publicaciones. España: Universidad de Murcia, 2002. 74-78p.

ASENCIO, Sthepannie. Efecto del pH y tiempo en la Biorremoción de cromo total con *Cyanobacterias Nostoc Spp.* del efluente de curtido, curtiembre Cuenca SAC. Trabajo de Titulación (Título de Ingeniero Ambiental). Trujillo: Universidad César Vallejo, 2017. 52p.

DEL ÁGUILA, Ana. “Efecto de la concentración y tamaño de partícula de carbón activado de *Zea mays* en las propiedades fisicoquímicas del agua de lluvia de Otuzco”. Trabajo de Titulación (Título de Ingeniero Ambiental). Trujillo: Universidad César Vallejo. 2016. 63p.

GARCÍA, Ariel. Aplicaciones del Carbón Activado. En: El Carbón Activado, Un Material Adsorbente. Matanzas: Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos. 2013. pp. 7-8.

JIMENEZ, Bernabé. Necesidades energéticas y propuestas de instalaciones solares. IC [en línea].Málaga: IC Editorial.2016.Disponible en: https://books.google.com.pe/books?id=QtKNCwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

LAGOS, Lesly. Bioadsorción de cromo con borra de café en efluentes de una industria curtiembre local. Trabajo de Titulación (Título de Licenciado en Ingeniería Química). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. 2016. 75p.

LAZO, Roberto. Operaciones y Procesos para la producción de carbón activado a partir de cáscara de Coco. Trabajo de titulación (Maestría En Investigación Y Docencia Universitaria). Callao: Universidad Nacional del Callao. 2015.

LONDOÑO, Luis; LONDOÑO, Paula; MUÑOZ, Fabián. Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, vol. 14, pág. 9. 2016.

LOPEZ, Liliana. Activación de carbones para aplicación en almacenamiento de gas natural vehicular (metano). Trabajo de Titulación (Titulo de Magister en Ingeniería Química). Medellín: Universidad Nacional de Colombia. 2013. 161p.

MUÑIZ, Jesus. Eficiencia del biosorbente de coronta de maíz para la adsorción del Cromo Hexavalente en aguas residuales de la industria Curtiembre Huachipa – 2016. Trabajo de titulación (Título de Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo. 2016.92p.

PARRAVICINI, Justo. Efecto del tipo de carbón activado en la adsorción de cromo del agua residual de la etapa de curtido. Trabajo de titulación (Título de Ingeniería Ambiental). Trujillo: Universidad César Vallejo. 2016.54p.

PEÑA, Diego, NAVARRETE, Luisa, AGUDELO, Rafael. Evaluación de la remoción de cromo proveniente de las aguas residuales de las curtiembres por el proceso de adsorción a partir del zuro de maíz como material adsorbente. [En línea] 2012 [Fecha de consulta: 14 de junio del 2018]. Disponible en: <http://aiquruguay.org/congreso/download/TL12.pdf>

RAMIREZ, Juan. “Efecto del pH y el tamaño de partícula de *Chondracanthus chamissoi* en adsorción de cromo del efluente de curtiembre “Chimú SAC”- Trujillo”. Trabajo de titulación (Titulo de Ingeniería Ambiental).Trujillo: Universidad César Vallejo. 2016.57p.

RAMÓN, Fiorella. Capacidad del residuo de la cebada "*hordeum vulgare*" para la absorción de cromo (Cr+6) en aguas contaminadas a nivel del laboratorio. Trabajo de titulación (Título de Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo. 2017. 67p.

