

**UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES Y AMBIENTALES**



**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Previo a la obtención del Título de Ingeniero en Recursos Naturales y Ambientales**

**TEMA**

**“EFICIENCIA DE REMOCIÓN DEL COLORANTE AMARILLO CINCO, MEDIANTE CARGA (BATCH) USANDO CARBÓN ACTIVADO DE COCO (*Cocos nucifera*) Y BAGAZO DE CAFÉ (*Coffea arabica*) EN UNA MUESTRA SINTÉTICA, MANTA 2018”**

**AUTOR**

**Agustín Andrés Calderón Menoscal**

**TUTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Ing. Edison Greco Lavayen Delgado. Mg.**

**Manta – Manabí – Ecuador**

**2018**

## PÁGINA DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Los Honorables Miembros del tribunal Examinador luego del debido análisis y su cumplimiento de la Ley aprueban el informe de investigación sobre el tema: “Eficiencia de remoción del colorante amarillo cinco, mediante carga (BATCH) usando carbón activado de coco (*Cocos nucifera*) y bagazo de café (*Coffea arábica*) en una muestra sintética, MANTA 2018”

**Presidente del Tribunal** \_\_\_\_\_

**Miembro del Tribunal** \_\_\_\_\_

**Miembro del Tribunal** \_\_\_\_\_

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Director de Tesis certifico:

Haber dirigido y revisado el documento de investigación sobre el tema: **“Eficiencia de remoción del colorante amarillo cinco, mediante carga (BATCH) usando carbón activado de coco (*Cocos nucifera*) y bagazo de café (*Coffea arábica*) en una muestra sintética, MANTA 2018”**. Desarrollado por el estudiante Agustín Andrés Calderón Menoscal, por tanto, doy fe que fue desarrollado bajo las normas técnicas para la elaboración de una investigación, de cuyo análisis se desprende una amplia concepción teórica, con carácter de originalidad propia de un trabajo académico universitario.

El documento contiene los elementos necesarios aplicables al caso investigativo y demuestra un apropiado conocimiento del tema, el cual se lo expone con solvencia, cumpliendo con elementos técnicos y metodológicos exigidos por la Universidad.

Me permito dar a conocer la culminación de este trabajo investigativo, con mi aprobación.

Considero que el mencionado trabajo investigativo cumple con los requisitos y tiene los méritos suficientes para ser sometidos a la evaluación del jurado examinador.

---

Ing. Edison Lavayen. Mg.  
**DIRECTOR DE TESIS**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE**

Yo, Agustín Andrés Calderón Menoscal, declaro que el presente tema de investigación es absolutamente original, auténtico y personal y que el contenido expuesto en la Tesis de Grado es de mi exclusiva responsabilidad.

---

Agustín Andrés Calderón Menoscal

131278201-2

## **AGRADECIMIENTO**

El presente trabajo de tesis es el resultado de mucho esfuerzo, amor y dedicación por lo que me gustaría agradecer infinitamente a cada una de las personas que estuvieron conmigo en las buenas y en las malas. Me gustaría agradecer a Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado.

Gracias a mis padres y a mis hermanos y sobre todo un agradecimiento muy especial a mi tutor de trabajo de titulación, el Ing. Edison Lavayen, por toda la ayuda brindada, por todo el asesoramiento tanto técnico y humano que me supo manifestar en diferentes momentos.

A la “Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí” y a cada uno de los excelentes docentes que tuve durante estos años de estudios impartiendo sus conocimientos y experiencias para así darme la oportunidad de aprender, conocer y hoy poder decir que soy un profesional, el cual aplicaré todos los conocimientos aprendidos en sus aulas y así poder aportar con mi talento y conocimiento al desarrollo de la provincia y del país.

*Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerle su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte y por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.*

Para ellos: Muchas gracias

**Agustín Andrés Calderón Menoscal**

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo a mi familia, a mi madre por ser la luchadora que es y por nunca darse por vencida, por haberme transmitido toda su fortaleza y confianza que me ha servido para perseguir mis sueños y transformarlos en logros.

A mi padre y a mis hermanos, por todo el apoyo que me brindaron durante la ejecución de mi carrera, por todo su esfuerzo, aliento y ayuda incondicional que me han brindado durante toda mi vida.

A Karlita por siempre brindarme su alegría y su inmenso amor, por apoyarme en todo momento y siempre estar a mi lado.

Esta es mi forma más sincera de demostrarles que siempre he valorado todo lo que han hecho por mí, y que siempre les estaré agradecido.

**Agustín Andrés Calderón Menoscal**

# ÍNDICE

RESUMEN .....	10
SUMMARY .....	11
I. INTRODUCCIÓN .....	12
1.2 MARCO TEÓRICO .....	15
1.1.1 ¿Qué es la adsorción? .....	15
1.1.2 Tipos de adsorción.....	15
1.1.3 Tipos de Adsorbentes .....	16
1.1.4 Carbón Activado. ....	20
1.1.5 Materia Prima del Carbón Activado .....	20
1.1.6 Características Físico-Químicas del Carbón Activado .....	21
1.1.7 El Desarrollo y Crecimiento de la Industria Del Alimento .....	22
1.1.8 Los Colorantes y tipos de Colorantes Alimenticios .....	23
1.1.9 Regulación en el uso de Colorantes Alimenticios .....	26
1.1.10 Colorante Amarillo 5 “Tartrazina E – 102” .....	27
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	28
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	30
II. HIPÓTESIS PLANTEADA.....	32
III. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN .....	33
3.1 OBJETIVO GENERAL: .....	33
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS: .....	33
<b>IV. METODOLOGÍA .....</b>	<b>34</b>
4.1 UBICACIÓN .....	34
4.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS CONDICIONES DE LABORATORIO .....	34
4.3 VARIABLES O EFECTOS A ESTUDIAR .....	35
4.4 TRATAMIENTOS .....	35
4.5 PROCEDIMIENTOS .....	36
4.5.1 Tipo de diseño experimental.....	36
4.5.2 Número de Repeticiones o Réplicas/Boques.....	36

4.5.3 Características de las Unidades Experimentales.....	36
4.5.4 Análisis Estadístico. Esquema del ADEVA (Unifactorial).....	36
4.5.4 Análisis Funcional: Prueba de Significancia, Tukey 5%.....	37
4.5.6 Coeficiente de Variación .....	37
4.6 PREPARACIÓN DEL CARBÓN.....	37
4.6.1 Activación del carbón.....	37
4.6.2 El pH del Carbón Activado.....	37
4.5 GRANULOMETRÍA DEL CARBÓN.....	38
4.6 REMOCIÓN MEDIANTE METODOLOGÍA DE CARGA O BATCH.....	38
4.7 MEDICIÓN DE ADSORBANCIA MEDIANTE ESPECTROFOTOMETRÍA...	39
V. RESULTADOS.....	40
5.1 CURVA DE CALIBRACIÓN .....	40
5.2 TABLA DE ANÁLISIS DE ESPECTROFOTOMETRÍA.....	41
5.3 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS .....	42
5.3.1 Análisis de varianza por tratamientos .....	44
VI. DISCUSIÓN .....	47
VII. CONCLUSIONES .....	48
VIII. RECOMENDACIONES .....	49
IX. BIBLIOGRAFÍA .....	50
X. ANEXOS .....	54

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Colorantes naturales usados con mayor frecuencia autorizados por la Unión Europea.....	25
Tabla 2. Colorantes sintéticos y sus afectaciones a la salud .....	26
Tabla 3. Coeficiente de Correlación. ....	40
Tabla 4. Resultados de análisis de espectrofotometría.....	41
Tabla 5: Diseño Completamente al Azar .....	42
Tabla 6: Tabla de análisis de varianza .....	43

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva de Calibración de Colorante .....	40
Figura 2. Valores de ABS de cada muestra. ....	41

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Ubicación del Área de Estudio .....	34
---	----

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Resultados del laboratorio acreditado de la muestra madre. ....	54
Anexo 2. Resultados del laboratorio acreditado de las muestras tratadas. ....	55
Anexo 3. Materia Prima.....	59
Anexo 4. Carbonización y Trituración del Carbón. ....	60
Anexo 5. Activación del Carbón .....	62
Anexo 6. Lavado y Filtrado del Carbón Activado.....	63
Anexo 7. Medición del pH del agua usada para lavar el carbón.....	64
Anexo 8. Tamizado del carbón.....	64
Anexo 9. Pesado de los carbones para su uso en el respectivo tratamiento. ....	66
Anexo 10. Preparación de la muestra sintética. ....	68
Anexo 11. Puesta en marcha del tratamiento por carga de las muestras y filtrado de las mismas. ....	69
Anexo 12. Análisis de ABS con el Espectrofotómetro UV-Visible. ....	71
Anexo 13. Muestras utilizadas para los análisis de ABS en el Espectrofotómetro.72	
Anexo 14. Muestras enviadas para análisis en laboratorio acreditado.....	73

## RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se logró comparar la eficiencia de remoción del colorante artificial utilizado en la industria del alimentos Tartrazina o Amarillo 5 en una muestra sintética de agua usando como adsorbente carbón activado, con los residuos del endocarpo del coco (*Cocos nucifera*) y la pulpa de café (*Coffea arabica*). Para la obtención de este carbón se llevó a cabo un proceso de carbonización en una mufla a una temperatura de 350°C, para luego someter al material a una activación química, haciendo uso de ácido fosfórico (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>), para de esta manera crear la zona de contacto característica del carbón, donde los componentes inorgánicos quedarían impregnados por absorción.

Luego de colocar el carbón activado en un proceso de lavado con agua destilada en agitación constante hasta obtener un pH entre 6.5 a 7 (pH neutro), éste pasó por un proceso de filtrado para extraer el exceso de agua, y luego ser colocado en el desecador por 24 horas para obtener el producto final.

El carbón listo fue tamizado a diferentes granulometrías (tamiz 16 y 18), tanto el carbón de café como el de coco, para así comparar la eficiencia entre ellos. Se usaron 2 gramos de carbón en 100 ml de la muestra sintética, las cuales fueron puestas en agitación a 250 rpm durante 24 horas. Luego de esto, las muestras fueron filtradas y el contenido fue congelado hasta su posterior análisis. Este proceso se realizó por triplicado, dando en total 12 muestras a analizar.

Una vez finalizada la fase de agitación y filtrado, las muestras sintéticas fueron empleadas para comprobar el nivel de absorbancia que el carbón tuvo en ellas, haciendo uso de un Espectrofotómetro UV-Visible, con una longitud de onda de 600 Nm, cada una de las mediciones de las realizó por triplicado.

Los resultados obtenidos fueron los esperados, consiguiendo un gran margen de remoción, principalmente del carbón de coco.

## SUMMARY

In the present work of investigation it was possible to compare the efficiency of removal of the artificial dye used in the food industry Tartrazine or Yellow 5 in a synthetic sample of water using as adsorbent activated carbon, with the residues of the coconut endocarp (*Cocos nucifera*) and the coffee pulp (*Coffea arabica*). To obtain this carbon, a carbonization process was carried out in a muffle at a temperature of 350 ° C, to then subject the material to a chemical activation, making use of phosphoric acid (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>), in order to create the contact zone characteristic of coal, where the inorganic components would be impregnated by absorption.

After placing the activated carbon in a washing process with distilled water in constant agitation until obtaining a pH between 6.5 to 7 (neutral pH), this went through a filtering process to extract the excess water, and then be placed in the Desiccator for 24 hours to obtain the final product.

The ready carbon was sieved to different granulometries (sieve 16 and 18), both coffee and coconut coal, in order to compare the efficiency between them. 2 grams of carbon were used in 100 ml of the synthetic sample, which were stirred at 250 rpm for 24 hours. After this, the samples were filtered and the content was frozen until further analysis. This process was carried out in triplicate, giving a total of 12 samples to be analyzed.

Once the phase of agitation and filtering was finished, the synthetic samples were used to check the absorbance level that the carbon had in them, making use of a UV-Visible Spectrophotometer, with a wavelength of 600 Nm, each of the measurements were made in triplicate.

The obtained results were the expected ones, obtaining a great margin of removal, mainly of the coconut coal.

## I. INTRODUCCIÓN

El empleo de aditivos en la industria de los alimentos implica el conocimiento claro de los efectos que éstos poseen sobre el producto terminado y la finalidad con la cual son incorporados a la formulación. Del vasto grupo de aditivos que existen, los colorantes comprenden una familia bastante amplia que atrae la atención de los profesionales de la ciencia de los alimentos por las numerosas afirmaciones, unas con fundamento y otras simples especulaciones, sobre sus efectos adversos en la salud de los consumidores (Roja, et al. 2008).

La Tartrazina es uno de los colorantes artificiales más utilizados en la industria de alimentos y pertenece a la familia de los colorantes azoicos; dicho colorante le proporciona a los alimentos y bebidas una tonalidad de color amarilla, muy cercano al naranja, lo cual depende de la cantidad que sea añadida. Por otra parte se logra obtener tonalidades verdes al mezclarlo con colorantes azules.

