



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

CARRERA MEDIO AMBIENTE

**TESIS PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MEDIO AMBIENTE**

TEMA:

**EFICIENCIA DEL CARBÓN ACTIVADO PROCEDENTE DEL
RESIDUO AGROINDUSTRIAL DE COCO (*Cocos nucifera*) PARA
REMOCIÓN DE CONTAMINANTES EN AGUA**

AUTORES:

**KATHERINE IVETTE BRAVO MOREIRA
AYRTON RUBEN GARZON MORENO**

TUTOR:

ING. JOFFRE ANDRADE CANDELL, M.Sc.

CALCETA, JUNIO 2017

DERECHOS DE AUTORÍA

Katherine Ivette Bravo Moreira y **Ayrton Ruben Garzon Moreno**, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual a la **Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López**, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su reglamento.

KATHERINE I. BRAVO MOREIRA

AYRTON R. GARZON MORENO

CERTIFICACIÓN DE TUTOR

Joffre Alberto Andrade Candell, M.Sc. certifica haber tutelado la tesis **EFICIENCIA DEL CARBÓN ACTIVADO PROCEDENTE DEL RESIDUO AGROINDUSTRIAL DE COCO (*Cocos nucifera*) PARA REMOCIÓN DE CONTAMINANTES EN AGUA**, que ha sido desarrollada por **Katherine Ivette Bravo Moreira** y **Ayrton Ruben Garzon Moreno**, previa la obtención del título de Ingeniero en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL** de la **Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López**.

Ing. Joffre Andrade Candell, M.Sc.

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** la tesis titulada **EFICIENCIA DEL CARBÓN ACTIVADO PROCEDENTE DEL RESIDUO AGROINDUSTRIAL DE COCO (*Cocos nucifera*) PARA REMOCIÓN DE CONTAMINANTES EN AGUA**, que ha sido propuesta, desarrollada y sustentada por **Katherine Ivette Bravo Moreira** y **Ayrton Ruben Garzon Moreno**, previa la obtención del título de Ingeniero en **Medio Ambiente**, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL** de la **Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López**.

Ing. Carlos Delgado Villafuerte, M.Sc.

MIEMBRO

Ing. Jorge Cevallos Bravo, M.Sc.

MIEMBRO

Ing. Carlos Villafuerte Vélez, M.Sc.

PRESIDENTE

AGRADECIMIENTO

A Dios pilar fundamental en nuestras vidas por permitirnos cumplir la meta de ser ingenieros con paciencia, entendimiento y dedicación, a pesar de las adversidades en ningún momento nos dejó desfallecer ni desviarnos de nuestros objetivos;

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que nos dio la oportunidad de una educación superior de calidad y en la cual forjando nuestros conocimientos profesionales día a día,

A nuestros padres y demás familiares que de una u otra forma nos brindaron su apoyo incondicional a lo largo de este camino universitario para lograr el objetivo de ser profesionales, y

A nuestro tutor que nos brindó sus conocimientos y nos orientó en cada una de las etapas establecidas que permitieron la ejecución del presente proyecto; en definitiva, a cada una de las personas que directa e indirectamente aportaron con un granito de arena.

Katherine Ivette Bravo Moreira
Garzon Moreno Ayrton Ruben

DEDICATORIA

A Dios por permitirme llegar a este momento de mi vida y cumplir con una de mis metas, culminar mis estudios universitarios; por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más

A mi familia, lo más valioso que Dios me ha dado, quienes nunca han dejado de creer en mí, siempre aconsejándome y dándome siempre su apoyo incondicional. - No puede el buen árbol dar malos frutos, ni el árbol malo dar frutos buenos. San Mateo 7:18.

A mis amigos, “mis personas” en este mundo, que gracias al equipo que formamos durante esta etapa de nuestras vidas logramos llegar hasta el final del camino.

A mí misma, por haber tenido la fuerza necesaria para enfrentarme a todos los obstáculos que se presentaron durante el camino.

Bienaventurado el hombre que halla la sabiduría, y que obtiene la inteligencia.

Proverbio 3:13

Katherine Ivette Bravo Moreira

DEDICATORIA

Dios no hubiera dado la capacidad de soñar sin dar también la posibilidad de convertir los sueños en realidad, este trabajo se lo dedico a él por brindarme la fuerza suficiente para cumplir esta meta tan importante para mí como es la obtención de mi título profesional, a pesar de las adversidades no me dejo desfallecer, siempre en cada paso que daba primero estaba él.

A mi madre, la compañera fiel que estuvo dándome sus palabras de aliento aun cuando sentía que no podía continuar, a esa mujer que con su sonrisa me hacía sentir que todo valdría la pena y que me enseñó el verdadero valor de las cosas y que todo es posible si uno se lo propone, no siendo solo mi madre sino mi ángel terrenal.