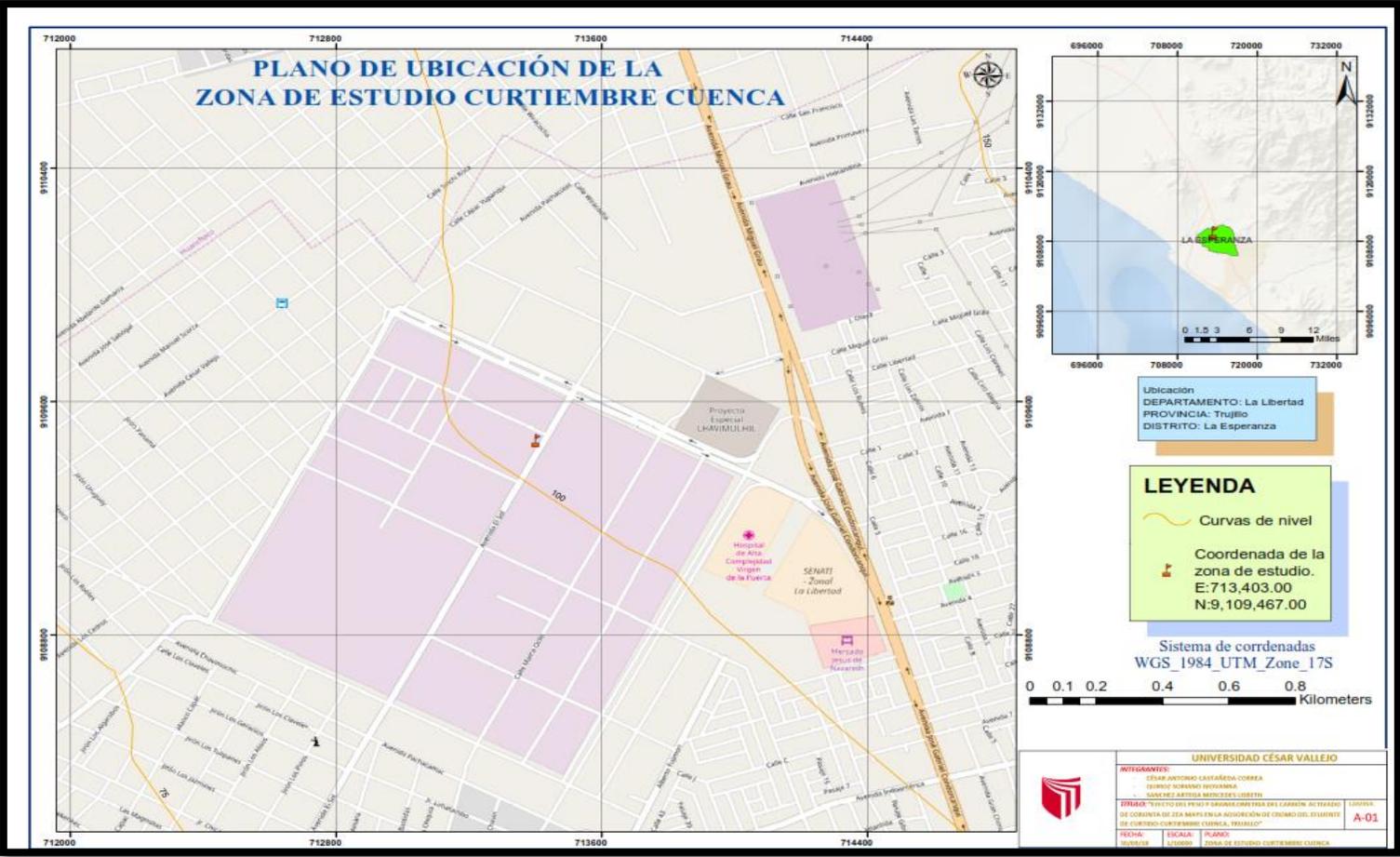
REY DE CASTRO, Ana. Recuperación de cromo (III) de efluentes de curtido para control ambiental y optimización del proceso productivo. Trabajo de titulación (Título de Licenciado en Química). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. 2013.103p.

RODRIGUEZ, Jaime. Comportamiento agronómico de cinco híbridos de maíz (*Zea mays* l.) en estado de choclo cultivados a dos distancias de siembra. Trabajo de titulación (Ingeniero Agrónomo). Guayaquil: Universidad de Guayaquil, 2013.91p.