De acuerdo a Rojas y colaboradores (2008), la Tartrazina ha sido ampliamente utilizada desde 1916 en productos de repostería, derivados cárnicos, sopas preparadas, conservas vegetales, salsas, helados, postres, caramelos y otras golosinas; por otra parte es empleada para colorear bebidas refrescantes de naranja y limón. La Tartrazina es un colorante ampliamente usado en alrededor de más de sesenta países, incluyendo a los Estados Unidos y la Unión Europea.

Debido a la importancia del aspecto de los alimentos, que los colorantes alimentarios tienen un papel tan relevante entre los alimentos. De la misma manera, Ulloa (2017) destaca que muchas veces los colorantes, se emplean para resaltar el color natural de los alimentos pero también para devolver el color perdido durante la manipulación de los mismos. Es muy importante resaltar que el empleo de estos aditivos podría dar lugar a situaciones que perjudiquen al consumidor

En el Ecuador existe un control en cuanto a uso de este tipo de aditivos en los alimentos y bebidas, tarea encargada al Instituto Ecuatoriano de Normalización, el cual indica la cantidad máxima permitida que puede ser empleada. Estas medidas surgen a partir de estudios y evaluaciones realizadas a cada sustancia.

Por otra parte la normativa ecuatoriana exige la rotulación de los alimentos para conocer sus niveles nutritivos y de igual manera los ingredientes que esta la componen, para que de esa forma el consumidor pueda elegir sus alimentos acorde a sus preferencias personal o en el caso de que presente alguna condición médica que le causará algún tipo de daño en particular. Ulloa (2017) aclara que en ocasiones, los problemas de utilizar los aditivos alimentarios, en particular de los colorantes, causan preocupación en el consumidor que con cierto nivel de desconfianza lo consumen o dejan de hacerlo.

De acuerdo a las postulaciones de Hari Vani (2015), los colorantes tienen dos orígenes principales, el primero extraídos del petróleo, el cual es muy perjudicial para la salud, y el segundo proveniente de insectos, el cual es más amigable para las personas. De acuerdo a estudios se ha podido concluir que aquellas personas que consumen con frecuencia dulces o golosinas que tienen este tipo de aditivos, a lo largo de su vida pueden llegar a consumir hasta medio kilo de colorante. Si bien es cierto los colorantes ayudan en la vistosidad de un producto se los asocia con diversos inconvenientes de salud en los niños, como hiperactividad, asma y afectaciones en la piel, por lo antes mencionado se ha prohibido la utilización de estos aditivos en algunos países del mundo. En Europa se exige a implementación de mensajes de advertencia en el etiquetado de los productos.

Food News Latam, noticias de la industria de alimentos de América Latina (2014), menciona que el uso de colorantes en la industria alimenticia, puede perjudicar a la salud de las personas en especial a la de los niños. De la gran gama de colorantes existentes, los más comunes en ocasionar inconvenientes de salud están los colorantes amarillos 5 y 6, relacionados a problemas de hiperactividad, alergias, tumores carcinógenos en los niños, mortalidad en animales y problemas hereditarios en los humanos.

La legislación relacionada al adecuado manejo de colorantes sigue siendo muy distinta de acuerdo al país, ya que en algunos de ellos, la utilización de este tipo de aditivos es totalmente prohibida, mientras que en otros, como el Reino Unido, son

empleados algunos colorantes que no se encuentran autorizados en casi ningún país de la Unión Europea.

También existen diferencias notables entre los colorantes autorizados en Estados Unidos y en la Unión Europea, esto genera a su vez una mayor dificultad para el comercio internacional de alimentos elaborados.

Esto hace que algunos colorantes, genéricamente autorizados, casi no se utilicen en la elaboración de alimentos y bebidas. La constante preocupación por la salud y seguridad de las personas ha provocado que muchos colorantes artificiales hayan sido estudiados en forma exhaustiva para determinar el efecto sobre la salud, lo que ha provocado la reducción generalmente, de su campo de aplicación (Calvo, s.f.).

## 1.2 MARCO TEÓRICO

### 1.1.1 ¿Qué es la adsorción?

La adsorción es una de las operaciones más utilizadas en la etapa de concentración de caldos acuosos diluidos. Mediante la adsorción, las moléculas de un soluto se concentran en una superficie sólida por la acción de fuerzas intermoleculares entre el soluto y el sólido. Debido a estas fuerzas el fenómeno es fácilmente reversible. La adsorción es esencialmente un fenómeno de superficie (Viades, 2013).

Viades (2013), define a la adsorción como la tendencia de un componente del sistema a concentrarse en la interface, donde la composición interfacial es diferente a las composiciones correspondientes al seno de las fases. Existe una clara diferencia entre el fenómeno de adsorción y el de absorción, ya que en el segundo existe una penetración física de una fase en la otra; pero lo más idóneo es que ambos sucedan simultáneamente, y en este caso puede ser muy difícil separar los efectos de ambos fenómenos, inclusive un fenómeno puede afectar al otro.

El fenómeno de adsorción es de particular relevancia en la ciencia de los coloides y superficies. El proceso de adsorción de átomos y moléculas en las interfases, es una de las principales formas en que las interfases de alta energía pueden modificarse para disminuir la energía total del sistema

### 1.1.2 Tipos de adsorción

- Adsorción Física

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 (Viades, 2013).

- Adsorción Química

Viades (2013), indica que es el resultado de la interacción química entre el sólido y la sustancia adsorbida. Se lleva a cabo cuando la sustancia se une a la superficie mediante fuerzas covalentes.

### 1.1.3 Tipos de Adsorbentes

- Las Arcillas

Este es un material natural que se encuentra formado por varios tipos de minerales en forma de granos, gracias a sus características esta puede ser muy moldeable cuando se la mezcla con agua y luego pasa a endurecerse formando una estructura sólida (Coronas & Sebastián, 2013).

Las arcillas han sido consideradas como materia prima cerámica, escasamente realizando su importancia geológica y económica en una variedad de industrias que ha resultado en una amplia y compleja tecnología, dispersa y con frecuencia ambigua. Arcilla es una asociación de silicatos complejos hidratados de aluminio de fino tamaño de partícula que, húmeda es plástica y seca, dura y quebradiza (Coronas & Sebastián, 2013).

La alta capacidad de adsorción hace que la arcilla elimine eficazmente todo derrame de forma inmediata, dejando el suelo limpio y sin residuos, incluso en aquellos casos que el derrame haya penetrado un poco en el cemento.

La arcilla es un adsorbente mineral a base de Bentonita. Esta arcilla, conformada en un 90% por Bentonita y otros minerales, posee una extraordinaria capacidad para absorber y encapsular todo tipo de líquidos. Es un mineral sumamente poroso y liviano que, mediante un proceso de absorción, absorbe líquidos de casi cualquier viscosidad, aceites, venenos, combustibles, ácidos, líquidos alcalinos y agua y los encapsula en sus microporos para no volver a liberarlos en el tiempo (Coronas & Sebastián, 2013).

- La Zeolita

El término zeolita viene del griego zéo y líthos que quiere decir piedra que hierve o piedra efervescente. En 1756, con el descubrimiento de la stilbita por el mineralogista sueco Barón Alex Frederick Consted, las zeolitas fueron reconocidas por la primera vez. Las zeolitas son aluminosilicatos de metales alcalinos o alcalino-terrosos predominantemente de sodio y calcio (Coronas & Sebastián, 2013).

Las zeolitas naturales presentan como características relevantes, una estructura microporosa que le confiere propiedades adsorbentes y una gran capacidad de intercambio catiónico debido a un desequilibrio de cargas que es función de la relación Si y Al (Coronas & Sebastián, 2013).

La zeolita es un mineral volcánico que se puede extraer de muchas partes del mundo cuando entran en erupción los volcanes. La zeolita activa el sistema inmunológico, al limpiar la sangre y expulsar los metales pesados del cuerpo, como son el mercurio, el plomo o el aluminio entre otros además de las toxinas que pueda haber en nuestro organismo. La zeolita ayuda a regular el pH ya que evita la dispersión de los iones ácidos (Coronas & Sebastián, 2013).

Lo que caracteriza a la zeolita es que contiene una carga eléctrica negativa capaz de atrapar los metales pesados que normalmente presentan una carga positiva, de manera que posteriormente son expulsados por medio de la orina.

Las zeolitas son minerales volcánicos que son naturales y que se extraen en ciertas partes del mundo cuando los volcanes entran en erupción. Muchos de estos volcanes se encuentran en islas o están cerca del mar, esta lava termina desembocando en el mar, lo cual produce una reacción entre las cenizas del volcán y la sal del mar, de forma que se produce una combinación mágica (Coronas & Sebastián, 2013).

- Arena

La arena o árido fino es el material que resulta de la desintegración natural de las rocas o se obtiene de la trituración de las mismas, y cuyo tamaño es inferior a los 5mm (Coronas & Sebastián, 2013).

Para su uso se clasifican las arenas por su tamaño. A tal fin se les hace pasar por unos tamices que van reteniendo los granos más gruesos y dejan pasar los más finos.

El componente más común de la arena, en tierra continental y en las costas no tropicales, es la sílice, generalmente en forma de cuarzo. Sin embargo, la

composición varía de acuerdo a los recursos y condiciones locales de la roca. Gran parte de la fina arena hallada en los arrecifes de coral, por ejemplo, es caliza molida que ha pasado por la digestión del pez loro (Coronas & Sebastián, 2013).

En algunos lugares hay arena que contiene hierro, feldespato o, incluso, yeso. Según el tipo de roca de la que procede, la arena puede variar mucho en apariencia. Por ejemplo, la arena volcánica es de color negro mientras que la arena de las playas con arrecifes de coral suele ser blanca.

La arena es transportada por el viento, también llamada arena eólica, (pudiendo provocar el fenómeno conocido como calima) y el agua, y depositada en forma de playas, dunas, médanos, etc. Gran parte de la fina arena hallada en los arrecifes de coral, por ejemplo, es caliza molida que ha pasado por la digestión del pez loro. En algunos lugares hay arena que contiene hierro, feldespato o, incluso, yeso (Coronas & Sebastián, 2013).

- Alúmina Activada

Para décadas, el gel de sílice ha sido el agente principal de adsorbente para separación y purificación de compuestos usando la técnica de cromatografía en columna, sin embargo, la sílice está lejos de ser ideal. El adsorbente ha estado siempre sujeta a muchas limitaciones, lo que inhibe su uso en condiciones desfavorables. Una prueba de laboratorio independiente ha descubierto recientemente alúmina activada para ser el adsorbente superior para la purificación y separación de un espectro de novela y aplicaciones y procesos bien caracterizados (Coronas & Sebastián, 2013).

Ventajas de alúmina activada comienzan con la capacidad del material para ser utilizado con una mezcla de compuestos neutros, ácidos y básicos, además, demuestra características de desempeño superando gel de sílice en categorías críticas tales como la coherencia y la pureza.

Alúmina activada supera a la sílice en versatilidad y consistencia, ya que posee excelentes propiedades anfóteras, muy por encima los valores de pH pcc y se

mantiene estable a lo largo de diferentes fases del pH. Alúmina activada no se degrada a cualquier presión o temperatura elevadas para exigir ajustes HPLC, posee sitios ácidos Lewis para la unión superior a materiales ácidos y, además, tiene una fuerte afinidad por halogenuros (Coronas & Sebastián, 2013).

Al ofrecer estas propiedades químicas superiores, alúmina activada supera a sílice en rendimiento y en última instancia, se establece el nuevo estándar de cómo cromatógrafos van a separar y purificación sus compuestos.

La Alúmina Activada es manufacturada a partir de Hidróxido de Aluminio mediante dehidroxilación para producir alto nivel de porosidad; este material puede tener un área superficial por arriba de 200 m<sup>2</sup>/g. El compuesto es ampliamente usado como desecante (mediante el efecto de mantener deshidratación en el aire) y como filtro retenedor de Fluoruro (F), Arsénico (As) y Selenio (Se) en agua potable (Coronas & Sebastián, 2013).

La Alúmina Activada está compuesta principalmente por Oxido (III) de Aluminio (II) (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), el mismo compuesto de Zafiro y Rubíes, (solo que sin las impurezas que dan a esas piedras su distintivo color).

- Carbón Activado

Los carbones activados son materiales complejos y heterogéneos con características adsorptivas únicas influenciadas, principalmente, por la estructura del poro, el área superficial y la estructura química de la superficie.

Generalmente el carbón activado procede de materiales carbonosos que tienen como característica principal el poseer una alta superficie interna, una gran variedad de grupos funcionales y una buena distribución de poros, lo cual permite atrapar una gran variedad de moléculas. Coronas & Sebastián (2013), preparación de este tipo de material se lleva a cabo a través de procesos físicos o químicos, mediante la interacción con gases o la adición de químicos, respectivamente.