TORRES, Nicol; GAIBOR, Karla. Estudio de la aplicación del olote o tusa de maíz para la reducción del color en aguas residuales de la hilandería Guijarro Cantón Guano. Trabajo de titulación (Título de Ingeniero Ambiental). Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo. 2015. 412p.

ANEXOS

ANEXO 1. Ubicación de ubicación



ANEXO 2. PROCESO DE CURTIDO DE PIELES



Figura 7: Etapa Rivera: Proceso de curtido

ANEXO 3. ELABORACIÓN DE CARBÓN ACTIVADO ZEA MAYS



Figura 8: Materia prima



Figura 9: Proceso de carbonizado



Figura 10: Proceso de activación



Figura 11: Carbón activado de coronta de Zea mays

ANEXO 4. PREPARACIÓN DE TRATAMIENTOS PARA EL EFLUENTE DE CURTIDO



Figura 12: Trituración del carbón activado



Figura 13: Tamizado de carbón activado

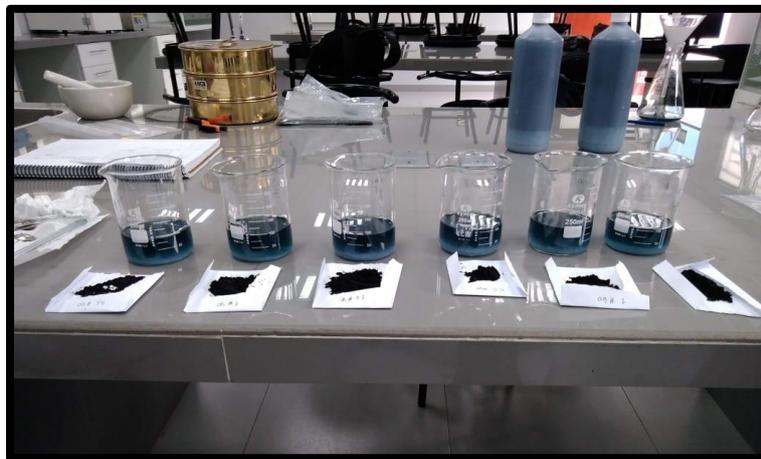


Figura 14: Preparación de los tratamientos

ANEXO 5. PREPARACIÓN DE TRATAMIENTOS PARA LA SOLUCIÓN ESTÁNDAR DE DICROMATO DE POTASIO



Figura 15: Preparación de los tratamientos de la solución estándar de dicromato de potasio

ANEXO 6. METODO APHA 3500 Cr A,B:2017



Figura 16: Diluciones de la muestra



Figura 17: Digestión de la muestra



Figura 18: Lectura en el espectrofotómetro

ANEXO 7. Resultados de adsorción de cromo

Tabla 14: Concentración de Cromo (ppm) en el agua de curtido después del tratamiento con carbón activado de Zea mays

GRANULOMETRÍA	PESO	CROMO INICIAL (ppm)	Concentración final de cromo (ppm)			
			R ₁	R ₂	R ₃	Promedio
#40 (0,42 mm)	0.5 g	1631.25	562,5	562,5	430,63	518,54
	1g		543,75	550,63	388,13	494,17
	1.5 g		406,25	493,75	351,88	417,29
#60 (0,25 mm)	0.5 g		468,75	538,13	395,63	467,50
	1g		393,75	437,5	394,38	408,54
	1.5 g		375	387,5	338,75	367,08

ANEXO 8. Resultados de adsorción de cromo

Tabla 15: Adsorción de Cromo (%) en el agua de curtido después del tratamiento con carbón activado de Zea mays