Por lo general la implementación de carbones activados es llevada a cabo en el proceso de descontaminación de cuerpo de agua, recuperación de solventes, en el

control de emisiones, reducción o eliminación de olores, entre otros procesos. Entre los contaminantes de aguas más comunes se encuentran los compuestos fenólicos, presentes ampliamente en los efluentes de industrias refinadoras de petróleo, carboníferas, transformadoras de plástico, cuero, pintura, farmacéuticas, y del acero (Coronas & Sebastián, 2013).

El carbón activado o carbón activo es carbón poroso que atrapa compuestos, principalmente orgánicos, presentes en un gas o en un líquido. Lo hace con tal efectividad, que es el purificante más utilizado por el ser humano.

Los compuestos orgánicos se derivan del metabolismo de los seres vivos, y su estructura básica consiste en cadenas de átomos de carbono e hidrógeno. Entre ellos se encuentran todos los derivados del mundo vegetal y animal, incluyendo el petróleo y los compuestos que se obtienen de él (Coronas & Sebastián, 2013).

#### 1.1.4 Carbón Activado.

No existe evidencia histórica que mencione con exactitud cuando el hombre empezó por primera vez la utilización de los carbones activados. De lo que sí se puede evidenciar es la utilización de carbones vegetales, que consistían en simples maderas parcialmente quemadas, antes de lo que actualmente conocemos como carbón activado con todas sus virtudes. (Carriazo, et al., 2010).

De acuerdo a Carriazo y colaboradores (2010), los primeros usos de estos primitivos carbones activos, generalmente preparados a partir de madera carbonizada (carbón vegetal), parecen haber tenido aplicaciones médicas. Así en Tebas (Grecia) se halló un papiro que data del año 1550 a.C. en el que se describe el uso del carbón vegetal como absorbente para determinadas prácticas médicas.

#### 1.1.5 Materia Prima del Carbón Activado

Para la elaboración de carbón activado se parte de materiales tales como las cortezas de almendros, nogales o palmeras, otras maderas y carbón mineral.

El carbón amorfo susceptible de activación puede ser vegetal o mineral:

Carbones minerales:

- Antracitas
- Hulla bituminosa
- Lignito
- Turba

Carbones vegetales:

- Madera (Pino, Acacia)
- Residuos de madera
- Cáscara de coco
- Bagazo
- Huesos de frutas

(Carriazo, et al., 2010).

#### 1.1.6 Características Físico-Químicas del Carbón Activado

- Composición Química

El término carbón activo designa un amplio espectro de materiales que se diferencian fundamentalmente en su estructura interna (distinción de poros y superficie específica) y en su granulometría. Se considera al carbón activado prácticamente puro, desde el punto de vista de la composición química, al igual que lo es el diamante, el grafito, el negro de humo y los diversos carbones minerales o de leña (Carriazo, et al., 2010).

Todos estos compuestos poseen la propiedad de adsorber, que hace referencia al fenómeno fisicoquímico en el que un sólido llamado adsorbente atrapa en sus paredes a cierto tipo de moléculas, llamadas adsorbatos y que pueden estar contenidas en un líquido o gas. La composición química del carbón activo es aproximadamente un 75-80% en carbono, 5-10% en cenizas, 60% en oxígeno y 0,5% en hidrógeno (Carriazo, et al., 2010).

- Estructura Física

El carbón activo posee una estructura microcristalina que recuerda en cierta medida a la del grafito. Esta estructura que presenta el carbón activo da lugar normalmente a una distribución de tamaño de poro bien determinada. Así, se pueden distinguir tres tipos de poros según su radio: macroporos ( $r > 25$  nm), mesoporos ( $25 > r > 1$  nm) y microporos ( $r < 1$  nm), (Carriazo, et al., 2010).

- Reactivos Para La Activación Del Carbón Activado

Existen algunos reactivos con los cuales se puede realizar la activación química de los materiales lignocelulósicos. Entre estos tenemos:

-Cloruro de Zinc ( $ZnCl_2$ )

-Ácido Fosfórico ( $H_3PO_4$ )

-Cloruro de Hierro ( $FeCl_3$ )

(Carriazo, et al., 2010).

#### 1.1.7 El Desarrollo y Crecimiento de la Industria Del Alimento

Para Berkowitz, el término industrias alimentarias abarca un conjunto de actividades industriales dirigidas al tratamiento, la transformación, la preparación, la conservación y el envasado de productos alimenticios. Es cierto que las materias primas utilizadas son de origen vegetal o animal y se producen en explotaciones agrarias, ganaderas y pesqueras.

La industria alimentaria actual ha experimentado un intenso proceso de diversificación y comprende desde pequeñas empresas tradicionales de gestión familiar, caracterizadas por una utilización intensiva de mano de obra, a grandes procesos industriales altamente mecanizados basados en el empleo generalizado de capital. Muchas de las ramas de esta industria dependen totalmente de la agricultura o la pesca locales (Berkowitz, s.f.).

Anteriormente, esta dependencia daba lugar a una producción estacional y a la contratación de trabajadores por temporadas. El mejoramiento de las tecnologías de tratamiento y conservación de los alimentos han atenuado parcialmente la presión afrontada por los trabajadores, dada a la necesidad de procesar con rapidez para evitar el deterioro de los productos. De este modo, se han reducido las fluctuaciones estacionales en el empleo (Berkowitz, s.f.).

Con todo, en ciertos sectores siguen desarrollándose este tipo de actividades de temporada, como en el tratamiento de la fruta fresca y las verduras o en la producción de pasteles y chocolates, que aumenta en períodos vacacionales.

De los estudios realizados por Berkowitz se puede indicar que la producción mundial de alimentos ha ido aumentando. Las exportaciones de este tipo de productos alcanzaron los 290.000 millones de dólares en 1989, lo que representa un crecimiento del 30 % respecto a 1981. Un 67 % de estas exportaciones es generado por países industrializados de economía de mercado. Gran parte del aumento puede atribuirse a un incremento de la demanda de bebidas y alimentos elaborados, sobre todo en los países en desarrollo, donde el mercado aún no se ha saturado.

Es claro que el aumento de la producción alimentaria no ha generado un crecimiento del empleo debido a la intensificación de la competencia, lo cual ha dado lugar a una reducción de la mano de obra utilizada en numerosas ramas del sector, en especial en los países industrializados. Las causas de esta tendencia consisten en una mejora de la productividad y la mecanización en gran parte de dichas ramas.

#### 1.1.8 Los Colorantes y tipos de Colorantes Alimenticios

La primera sensación percibida en un alimento, que incluso influye sobre el sabor y el olor, es el color. Pero los alimentos naturales poseen un color que varía tanto con la estacionalidad de la materia prima como con los tratamientos tecnológicos aplicados en su procesado. Así que para hacerlos atractivos a los consumidores deben colorearse artificialmente. Más aún, el coloreado puede condicionar el éxito o fracaso comercial de un producto (Ibáñez, et al. 2003).

Para ello se pueden utilizar sustancias obtenidas de fuentes naturales o preparadas por métodos físicos o químicos. Pero no todas las sustancias colorantes son adecuadas con fines alimentarios, ya que algunas incluso pueden resultar perjudiciales para la salud. Tal es el caso de derivados de cobre, plomo y arsénico, que se usaron en el siglo XIX para colorear fraudulentamente los alimentos. Inicialmente se sustituyeron los colorantes naturales por los sintéticos, por ser inestables con el tiempo (Ibáñez, et al. 2003).

Actualmente, y en la medida de lo posible, se recurre a colorantes naturales en lugar de sintéticos, ya que existe una presión importante por parte de los consumidores. Salvo que se indique lo contrario, no pueden incorporarse colorantes (ni los legalmente aceptados) a los alimentos que no se someten a tratamiento para modificar su estado inicial. Este es el caso de la carne cruda (entera, troceada o picada).

- Colorantes Naturales

En sentido estricto, solo sería natural el color que un alimento tiene por sí mismo. El que se incorpora se obtiene de materiales biológicos no alimentarios (por ejemplo, plantas o insectos) o bien se forman espontáneamente al calentar un alimento, como es el caso del caramelo (Ibáñez, et al. 2003).

Ibáñez y colaboradores (2003), mencionan que existe la tendencia de considerar a los colorantes naturales como sustancia inocuas, por lo cual las limitaciones específicas del producto son menores a las que afectan a los colorantes de síntesis.

Tabla 1. Colorantes naturales usados con mayor frecuencia autorizados por la Unión Europea

Nombre	Obtención	Aplicación	Efectos y límites
Curcumina	Rizoma de la cúrcuma ( <i>Curcuma longa</i> )	Color amarillo intenso ( <i>curry</i> ). Confituras, mermeladas, etc. Embutidos picados (crudos y cocidos).	Baja absorción en el intestino, Toxicidad reducida. En algunos experimentos realizados con animales se han observado efectos teratógenos.
Cochinilla Carmin Ácido carminico	Hembras del insecto <i>Dactylopus coccus</i> , parásitos de algunas especies de cactus.	Color rojo muy variable, utilizándose en conservas vegetales, mermeladas, helados, productos cárnicos y bebidas alcohólicas y no alcohólicas.	Se han señalado respuestas alérgicas en sujetos que han consumido bebidas con este colorante. IDA: sin asignar.
Clorofilas	Algas	Color verde característico aplicado a chicle, helados y bebidas refrescantes.	Baja absorción intestinal. IDA: sin asignar.
Caramelo	Calentamiento de azúcar (sacarosa y otros)	Productos de bollería, repostería y helados. Bebidas de cola y alcohólicas (ron, coñac, etc.).	El 50% del caramelo son azúcares asimilables. Dosis de hasta 18 g/día tienen un ligero efecto laxante IDA: sin asignar.
Carotenoides	Capsantina: pimiento rojo y del pimentón Licopeno: tomate.	Fabricación de embutidos Bebidas refrescantes	Absorción intestinal muy baja. IDA: 5 mg/Kg peso.
Rojo de remolacha Betaina	Remolacha roja ( <i>Beta vulgaris</i> )	Productos de repostería, helados y derivados lácteos dirigidos al público infantil. Bebidas refrescantes, conservas vegetales y mermeladas, conservas de pescado	Baja absorción intestinal. El colorante absorbido se elimina sin cambios por la orina.

Fuente: (Ibáñez, et al. 2003).

- Colorantes Sintéticos

El apogeo del desarrollo industrial del siglo XIX fue el punto de partida para que el coloreado de los alimentos aumentara exponencialmente, implementando el uso de colorantes sintéticos. Ya en 1860 se coloreaba el vino en Francia con fucsina; más adelante se colorearon los macarrones y la mantequilla con dinitrocresol, etc.

La creciente preocupación por la seguridad de los alimentos, ha generado que en muchas empresas durante los últimos años tengan el interés de revisar la formulación de sus productos para que cuando sea tecnológicamente viable, se sustituya los colorantes artificiales por naturales (Ibáñez, et al. 2003).

Si bien es cierto su resistencia es mayor que los colorantes naturales, los colorantes sintéticos presentan también problemas en su uso; por ejemplo, en muchos casos se decoloran por acción del ácido ascórbico, efecto importante en el caso de las bebidas refrescantes, en que esta sustancia se utiliza como antioxidante (Ibáñez, et al. 2003).

Tabla 2. Colorantes sintéticos y sus afectaciones a la salud

E-102	Cancerígeno	E-220	Cancerígeno. Trastornos de piel. Destruye la vitamina B12.	E-321	Colesterol
E-110	Cancerígeno	E-221	Perturbaciones intestinales	E-330	El más peligroso: cancerígeno, perturbaciones de digestión.
E-120	Cancerígeno	E-222	Perturbaciones intestinales	E-338	Sospechoso cancerígeno
E-123	Cancerígeno	E-223	Perturbaciones intestinales	E-339	Trastornos digestivos
E-124	Cancerígeno	E-225	Cancerígeno	E-341	Sospechoso cancerígeno
E-125	Cancerígeno	E-228	Perturbaciones intestinales	E-400	Trastornos digestivos
E-127	Cancerígeno	E-230	Cancerígeno. Accidentes vasculares (productos de charcutería)	E-407	Cancerígeno
E-131	Cancerígeno	E-232	Trastornos de la piel	E-447	Cálculos renales
E-141	Sospechoso	E-233	Trastornos de la piel	E-450	Cancerígeno
E-147	Cancerígeno	E-250	Cancerígeno	E-460	Sospechoso cancerígeno
E-150	Sospechoso	E-251	Cancerígeno. Accidentes vasculares (embutidos y charcutería).	E-461	Sospechoso cancerígeno. Trastornos digestivos.
E-171	Sospechoso	E-252	Cancerígeno (embutidos y charcutería)	E-462	Sospechoso cancerígeno
E-210	Cancerígeno	E-311	Cancerígeno. Sensibilidad cutánea, perturbación de digestión	E-463	Sosp. cancerígeno. Trast. digestiv.
E-211	Cancerígeno	E-312	Sensibilidad cutánea	E-466	Sosp. cancerígeno. Trast. digestiv.
E-212	Cancerígeno	E-320	Colesterol	E-467	Sosp. cancerígeno. Trast. digestiv.
E-213	Cancerígeno			E-477	Sospechoso cancerígeno
E-214	Cancerígeno				
E-215	Sospechoso				
E-216	Sospechoso				
E-217	Sospechoso				

Fuente: (Ibáñez, et al. 2003).