GRANULOMETRÍA	PESO	CROMO INICIAL (ppm)	Adsorción de Cromo (%)			
			R ₁	R ₂	R ₃	Promedio
#40 (0,42 mm)	0.5 g	1631.25	65,52	65,52	73,60	68,21
	1 g		66,67	66,24	76,21	69,71
	1.5g		75,10	69,73	79,23	74,42
#60 (0,25 mm)	0.5 g		71,26	67,01	75,75	71,34
	1 g		75,86	73,18	75,82	74,96
	1.5g		77,01	76,25	78,43	77,50

ANEXO 9. Resultados de adsorción de cromo en la solución estándar de dicromato de potasio

Tabla 16: Concentración de Cromo (ppm) en la solución de dicromato de potasio después del tratamiento con carbón activado de Zea mays

GRANULOMETRÍA	PESO	CROMO INICIAL (ppm)	Concentración final de cromo (ppm)			
			R ₁	R ₂	R ₃	Promedio
#40 (0,42 mm)	0.5 g	1631.25	1225,00	1243,13	1231,25	1233,13
	1 g		1150,00	1149,38	1175,00	1158,13
	1.5 g		1093,75	1075,63	1020,00	1063,13
#60 (0,25 mm)	0.5 g		1143,75	1131,25	1114,40	1129,80
	1 g		1081,25	1071,88	1089,40	1080,84
	1.5 g		1006.25	1000,00	1002,50	1002,92

ANEXO 10. Resultados de porcentaje de adsorción de cromo en la solución estándar de dicromato de potasio

Tabla 17: Adsorción de Cromo (%) en la solución de dicromato de potasio después del tratamiento con carbón activado de Zea mays

GRANULOMETRÍA	PESO	CROMO INICIAL (ppm)	Adsorción de Cromo (%)			
			R ₁	R ₂	R ₃	Promedio
#40 (0,42 mm)	0.5 g	1631.25	24,90	23,79	24,52	24,41
	1 g		29,50	29,54	27,97	29,00
	1.5g		32,95	34,06	37,47	34,83
#60 (0,25 mm)	0.5 g		29,89	30,65	31,68	30,74
	1 g		33,72	34,29	33,22	33,74
	1.5g		38,31	38,70	38,54	38,52