### 1.1.9 Regulación en el uso de Colorantes Alimenticios

De todo el conjunto de aditivos alimentarios, el grupo de los colorantes es, probablemente, el que mayor polémica origina entre los consumidores. Frecuentemente son considerados aditivos de dudosa utilidad por no mejorar la calidad del producto con respecto a su conservación o calidad higiénica.

Blázquez (2001), afirma con rotundidad que los colorantes sintéticos no juegan ningún papel tecnológico, su efecto es meramente cosmético. En consecuencia, y para que sean debidamente aceptados, el nivel de riesgo aceptable, para un beneficio tan pequeño, debe ser forzosamente muy bajo. Los alimentos que no tienen color propio como las golosinas, algunos postres, los 'snack' y las bebidas, entre otros, se colorean artificialmente para hacerlos más atractivos al consumidor.

El color es la primera sensación que se percibe y la que determina el primer juicio sobre la calidad percibida. Además es considerado un factor importante dentro del conjunto de sensaciones que aporta el alimento, y tiende a veces a modificar subjetivamente otras sensaciones como el sabor y el olor. El color artificial de los alimentos ayuda en muchos casos a definirlos. La experiencia permite confirmar que la falta de color en los alimentos dificulta curiosamente la identificación de los sabores (Blázquez, 2011).

Por otra parte Blázquez (2001) nos menciona que el control de colorantes en todo tipo de alimentos y bebidas forma parte de los programas periódicos de control oficial en el Ayuntamiento de Madrid. La aplicación de técnicas de Cromatografía en capa fina y de Cromatografía líquida de alta eficacia permiten la caracterización segura del colorante y la determinación cuantitativa en su caso. El objetivo básico es verificar el cumplimiento de los requisitos legales, especialmente cuando su uso no está autorizado o está sujeto a cualquier tipo de restricción.

#### 1.1.10 Colorante Amarillo 5 “Tartrazina E – 102”

La tartracina o tartrazina, en inglés tartrazine, es un colorante artificial ampliamente utilizado en la industria alimentaria. Pertenece a la familia de los colorantes azoicos, los que contienen el grupo azo:  $-N=N-$ . Se presenta en forma de polvo y es soluble en agua, haciéndose de color más amarillo cuanto más disuelta esté (López, 2016).

López (2016), indica que la tartracina aumenta su potencial comercial porque además de los tonos amarillos-anaranjados, al ser mezclada con otros colorantes como el azul brillante (E133) o el verde S (E142) se obtienen diversas tonalidades verdosas.

Este colorante posee los códigos E102 (Unión Europea) y Amarillo 5 o Yellow 5 (FDA-USA), por lo que es posible identificar qué alimentos, bebidas u otros productos contienen tartracina al revisar sus ingredientes en la etiqueta (López, 2016).

Existe un cuestionamiento acerca de los colorantes azoicos, debido a que muchos colorantes de esta familia (no los autorizados para uso alimentario) han demostrado ser cancerígenos. Una diferencia fundamental es que los colorantes cancerígenos son poco polares, solubles en grasas, y atraviesan con cierta facilidad la barrera intestinal, incorporándose al organismo. En cambio, los colorantes autorizados, que son muy polares y solubles en agua, no se absorben (López, 2016).

Por otra a la tartracina, en cuanto a los estudios científicos realizados hasta la fecha, estos no han demostrado ningún efecto carcinogénico. De hecho en modelos de

cáncer de piel en ratón se ha demostrado que la tartracina tiene un fuerte efecto anticancerígeno.

De acuerdo a López (2016), los efectos negativos de la tartracina en la salud son controvertidos. Un estudio científico que evaluaba mezclas de aditivos alimentarios ha relacionado a la tartracina con el aumento en la incidencia del trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH) en niños, si se utilizaba en combinación con los benzoatos (E210-215).

Sin embargo, la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria, en un estudio del año 2009 indicó que estos datos no suponían pruebas concluyentes y que los estudios tenían serios fallos experimentales, y concluyó que la tartracina en las concentraciones aprobadas en la Unión Europea no suponía riesgo para la salud (López, 2016).

A pesar de ello, el Parlamento Europeo aprobó una ley en julio de 2008 que requiere que los alimentos que contienen los colorantes alimentarios estudiados a ser etiquetados con «pueden tener un efecto adverso sobre la actividad y la atención de los niños.

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El incremento progresivo de las actividades humanas relacionadas directamente con el crecimiento económico y la globalización han generado grandes beneficios a la humanidad, pero al mismo tiempo ha desencadenado el aumento desmedido de trastornos al ambiente (Vargas, 2005).

Las industrias traen consigo desarrollo y progreso tanto a nivel económico como social, sin embargo, con demasiada frecuencia la necesidad de maximizar el proceso productivo excluye de la planificación la protección y cuidado del Medio Ambiente (Vilaseca, 2015).

En la actualidad la industrialización emplea en sus procesos considerables volúmenes de agua, por lo que es común enfrentarse a serios problemas de contaminación de este recurso indispensable para la vida en el planeta, la misma

que recibe grandes cargas contaminantes, debido al vertido de efluentes de aguas residuales originadas principalmente por procesos industriales, las mismas que con tratamientos ineficaces o nulos las depositan en dichos cuerpos de agua alterando gravemente al ecosistema acuático y por ende la salud de todos los seres vivos que de una u otra forma requerimos de este recurso vital.

Una de las industrias que emplea grandes volúmenes de agua en sus procesos es la industria del alimento, la cual genera efluentes industriales con altas cargas contaminantes, entre ellos colorantes reactivos que afectan al medio ambiente. Uno de los ecosistemas más afectados es el ecosistema acuático ya que estos reactivos, empleados en sus procesos, son en su mayoría tóxicos, muy recalcitrantes a procesos de biorremediación microbiana, pueden formar compuestos cancerígenos que se unan a la cadena trófica, además las aguas muy coloreadas pueden interferir en el paso de la luz solar y el oxígeno poniendo en peligro la vida acuática que ahí se desarrolla llegando incluso a provocar eutrofización de dichas aguas (Simpfiwe, et al. 2012).

Debido al problema ambiental que acarrea el manejo inadecuado de las aguas residuales, tanto domésticas como industriales, se han planteado leyes encaminadas a la normalización de las descargas de efluentes, las cuales van desde la propia Constitución que protege los derechos de la naturaleza y de los ciudadanos a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado que garantice la sostenibilidad y el buen vivir (Constitución del Ecuador 2008, Art. 14, 71, 414) , además de acuerdos, ordenanzas y leyes de Normalización como el Texto Unificado de Legislación Secundaria Medio Ambiental (TULSMA) el cual, en su Libro VI (Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes : Recurso Agua) contempla los parámetros permisibles establecidos para la descarga de efluentes a cuerpos de agua receptor y al alcantarillado.

Las aguas residuales provenientes de diferentes industrias como la textil, alimento, papel, entre otras, contienen altas concentraciones de colorantes, los cuales generan un grave problema ambiental a la vez que se convierten en un problema para las industrias al momento de tratar sus aguas residuales, debido a que este

tipo de colorantes contiene moléculas orgánicas recalcitrantes, difíciles de remover por tratamientos biológicos (Ensuncho et al. 2015)

La adsorción por medio de carbones activados resulta una tecnología innovadora y muy efectiva para la eliminación del color en aguas residuales de la industria del alimento, utilizando para ello precursores carbonosos, los cuales debido a sus propiedades adsorbentes y a la amplia área superficial con la que cuentan se convierten en un método innovador y eficiente al momento de tratar aguas residuales textiles con concentraciones altas de colorantes reactivos.

Al eliminar colorantes reactivos en las aguas residuales de la industria del alimento, mediante el uso de carbón activado, permitirá descargar efluentes con límites permisibles de color que se ajusten a la Normativa Ambiental , al mismo tiempo que se está dando solución a un pasivo ambiental, al utilizar un residuo agroindustrial, proveniente de la industrialización del fruto de la tagua, como precursor en la elaboración de carbones activados, los cuales son muy demandados a nivel industrial por su alta efectividad en el tratamiento de aguas residuales, y a menor precio, debido a que en el mercado nacional e internacional, el carbón activo tiene un coste muy alto (Vilaseca 2015).

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

Este trabajo de investigación es de gran importancia, ya que tiene como finalidad proponer un mecanismo para poder remover y disminuir los niveles colorantes que existen en las descargas de las industrias alimenticias que se dedican a estas actividades. Si bien es cierto el número de colorantes que son usados en la industria del alimento es muy basto, el escoger el colorante Amarillo 5 o Tartrazina, se debe a que es uno de los colorantes más comunes y usados en una gran diversidad de productos que son consumidos libremente.

Cabe recalcar que la muestra que se utilizará será sintética, pero con las características de un efluente que contenga niveles altos y/o preocupantes de colorante Amarillo 5, el cual ya genere cierto grado de daño a la salud de las personas y algún tipo de desequilibrio en el ecosistema.

El haber planteado usar carbón activado se debe a la gran eficiencia de adsorción y remoción que tiene este material, ya que al ser un compuesto no selectivo y con una gran área de adsorción en soluciones acuosas, es idóneo para los objetivos planteados en la presente investigación.

De obtener los resultados esperados en la utilización del carbón activado a base del endocarpo del coco y la pulpa del café, se podrían crear sistemas que prevengan la contaminación de los efluentes de estas industrias con distintos tipos de colorantes, previo a su respectiva investigación.

## **II. HIPÓTESIS PLANTEADA**

El carbón activado a base del endocarpo del coco y del bagazo del café sirven como buenos absorbentes del colorante Amarillo N°5, lo que permitirá reducir los niveles de este compuesto en la muestra sintética.

### **III. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL:**

- Evaluar la eficiencia de remoción del colorante Amarillo N°5 usado en industria de alimento, utilizando carbón activado de coco y bagazo de café por carga (Batch).

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Establecer las condiciones experimentales para la obtención de carbón activado a partir de los desechos de coco y del café.
- Evaluar la eficiencia de remoción del colorante Amarillo N°5 utilizando carbón activado de desechos de coco y de café, por medio del proceso de carga o Batch.
- Establecer el mejor precursor para la elaboración del carbón activado en la remoción del colorante Amarillo N°5.
- Determinar los niveles de absorbancia del colorante Amarillo N°5 por espectrometría UV-Visible, luego del proceso de remoción.

## IV. METODOLOGÍA

### 4.1 UBICACIÓN

El presente trabajo de investigación se lo realizará en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí en la Ciudad de Manta.

Coordenadas: 0°57'4.67"S; 80°44'44.57"O

Imagen 1. Ubicación del Área de Estudio



Fuente: Google Earth, 2016.

### 4.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS CONDICIONES DE LABORATORIO

- Temperatura: 24°C
- Humedad: 65%
- Presión Atmosférica: 25 Pa.

- Vibración y ruido: Baja
- Alimentador Eléctrico de Emergencia: No

#### 4.3 VARIABLES O EFECTOS A ESTUDIAR

Tipo de experimento: UNIFACTORIAL

Variable 1 (Carbón)	Descripción	
	Tipo de Carbón	Procesos
Ca1	Endocarpo de Coco	Por carga
Ca2	Bagazo de Café	Por carga

Variable 2 (Colorante)	Descripción	
	Nombre	Tipo/Uso
Col	AMARILLO 5 "TARTRAZINA E – 102"	Colorante alimenticio/Usado en la industria del alimento

Testigo	Abreviatura/Nombre	
	CaC	Carbón Comercial

#### 4.4 TRATAMIENTOS

CUADRO: La combinación de las variables originan los siguientes tratamientos.

N°	CÓDIGO	CARBÓN - PROCESO	COLORANTE
1	Ca1Col	Carbón de Coco por Carga	AMARILLO 5 "TARTRAZINA E – 102"
2	Ca2Col	Carbón de Café por Carga	AMARILLO 5 "TARTRAZINA E – 102"
3	TESTIGO	SIN APLICACIÓN	

## 4.5 PROCEDIMIENTOS

### 4.5.1 Tipo de diseño experimental

El diseño experimental a utilizar en este estudio de carácter Unifactorial, será el Diseño Completamente al Azar (DCA).

### 4.5.2 Número de Repeticiones o Réplicas/Boques

Número de réplicas/bloques: 3

### 4.5.3 Características de las Unidades Experimentales

- Número: 15
- Granulometría: Tamices números 16 y 18.
- Recipientes con 100 ml de muestra sintética y 2 g de carbón activado.
- Porcentajes:

Ca1 50% (Tamiz N°16)
Ca1 50% (Tamiz N°18)
Ca2 50% (Tamiz N°16)
Ca2 50% (Tamiz N°18)

### 4.5.4 Análisis Estadístico. Esquema del ADEVA (Unifactorial)

<b>F. de V.</b>	<b>G. L.</b>
TOTAL	11
TRATAMIENTOS	4
REPETICIONES	2
ERROR EXPERIMENTAL	8

#### 4.5.4 Análisis Funcional: Prueba de Significancia, Tukey 5%

$$T = q_{(t, g, l, e, \alpha)} \sqrt{CME/n}$$

#### 4.5.6 Coeficiente de Variación

$$CV = (\sqrt{CME} / \bar{x}) \times 100$$

### **4.6 PREPARACIÓN DEL CARBÓN**

El endocarpo del coco es triturado en partes pequeñas y colocadas en crisoles, para ser llevados a la mufla que debe estar a 350°C, mientras que el bagazo del café es colocado en la mufla a una temperatura de 150°C, ambos materiales durante un periodo de 24 horas. Luego de esto el material carbonizado es retirado de la mufla con mucho cuidado y llevado a un mortero para ser triturado. Finalmente el material carbonizado y triturado en el mortero se lo introduce al desecador por otras 24 horas.

#### 4.6.1 Activación del carbón

Se añade el H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (Ácido Fosfórico) al 40% al carbón ya triturado. Se mezcla dicho reactivo con el carbón hasta que quede lo más homogéneo posible y se deja en reposo por 24 horas.

#### 4.6.2 El pH del Carbón Activado

Una vez que el carbón ha sido activado, tiene un pH ácido, cerca de 2. Para utilizar el CA debe estar en un pH neutro o cerca de 6.

Esto se logra "lavando" el carbón, este proceso se lo realiza colocando el CA en agua desionizada en un vaso de precipitado de 1000 ml, y se lo deja en agitación a 350 o 400 rpm durante un día.

Las mediciones del pH de ácido a neutro se la realizan pasadas las 24 horas una vez que se ha filtrado el carbón con ayuda de una bomba de vacío. Para medir el pH se utiliza el multiparámetro.

El proceso se repite hasta que el pH llegue al valor requerido.

#### **4.5 GRANULOMETRÍA DEL CARBÓN**

Una vez que el carbón activado llegó al pH indicado y fue colocado en el desecador para extraerle en su totalidad la humedad que tenía, se utilizaron dos tamices de diferentes diámetros, para este caso en particular se utilizaron los tamices número 16 y número 18, que equivalen a 1,18 mm y 1,00 mm respectivamente.

Se utilizaron estas dos medidas para poder establecer comparaciones al momento de realizar el respectivo tratamiento, y de acuerdo a los resultados obtenidos poder establecer cuáles son las mejores características para que el carbón activado cumpla su función de remover el colorante del agua.

#### **4.6 REMOCIÓN MEDIANTE METODLOGÍA DE CARGA O BATCH**

Luego de que el carbón fue tamizado, se usaron 2 gramos de los mismos para ser colocados en vasos de precipitación con un volumen de la muestra sintética de 100 ml. Ya que en diseño experimental se establecieron 3 réplicas, se usaron un total de 12 vasos de precipitado con la siguiente distribución:

- 3 vasos con carbón activado de coco de tamiz 16
- 3 vasos con carbón activado de coco de tamiz 18
- 3 vasos con carbón activado de café de tamiz 16
- 3 vasos con carbón activado de café de tamiz 18

La metodología consistió en colocar estos recipientes con las respectivas muestras en agitación durante 24 horas a 250 rpm, para luego ser filtradas y realizar los respectivos análisis a las muestras, para así comprobar el porcentaje de remoción que hubo en cada uno de los casos.

#### **4.7 MEDICIÓN DE ADSORBANCIA MEDIANTE ESPECTROFOTOMETRÍA**

Haciendo uso de un Espectrofotómetro UV-Visible, calibrado a una longitud de onda de 600 Nm, se procedió a realizar las mediciones a las muestras y a la muestra madre o entrada, para así poder comparar el grado de remoción que tuvo cada una de estas.

Previo a la medición, se tuvo que realizar una curva de calibración, para lo cual se establecieron diluciones de la muestra madre o entrada, mismas que fueron medidas con el equipo antes mencionado, los resultados fueron colgado en Excel y haciendo uso de las respectivas fórmulas que brinda el software se estableció la curva, misma que debe tener un valor lo más cercano a la unidad, para esta caso en particular, arrojó un valor de 0.99.

## V. RESULTADOS

### 5.1 CURVA DE CALIBRACIÓN

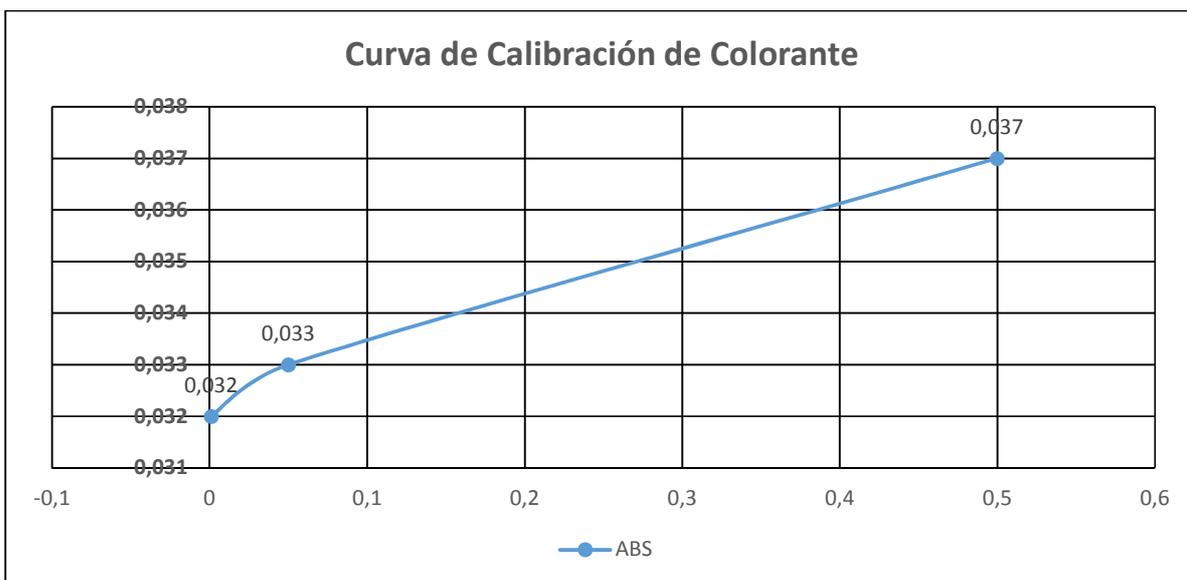
Se muestra la curva de calibración utilizada para el análisis de espectrofotometría para poder describir los porcentajes de adsorción que hubo en cada uno de los tratamientos.

Tabla 3. Coeficiente de Correlación.

Curva de calibración	
Patrón (g/L)	ABS
0.0009	0.032
0.05	0.033
0.4997	0.037
<b>Coeficiente de correlación</b>	<b>0.9949337</b>

Fuente: Calderón, A. 2018.

Figura 1. Curva de Calibración de Colorante



b=	0.0322
m=	0.0096
r=	0.99493

Fuente: Calderón, A. 2018.

## 5.2 TABLA DE ANÁLISIS DE ESPECTROFOTOMETRÍA

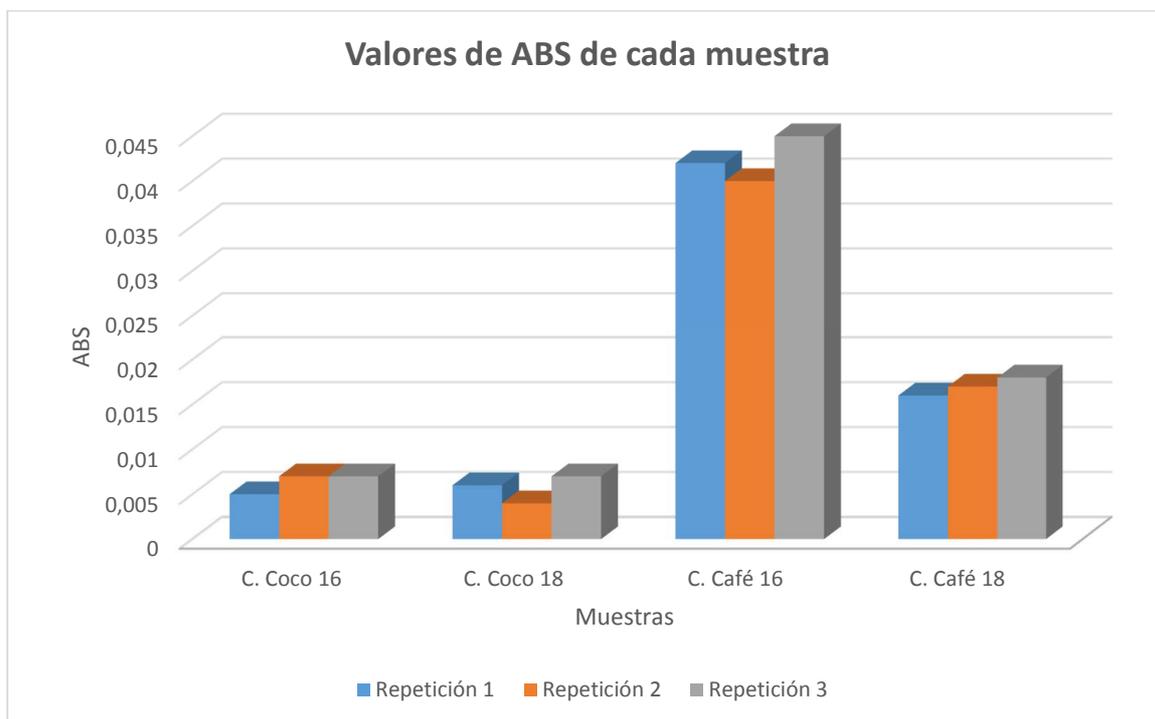
A cada uno de los tratamientos se re realizó por triplicado el análisis de espectrofotometría, para de esta manera aminorar el error experimental y poder contar con valores más certeros, los cuales serían utilizados en el modelo estadístico.

Tabla 4. Resultados de análisis de espectrofotometría.

	ABS (x3)			Promedio
<b>Carbón Coco 16</b>	0.005	0.007	0.007	<b>0.0063</b>
<b>Carbón Coco 18</b>	0.006	0.004	0.007	<b>0.0057</b>
<b>Carbón Café 16</b>	0.042	0.040	0.045	<b>0.0423</b>
<b>Carbón Café 18</b>	0.016	0.017	0.018	<b>0.017</b>

Fuente: Calderón, A. 2018.

Figura 2. Valores de ABS de cada muestra.



Fuente: Calderón, A. 2018.

### 5.3 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Tabla 5: Diseño Completamente al Azar

Bloques	Tratamientos (Adsorbentes)				Suma	Media
	CO 16	CO 18	CA 16	CA 18		
<b>1</b>	0.005	0.006	0.042	0.016	0,069	0,017
<b>2</b>	0.007	0.004	0.040	0.017	0,068	0,017
<b>3</b>	0.007	0.007	0.045	0.018	0,077	0,019
<b>Suma</b>	0.019	0.017	0.127	0.051	<b>0,214</b>	<b>0.0535</b>
<b>Media</b>	0.0063	0.0057	0.0423	0.017	<b>0.0713</b>	<b>0.00178</b>

Fuente: Calderón, A. 2018.

r= 3      t=4

## Cálculo de suma de cuadrados

### Factor de corrección

$$(FC) = (\sum X_{ij})^2 / (rt) = (0,214)^2 / 12 = 0.003816333$$

### Suma de Cuadrados Total

$$(SC \text{ Total}) = \sum X_i^2 - FC$$

$$SC \text{ Total} = [(0,005)^2 + (0,006)^2 + (0,042)^2 + (0,016)^2 + (0,007)^2 + (0,004)^2 + (0,040)^2 + (0,017)^2 + (0,007)^2 + (0,007)^2 + (0,045)^2 + (0,018)^2] - 0.003816333$$

$$SC \text{ Total} = 0.002665667$$

### Suma de Cuadrados de los Tratamientos

$$(SC \text{ T}) = (\sum T_i)^2 / r - FC$$

$$SC \text{ T} = [(0,019)^2 + (0,017)^2 + (0,127)^2 + (0,051)^2] / 3 - 0.003816333$$

$$SC \text{ T} = 0.002643667$$

### Suma de Cuadrados del Error Experimental

$$(SCE) = SC \text{ Total} - SC \text{ T}$$

$$SCE = 0.002665667 - 0.002643667 = 0.000022$$

Tabla 6: Tabla de análisis de varianza

FV	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F calculada	DMS 95%
Total	11	0.002665667			
Tratamiento	3	0.002643667	0.00088122	320.444444	3.36
Error	8	0.000022	0.0000028		

Fuente: Calderón, A. 2018.