ANEXO 11. Condiciones de ANOVA

Gráfico 1: Probabilidad Normal

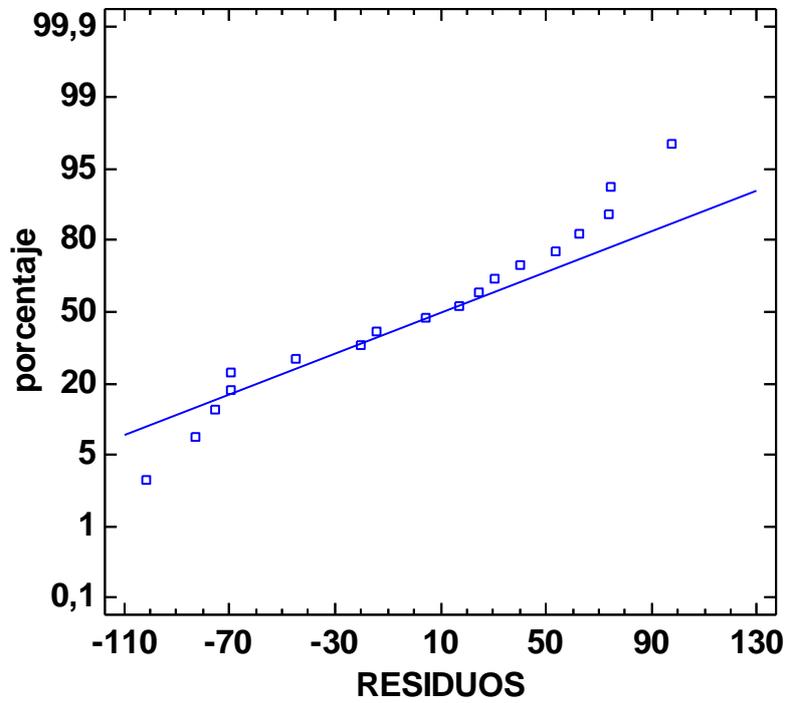


Gráfico 2: Homocedasticidad

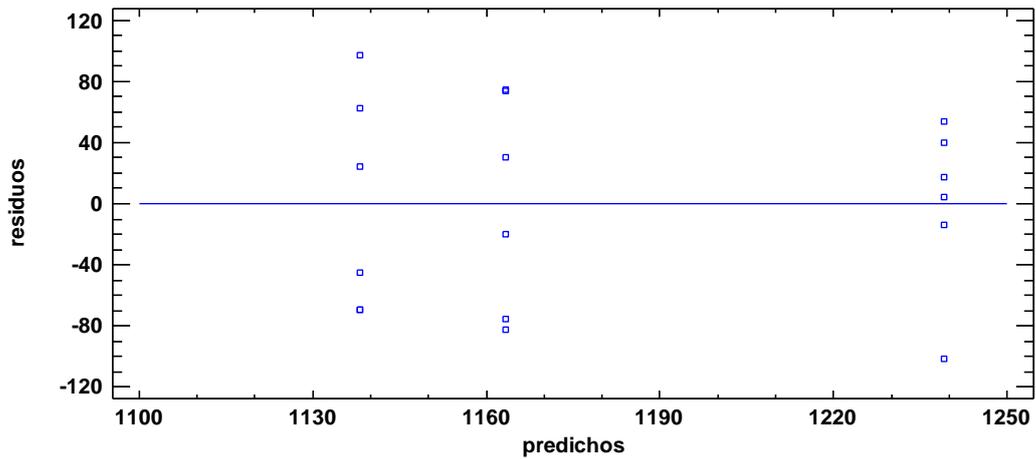
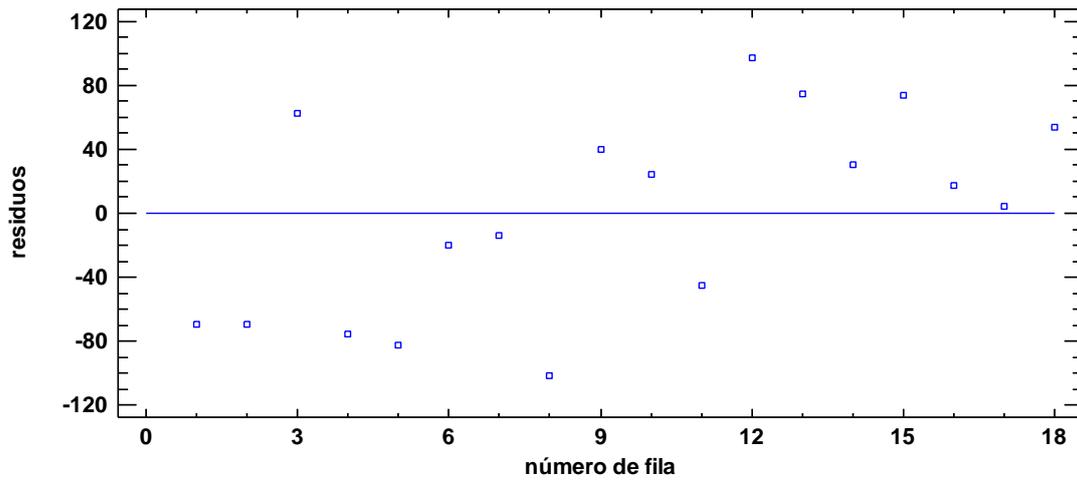