**Prueba de significancia DMS 95%**

$$C.V. = \frac{\sqrt{CM. Error}}{x} \times 100$$

$$C.V. = \frac{\sqrt{0.0000028}}{0.00178} \times 100$$

$$C.V. = \frac{0,00167}{0.00178} \times 100$$

$$C.V. = 93.82\%$$

5.3.1 Análisis de varianza por tratamientos

### COCO 16

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV
COCO 16	3	1,00		sd	0,00

Datos desbalanceados en celdas.  
Para otra descomposición de la SC  
especifique los contrastes apropiados.. !!

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,7E-06	2	1,3E-06	sd	sd
Caso	2,7E-06	2	1,3E-06	sd	sd
Error	0,00	0	0,00		
Total	2,7E-06	2			

### COCO 18

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV
COCO 18	3	1,00		sd	0,00

Datos desbalanceados en celdas.  
Para otra descomposición de la SC  
especifique los contrastes apropiados.. !!

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4,7E-06	2	2,3E-06	sd	sd
Caso	4,7E-06	2	2,3E-06	sd	sd
Error	0,00	0	0,00		
Total	4,7E-06	2			

### CAFE 16

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV
CAFE 16	3	1,00		sd	0,00

Datos desbalanceados en celdas.  
Para otra descomposición de la SC  
especifique los contrastes apropiados.. !!

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,3E-05	2	6,3E-06	sd	sd
Caso	1,3E-05	2	6,3E-06	sd	sd
Error	0,00	0	0,00		
Total	1,3E-05	2			

CAFE 18

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
CAFE 18	3	1,00	sd	0,00

*Datos desbalanceados en celdas.  
Para otra descomposición de la SC  
especifique los contrastes apropiados.. !!*

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,0E-06	2	1,0E-06	sd	sd
Caso	2,0E-06	2	1,0E-06	sd	sd
Error	0,00	0	0,00		
Total	2,0E-06	2			

## VI. DISCUSIÓN

De los cuatro tratamientos empleados, tanto el carbón activado obtenido a partir del endocarpo del coco como del bagazo del café, ambos dieron resultados de remoción por debajo del mínimo de acuerdo a la curva de calibración empleada para dicho fin. Hubo una diferencia significativa con respecto al porcentaje de remoción, lo cual corrobora la eficacia de estos carbones.

Sin embargo existió una diferencia pequeña, que le otorga al carbón activado de coco la mejor remoción, resultados que concuerdan a los obtenidos por Karaca et al. (2008), esto sucede por las características que tiene este precursor, al tener una cantidad de lignina y celulosa mucho mayor, a comparación del bagazo del café, lo cual permite que en su superficie se genere un mayor número de micro y macro poros que son esenciales para la adsorción de diferentes tipos de compuestos, en este caso, de características inorgánicas.

Basso et al., (2005), menciona que debido al alto porcentaje de lignina, se puede indicar que tanto el endocarpo del coco como el bagazo del café son excelentes opciones a ser uno de los precursores de carbón activado de alta calidad debido a que a medida que se incrementa el contenido de lignina se aumenta la capacidad de remoción

Es posible la utilización de carbones activados a partir de estos precursores, para la adsorción de colorante amarillo 5 (Zarzafrina) como sustancia contaminante logrando una remoción del 94% aplicable en aguas residuales.

Los presentes resultados indican que el carbón activado obtenido a partir del endocarpo del coco a comparación de obtenido del bagazo del café, ambos activados con ácido fosfórico, el primero tiene un mejor potencial como adsorbente, si bien es cierto ambos materiales dieron resultados de absorción excelentes, el endocarpo del coco presenta características físicas y de adsorción mejores. Estos resultados se asemejan bastante a los obtenidos en el trabajo de Ramos (2003), lo cual corrobora que el endocarpo del coco y el bagazo del café son grandes precursores para la creación de este tipo de carbones.

## VII. CONCLUSIONES

- En base a los resultados obtenidos, las condiciones experimentales establecidas para el tratamiento por carga o Batch, de 24 horas de agitación a 250 rpm, en volúmenes de 100 ml de muestra sintética, con 2 gramos del carbón y usando dos granulometrías distintas tanto para el carbón de coco como el de café, permitieron la remoción total del colorante en 3 muestras y en la cuarta muestra quedó apenas un pequeño rastro de colorante.

- De los dos tipos de carbones usados; carbón de coco (CaCo) y carbón de café (Cca), ambos pasados por tamices 16 y 18, el carbón de coco resultó con la mejor eficiencia obteniendo valores por debajo del valor mínimo establecido en la curva de calibración, lo cual indica una remoción total del colorante, lo cual se corrobora con los análisis cualitativos realizados por el laboratorio acreditado.

- El mejor precursor para la elaboración del carbón activado fue el endocarpo del coco, ya que al tener mayor cantidad de lignina y celulosa, en comparación con el bagazo del café, favorece a la creación de micro y macro poros durante el proceso de carbonización y posterior activación química, mismos que son los encargados de absorber los elementos inorgánicos (en este caso el colorante), de la muestra sintética usada para la presente investigación.

- Una vez realizados los análisis de absorbancia con el espectrofotómetro UV-Visible a una longitud de onda de 600 nm, se comprobó que las mejores remociones del colorante en la muestra sintética, las obtuvieron los carbones de coco 16 y 18 (número de tamiz), obteniendo valores de absorbancia de 0.0063 y 0.0057 respectivamente.

## VIII. RECOMENDACIONES

- La implementación de laboratorios acreditados para poder respaldar los resultados obtenidos en la investigación es de primordial importancia, pero cabe recalcar el uso de los servicios de estos laboratorios, siempre y cuando los resultados obtenidos de los análisis sean cuantitativos, más no sólo cualitativos, para poder establecer una mejor discusión de los mismos.

- Utilizar otras medidas en la granulometría del carbón, para comprobar si se es posible mejorar el porcentaje de remoción, ya que como se pudo ver en los resultados del presente trabajo, entre mayor es el número del tamiz, la absorbancia se aminora, entonces existe una relación directamente proporcional entre el diámetro del carbón y su capacidad de absorción.

- Implementar varias condiciones experimentales tanto en el proceso de activación físico/química del carbón, como en las muestras sintéticas a ser tratadas, usando otros tipos de colorantes alimenticios implementados en la industria del alimento en nuestro país, para de esta manera ampliar el abanico de usos que tiene este tipo de material.

- Utilizar otras fuentes de materia prima con altos contenidos de lignina y celulosa que permitan obtener absorbentes ideales para mejorar la calidad de los efluentes en las industrias de alimentos, como tratamientos biológicos y fisicoquímicos combinados.

## IX. BIBLIOGRAFÍA

Arroyave Roja, Joan Amir; Garcés Giraldo, Luís Fernando; Arango Ruiz, Álvaro de Jesús; Agudelo López, Carlota Marcela. 2008. La Tartrazina, un colorante de la industria agroalimentaria, degradado mediante procesos de oxidación avanzada Revista Lasallista de Investigación, vol. 5, núm. 1, pp. 20-27 Corporación Universitaria Lasallista Antioquia, Colombia.

Basso, M., E. Cerrella y A. L. Cukierman (2005). Captación de cadmio por materiales lignocelulósicos: efecto del contenido de lignina. Separar Sci. Technol., 39: 1163 -1175.

Blázquez, J, 2011. Uso y abuso de colorantes alimentarios de naturaleza sintética. Algunos aspectos de interés para el consumidor. (En línea). Consultado, 26 de julio 2018. Disponible en: [http://www.madridsalud.es/temas/uso\\_y\\_abuso\\_de\\_colorantes\\_alimentarios.pdf](http://www.madridsalud.es/temas/uso_y_abuso_de_colorantes_alimentarios.pdf)

Berkowitz, D. s.f. Industria alimentaria. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. (En línea). Consultado, 26 de julio 2018. Disponible en: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo3/67.pdf>

Calvo, M. s.f. Colorantes Artificiales. Bioquímica de los Alimentos. (En línea). Consultado, 26 de julio 2018. Disponible en: <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/aditivos/colorartif.html>

Carriazo, J; Saavedra, M. & Molina, M. 2010. Propiedades adsorptivas de un carbón activado y determinación de la ecuación de Langmuir empleando materiales de bajo costo. (En línea). Formato PDF. Educ. quím., 21(3), 224-229, 2010. Universidad Nacional Autónoma de México, ISSN 0187-893-X. Consultado, 26 de julio 2018. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/eq/v21n3/v21n3a7.pdf>

Coronas, J. & Sebastián, V. 2013. Adsorción. . (En línea). Formato PDF. Consultado, 26 de julio 2018. Disponible en: <http://www.cartagena99.com/recursos/alumnos/apuntes/ADSORCION.pdf>

Ensuncho et al. 2015. Remoción del colorante rojo allura en solución acuosa utilizando carbones activados obtenidos de desechos agrícolas. Información Tecnológica. 26(2): 69 – 78.

Food News Latam, noticias de la industria de alimentos de América Latina (2014). Efectos que causan los saborizantes y colorantes artificiales. Recuperado el 4 de septiembre del 2017 de <http://www.foodnewslatam.com/sectores/651-efectos-que-causan-los-saborizantes-y-colorantes-artificiales.html>

Hari Vani (2015). El método Food Babe, libérate de las toxinas de los alimentos. Madrid – España. EDITORIAL EDAF, S.L.U.

Ibáñez, F., Torre, P. y Irigoyen, A. 2003. Aditivos Alimentarios. Colorantes. (En línea). Consultado, 26 de julio 2018. Disponible en: [http://www.nutricion.org/publicaciones/revista\\_agosto\\_03/Funcionales/aditivos.pdf](http://www.nutricion.org/publicaciones/revista_agosto_03/Funcionales/aditivos.pdf)

KARACA, S.; GÜRSES, A.; AÇIKYILDIZ, M.; EJDER, M. 2008. Adsorción de colorante catiónico a partir de soluciones acuosas por carbón activado. Micropor. Mesopor Estera. 115(3):376-382.

Ramos, L. (2003). La química involucrada en el tratamiento con vapor de materiales lignocelulósicos. Quim. Nova, 26: 863-871.

Simphiwe et al. 2012. Textile Dye Removal from Wastewater Effluents Using. (En línea). Molecules. No. 17. 4260-14274. Disponible en <https://es.scribd.com/document/141304396/molecules-17-14260>

Ulloa, M. 2017. El uso de los colorantes comestibles naturales y sintéticos desde el aspecto funcional en la pastelería. (En línea). Formato PDF. Universidad Regional Autónoma de los Andes. Proyecto de Examen Complexivo previo a la Obtención del Título de Ingeniera En Gestión de Alimentos y Bebidas. Obtenido de <http://dspace.uniandes.edu.ec/bitstream/123456789/7529/1/TUAEXCOMESC001-2018.pdf>

Vargas, F. 2005. La contaminación ambiental como factor determinante. (En línea). Revista Española de Salud Pública. 79 (2): 117-127. Consultado 10 Abr 2016. Disponible en [https://scielosp.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1135-2057272005000200001](https://scielosp.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-2057272005000200001)

Vilaseca, M. 2015. Eliminación del color de las aguas residuales procedentes de la tintura con colorantes reactivos. Tesis PhD. Cataluña, ES. Universidad Politécnica de Cataluña. 272 p.

López, C. 2016. Tartrazina. Productos que contienen tartracina. (En línea). Consultado, 26 de julio 2018. Disponible en: <http://www.quimica.es/enciclopedia/Tartracina.html>

Viades, J. 2013. Fenómenos de superficie. Adsorción. (En línea). Formato PDF. Consultado, 26 de julio 2018. Disponible en: [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Unidad3.Fenomenossuperficiales.Adsorcion\\_23226.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Unidad3.Fenomenossuperficiales.Adsorcion_23226.pdf)

## X. ANEXOS

### Anexo 1. Resultados del laboratorio acreditado de la muestra madre.



**INFORME DE RESULTADOS**

INF LASA-13-11-18-3381  
ORDEN DE TRABAJO No. 09956-18

DATOS DEL CLIENTE			
SOLICITADO POR: CARLOS ANDRADE LOOR	DIRECCIÓN: KM 5.5 VÍA MANTA - MONTECRISTI		
TELÉFONO/FAX: 0990262296	TIPO DE MUESTRA: AGUA	PROCEDENCIA: MANTA	
IDENTIFICACIÓN: AGUA	CODIGO INICIAL: M1 - LOTE: NO APLICA		

DATOS DEL LABORATORIO		
MUESTREO POR: SOLICITANTE	FECHA DE MUESTREO: -	INGRESO AL LABORATORIO: 08/11/2018
FECHA DE ANÁLISIS: 08/11-13/11/18	FECHA DE ENTREGA: 13/11/2018	NÚMERO DE MUESTRAS: Una (1)
CÓDIGO DE MUESTRA: 23922-18	REALIZACIÓN DE ENSAYOS: LABORATORIO	

**REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO**

ITEM	PARÁMETROS	UNIDADES	MUESTRA	INCERTIDUMBRE U (k=2)	MÉTODO DE ENSAYO
1	TARTRAZINA	-	POSITIVO	N.A.	Cromatografía de capa fina

N.A.: No Aplica

NOTA: De acuerdo al ensayo realizado, existe presencia de color amarillo 5.