Gráfico 3: Independencia de residuos



ANEXO 12

Tabla 18: Valores Máximos Admisibles

PARAMETRO	UNIDAD	EXPRESIÓN	VMA PARA DESCARGAS
			AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
ALUMINIO	mg/L	Al	10
ARSÉNICO	mg/L	As	0,5
BORO	mg/L	B	4
CADMIO	mg/L	Cd	0,2
CIANURO	mg/L	CN	1
COBRE	mg/L	Cu	3
CROMO HEXAVALENTE	mg/L	Cr ⁶	0,5
CROMO TOTAL	mg/L	Cr	10
MANGANESO	mg/L	Mn	4
MERCURIO	mg/L	Hg	0,02
NIQUEL	mg/L	Ni	4
PLOMO	mg/L	Pb	0,5
SULFATOS	mg/L	So ₄ ⁻²	500
SULFUROS	mg/L	S ⁻²	5
ZINC	mg/L	Zn	10
NITRÓGENO AMONIACAL	mg/L	NH ⁺⁴	80
pH		pH	6-9
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L/h	S.S	8,5
TEMPERATURA	°C	T	<35



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

LABORATORIO QUÍMICO DEL CITECCAL TRUJILLO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA PRODUCCIÓN

INFORME DE ENSAYO

Versión 1

Código: RELAB-01

Vigencia: 2018

SOLICITANTE	Giovanna Quiroz Soriano
EMPRESA	CURTIEMBRE CUENCA SAC
RUC	20482056823
DIRECCIÓN	Mza. C2 Lote. 14 Parque Industrial
FECHA DE RECEPCIÓN	17/09/2018
FECHA DE EMISIÓN	18/09/2018
TIPO DE MUESTRA	Agua residual de Curtiembre
N° DE MUESTRAS	7

Muestra	Parámetro	Método	Resultado
Inicial	Cr total*	APHA 3500 Cr A, B :2017	1631.25 mg/L
Malla 40 - 0.5g	Cr total*	APHA 3500 Cr A, B :2017	562.5 mg/L
Malla 40 - 1.0g	Cr total*	APHA 3500 Cr A, B :2017	543.75 mg/L
Malla 40 - 1.5g	Cr total*	APHA 3500 Cr A, B :2017	406.25 mg/L
Malla 60 - 0.5g	Cr total*	APHA 3500 Cr A, B :2017	468.75 mg/L
Malla 60 - 1.5g	Cr total*	APHA 3500 Cr A, B :2017	375 mg/L
Malla 60 - 1.0g	Cr total*	APHA 3500 Cr A, B :2017	393.75 mg/L

*Parámetro no acreditado por INACAL


Pierre Rodriguez Gárate
Analista de Laboratorio
CITEccal Trujillo-ITP



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

LABORATORIO QUÍMICO DEL CITECCAL TRUJILLO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA PRODUCCIÓN		
INFORME DE ENSAYO		
Versión 1	Código: RELAB-01	Vigencia: 2018

SOLICITANTE	Giovanna Quiroz Soriano
EMPRESA	CURTIEMBRE CUENCA SAC
RUC	20482056823
DIRECCIÓN	Mza. C2 Lote. 14 Parque Industrial
FECHA DE RECEPCIÓN	26/10/2018
FECHA DE EMISIÓN	30/10/2018
TIPO DE MUESTRA	Agua residual de Curtiembre
N° DE MUESTRAS	6

Muestra	Parámetro	Método	Resultado
MPTG	Cr total*	APHA 3500 Cr A, B :2017	338.75 mg/L
MGUP	Cr total*	APHA 3500 Cr A, B :2017	395.63 mg/L
MPDM	Cr total*	APHA 3500 Cr A, B :2017	288.13 mg/L
MGTG	Cr total*	APHA 3500 Cr A, B :2017	394.38 mg/L
MGDM	Cr total*	APHA 3500 Cr A, B :2017	251.88 mg/L
MPUP	Cr total*	APHA 3500 Cr A, B :2017	430.63 mg/L

*Parámetro no acreditado por INACAL


Pierre Rodríguez Gárate
Analista de Laboratorio
CITEccal Trujillo-ITP