  
DR. MARCO GUAJARRO  
GERENTE DE LABORATORIO

Prohibida la reproducción parcial por cualquier medio sin permiso por escrito del laboratorio.  
LASA se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida o tomada por el laboratorio.  
Cuando se emitan criterios de conformidad y aplique, se tendrá en cuenta el valor de la incertidumbre asociada al resultado y declarada por el método específico.  
El laboratorio se compromete con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (la aceptación de este informe implica la aceptación de la política relativa al tema y declarada en [www.laboratoriolasas.com](http://www.laboratoriolasas.com))

Pág. 1 de 1

Av. de la Prensa N53-113 y Gonzalo Gallo • Teléfonos: 2469- 814 / 2269-012  
Juan Ignacio Pareja OE5-97 y Simón Cárdenas • Teléfono: 2290-815 • Celular: 099 9236 287  
e-mail: [info@laboratoriolasas.com](mailto:info@laboratoriolasas.com) • web: [www.laboratoriolasas.com](http://www.laboratoriolasas.com) • Quito - Ecuador

Fuente: Laboratorio LASA, 2018.

Anexo 2. Resultados del laboratorio acreditado de las muestras tratadas.



**LASA**  
LABORATORIO ANALÍTICO AMBIENTAL  
AGUA - EFLUENTES INDUSTRIALES

**INFORME DE RESULTADOS**

INF LASA-05-12-18-3604  
ORDEN DE TRABAJO No. 11258-18

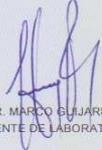
DATOS DEL CLIENTE		
SOLICITADO POR: CARLOS ANDRADE LOOR		DIRECCIÓN: KM 5,5 VÍA MANTA - MONTECRISTI
TELÉFONO/FAX: 0990262296	TIPO DE MUESTRA: AGUA	PROCEDENCIA: MANTA
IDENTIFICACIÓN: AGUA		CODIGO INICIAL: M1 - LT: CARBÓN CAFÉ #16

DATOS DEL LABORATORIO		
MUESTREO POR: SOLICITANTE	FECHA DE MUESTREO: -	INGRESO AL LABORATORIO: 27/11/2018
FECHA DE ANÁLISIS: 27/11-05/12/18	FECHA DE ENTREGA: 05/12/2018	NÚMERO DE MUESTRAS: Una (1)
CÓDIGO DE MUESTRA: 26073-18		REALIZACIÓN DE ENSAYOS: LABORATORIO

**REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO**

ITEM	PARÁMETROS	UNIDADES	MUESTRA	INCERTIDUMBRE U (k=2)	MÉTODO DE ENSAYO
1	COLOR AMARILLO 5 (TARTRAZINA)	-	NEGATIVO	N.A.	Cromatografía de capa fina

N.A.: No Aplica



DR. MARCO GUJARDO  
GERENTE DE LABORATORIO

Prohibida la reproducción parcial por cualquier medio sin permiso por escrito del laboratorio.  
LASA se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida o tomada por el laboratorio.  
Cuando se emitan criterios de conformidad y aplique, se tendrá en cuenta el valor de la incertidumbre asociada al resultado y declarada por el método específico.  
El laboratorio se compromete con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (la aceptación de este informe implica la aceptación de la política relativa al tema y declarada en [www.laboratoriolasa.com](http://www.laboratoriolasa.com))

Pág. 1 de 1

Av. de la Prensa N53-113 y Gonzalo Gallo • Teléfonos: 2469- 814 / 2269-012  
Juan Ignacio Pareja OE5-97 y Simón Cárdenas • Teléfono: 2290-815 • Celular: 099 9236 287  
e-mail: [info@laboratoriolasa.com](mailto:info@laboratoriolasa.com) • web: [www.laboratoriolasa.com](http://www.laboratoriolasa.com) • Quito - Ecuador

Fuente: Laboratorio LASA, 2018.

**INFORME DE RESULTADOS**

INF LASA-05-12-18-3605  
ORDEN DE TRABAJO No. 11258-18

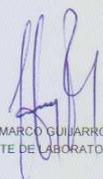
DATOS DEL CLIENTE			
SOLICITADO POR: CARLOS ANDRADE LOOR		DIRECCIÓN: KM 5,5 VÍA MANTA - MONTECRISTI	
TELÉFONO/FAX: 0990262296	TIPO DE MUESTRA: AGUA	PROCEDENCIA: MANTA	
IDENTIFICACIÓN: AGUA		CODIGO INICIAL: M2 - LT: CARBÓN CAFÉ #18	

DATOS DEL LABORATORIO			
MUESTREO POR: SOLICITANTE	FECHA DE MUESTREO: -	INGRESO AL LABORATORIO: 27/11/2018	
FECHA DE ANÁLISIS: 27/11-05/12/18	FECHA DE ENTREGA: 05/12/2018	NÚMERO DE MUESTRAS: Una (1)	
CÓDIGO DE MUESTRA: 26074-18		REALIZACIÓN DE ENSAYOS: LABORATORIO	

**REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO**

ITEM	PARÁMETROS	UNIDADES	MUESTRA	INCERTIDUMBRE U (k=2)	MÉTODO DE ENSAYO
1	COLOR AMARILLO 5 (TARTRAZINA)	-	NEGATIVO	N.A.	Cromatografía de capa fina

N.A.: No Aplica



DR. MARCO GUJARRO  
GERENTE DE LABORATORIO

Prohibida la reproducción parcial por cualquier medio sin permiso por escrito del laboratorio.  
LASA se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida o tomada por el laboratorio.  
Cuando se emitan criterios de conformidad y aplique, se tendrá en cuenta el valor de la incertidumbre asociada al resultado y declarada por el método específico.  
El laboratorio se compromete con la Imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (la aceptación de este informe implica la aceptación de la política relativa al tema y declarada en [www.laboratoriolasa.com](http://www.laboratoriolasa.com))

Pág. 1 de 1

**INFORME DE RESULTADOS**

INF.LASA-05-12-18-3606  
ORDEN DE TRABAJO No. 11258-18

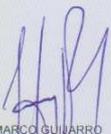
DATOS DEL CLIENTE			
SOLICITADO POR: CARLOS ANDRADE LOOR		DIRECCIÓN: KM 5,5 VÍA MANTA - MONTECRISTI	
TELÉFONO/FAX: 0990262296	TIPO DE MUESTRA: AGUA	PROCEDENCIA: MANTA	
IDENTIFICACIÓN: AGUA		CODIGO INICIAL: M3 - LT: CARBÓN COCO #16	

DATOS DEL LABORATORIO			
MUESTREO POR: SOLICITANTE	FECHA DE MUESTREO: -	INGRESO AL LABORATORIO: 27/11/2018	
FECHA DE ANÁLISIS: 27/11-05/12/18	FECHA DE ENTREGA: 05/12/2018	NÚMERO DE MUESTRAS: Una (1)	
CÓDIGO DE MUESTRA: 26075-18		REALIZACIÓN DE ENSAYOS: LABORATORIO	

**REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO**

ITEM	PARÁMETROS	UNIDADES	MUESTRA	INCERTIDUMBRE U (k=2)	MÉTODO DE ENSAYO
1	COLOR AMARILLO 5 (TARTRAZINA)	-	NEGATIVO	N.A.	Cromatografía de capa fina

N.A.: No Aplica



DR. MARCO GUIJARRO  
GERENTE DE LABORATORIO

Prohibida la reproducción parcial por cualquier medio sin permiso por escrito del laboratorio.  
LASA se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida o tomada por el laboratorio.  
Cuando se emitan criterios de conformidad y aplique, se tendrá en cuenta el valor de la incertidumbre asociada al resultado y declarada por el método específico.  
El laboratorio se compromete con la Imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (la aceptación de este informe implica la aceptación de la política relativa al tema y declarada en [www.laboratoriolasa.com](http://www.laboratoriolasa.com))

Pág. 1 de 1

**INFORME DE RESULTADOS**

INF LASA-05-12-18-3607  
ORDEN DE TRABAJO No. 11258-18

DATOS DEL CLIENTE			
SOLICITADO POR: CARLOS ANDRADE LOOR		DIRECCIÓN: KM 5,5 VÍA MANTA - MONTECRISTI	
TELÉFONO/FAX: 0990262296	TIPO DE MUESTRA: AGUA	PROCEDENCIA: MANTA	
IDENTIFICACIÓN: AGUA		CODIGO INICIAL: M4 - LT: CARBÓN COCO #18	

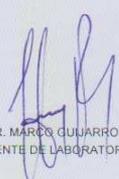
  

DATOS DEL LABORATORIO		
MUESTREO POR: SOLICITANTE	FECHA DE MUESTREO: -	INGRESO AL LABORATORIO: 27/11/2018
FECHA DE ANÁLISIS: 27/11-05/12/18	FECHA DE ENTREGA: 05/12/2018	NÚMERO DE MUESTRAS: Una (1)
CÓDIGO DE MUESTRA: 26076-18		REALIZACIÓN DE ENSAYOS: LABORATORIO

**REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO**

ITEM	PARÁMETROS	UNIDADES	MUESTRA	INCERTIDUMBRE U (k=2)	MÉTODO DE ENSAYO
1	COLOR AMARILLO 5 (TARTRAZINA)	-	NEGATIVO	N.A.	Cromatografía de capa fina

N.A.: No Aplica



DR. MARCO GUJARRO  
GERENTE DE LABORATORIO

Prohibida la reproducción parcial por cualquier medio sin permiso por escrito del laboratorio.  
LASA se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida o tomada por el laboratorio.  
Cuando se ermitan criterios de conformidad y aplique, se tendrá en cuenta el valor de la incertidumbre asociada al resultado y declarada por el método específico.  
El laboratorio se compromete con la Imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (la aceptación de este informe implica la aceptación de la política relativa al tema y declarada en [www.laboratoriolasa.com](http://www.laboratoriolasa.com))

Pág. 1 de 1

### Anexo 3. Materia Prima



Fuente: Calderón, A. 2018.

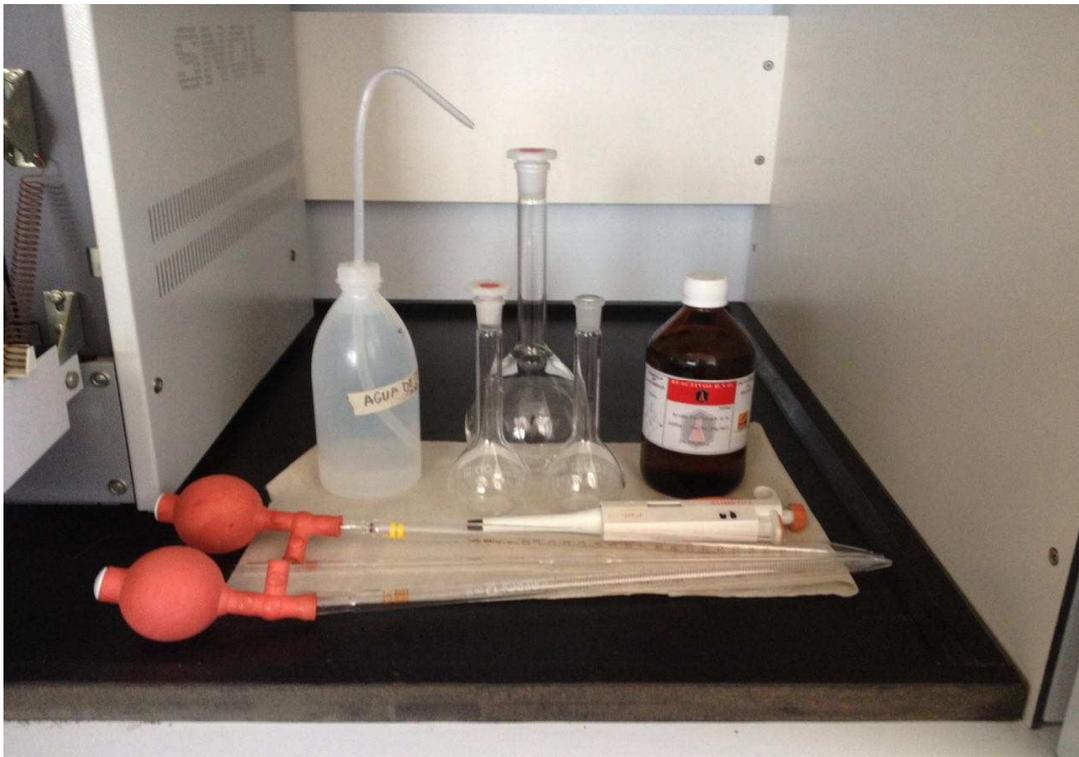
Anexo 4. Carbonización y Trituración del Carbón.





Fuente: Calderón, A. 2018.

## Anexo 5. Activación del Carbón



Fuente: Calderón, A. 2018.

## Anexo 6. Lavado y Filtrado del Carbón Activado.



Fuente: Calderón, A. 2018.

Anexo 7. Medición del pH del agua usada para lavar el carbón.



Fuente: Calderón, A. 2018.

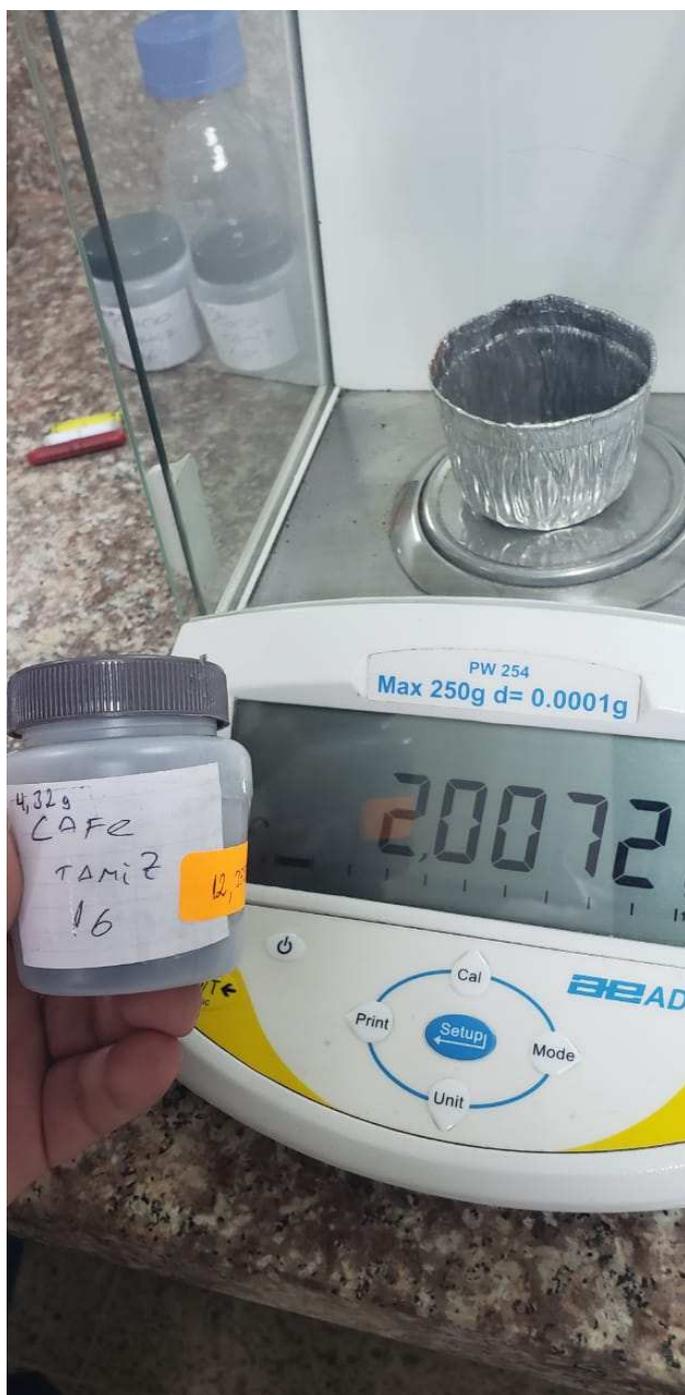
Anexo 8. Tamizado del carbón.



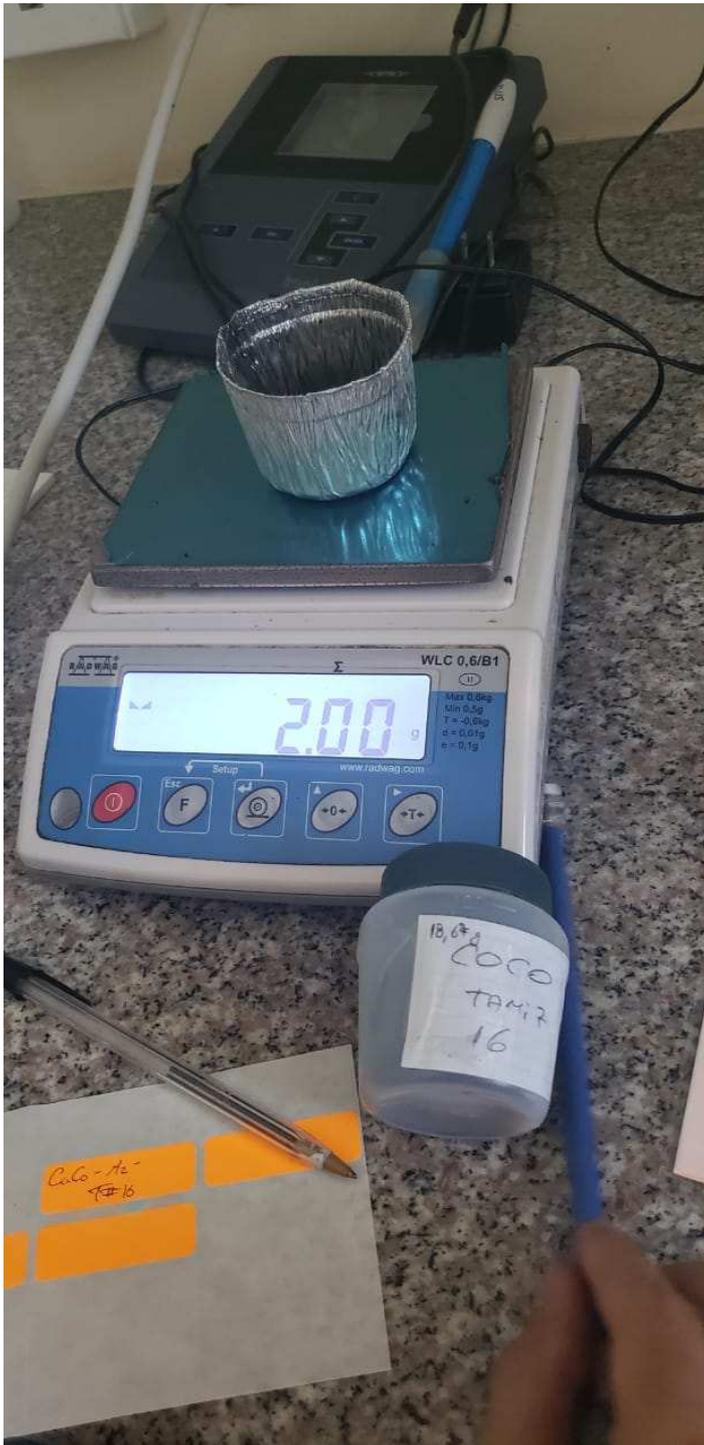


Fuente: Calderón, A. 2018.

Anexo 9. Pesado de los carbones para su uso en el respectivo tratamiento.



Fuente: Calderón, A. 2018.



Fuente: Calderón, A. 2018.

Anexo 10. Preparación de la muestra sintética.



Fuente: Calderón, A. 2018.

Anexo 11. Puesta en marcha del tratamiento por carga de las muestras y filtrado de las mismas.



Fuente: Calderón, A. 2018.



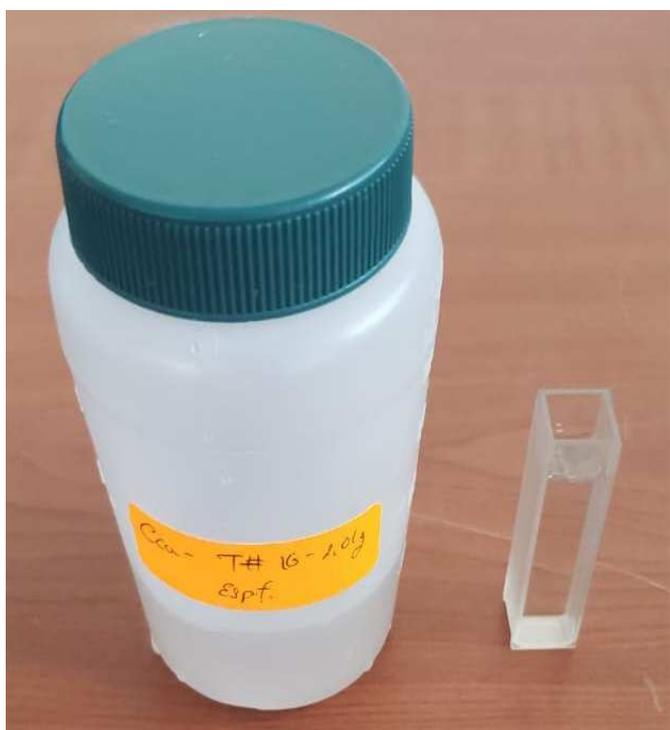
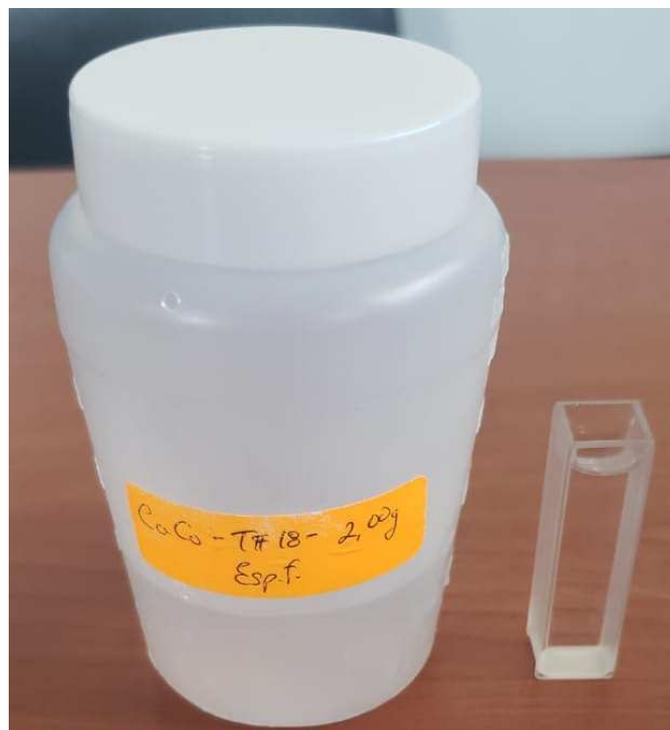
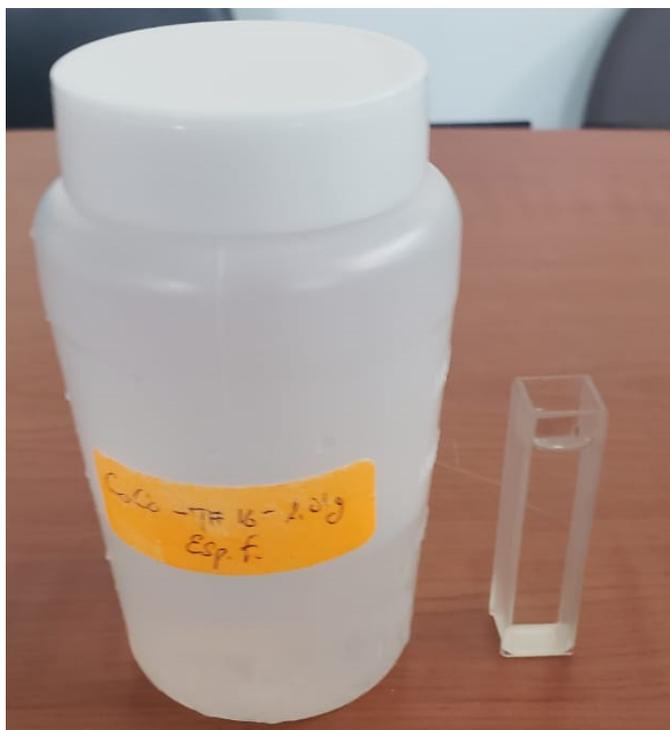
Fuente: Calderón, A. 2018.

Anexo 12. Análisis de ABS con el Espectrofotómetro UV-Visible.



Fuente: Calderón, A. 2018.

Anexo 13. Muestras utilizadas para los análisis de ABS en el Espectrofotómetro.



Fuente: Calderón, A. 2018.

Anexo 14. Muestras enviadas para análisis en laboratorio acreditado.



Fuente: Calderón, A. 2018.