Dicen que la familia no se escoge sin embargo juegan un papel muy importante en la vida de cada persona, es por ello que no podría dejar de mencionar el apoyo que recibí a lo largo de mi vida universitaria, siempre en los buenos y malos momentos se mantuvieron pendientes de una u otra manera y me motivaron a seguir adelante.

Ayrton Ruben Garzon Moreno

CONTENIDO GENERAL

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES.....	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema.....	1
1.2. Justificación	2
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Hipótesis	3
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	4
2.1. Carbón activado procedente de residuos agroindustriales	4
2.1.1. Estudios realizados sobre la obtención de carbón activado procedente de diferentes residuos agroindustriales.....	6
2.2. Tratamiento de aguas mediante carbón activado	10
2.3. Filtros de carbón activado para agua	11
2.4. Parametros de diseño del filtro.....	13
2.5. Características físicas del agua.....	14
2.6. Agua sintética	16
2.7. Métodos estadísticos	16
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO	17
3.1. Ubicación	17
3.2. Duración del trabajo	17
3.3. Factor en estudio	17
3.4. Tratamientos	17
3.5. Diseño experimental	18
3.5.1. Esquema de análisis de varianza	18
3.6. Unidad experimental	18
3.7. Variables a medir	19
3.7.1. Variable independiente	19
3.7.2. Variable dependiente.....	19
3.8. Análisis estadístico.....	19
3.9. Procedimiento	19
Fase I. Obtención de carbón activado procedente de residuo agroindustrial del coco.....	20

Fase II. Aplicación de diferentes volúmenes de carbón activado en filtros para el tratamiento del agua	21
Fase III. Análisis de la factibilidad económica del tratamiento con mejor eficiencia.....	23
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
4.1. Obtención de carbón activado procedente de residuo agroindustrial del coco.....	24
4.1.1. Recolección de residuo agroindustrial de coco	24
4.1.2. Elaboración de carbón activado.....	24
4.2. Aplicación de diferentes volúmenes de carbón activado en filtros	26
4.2.1. Diseño de filtros.....	26
4.2.2. Aplicación del diseño completamente aleatorizado (DCA).....	28
4.2.3. Análisis de los factores físicos a todas las muestras de agua de los tratamientos.....	29
4.2.4. Porcentaje de remoción.....	30
4.2.5. Eficiencia de remoción.....	34
4.3. Análisis de la factibilidad económica del tratamiento con mejor eficiencia	37
4.3.1. Método costo de producción.....	37
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	40
5.1. Conclusiones	40
5.2. Recomendaciones	40
Bibliografía	42
Anexos.....	50

CONTENIDO DE CUADROS, GRÁFICOS Y FIGURAS

CUADROS

2.1. Datos básicos de diseño	14
2.2. Límites máximos permisibles de los parámetros para agua potable.....	15
3.1. Características de ubicación	17
3.2. Combinaciones de los niveles	17
3.3. Condicionamiento del agua	17
3.4. Tratamientos	18
3.5. Delineamiento experimental	18
3.6. Análisis de varianza	18
3.7. Descripción de las unidades experimentales.....	18
3.8. Indicadores	19
3.9. Métodos a utilizar	22
4.1. Punto de recolección de residuo de coco (<i>cocus nucifera</i>).....	24
4.2. Descripción del proceso de elaboración del carbón activado	25
4.3. Cantidades de carbón activado	26
4.4. Dimensionamiento del filtro	26
4.5. Resultados de los análisis físicos del agua sintética.	29
4.6. Resultados de los análisis físicos del agua sintética tratada	29
4.7. Promedios de los tratamientos	30
4.8. Promedios de remoción de parámetros (%)	34
4.9. Eficiencia de remoción del tratamiento 1	35
4.10. Eficiencia de remoción del tratamiento 2	35
4.11. Eficiencia de remoción del tratamiento 3	36
4.12. Costo de materia prima	37
4.13. Costo de mano de obra	37
4.14. Gastos de producción	38

GRÁFICOS

4.1. Porcentaje del promedio final de remoción de cloro libre residual	31
4.2. Porcentaje del promedio final de remoción de sólidos suspendidos	31
4.3. Porcentaje del promedio final de remoción de turbidez	32
4.4. Porcentaje del promedio final de remoción de color	33
4.5. Promedio final de variación de pH.....	34
4.6. Porcentaje de remoción del tratamiento 1	35
4.7. Porcentaje de remoción del tratamiento 2	36
4.8. Porcentaje de remoción del tratamiento 3	36

FIGURAS

4.1. Ubicación satelital	24
4.2. Proceso de la elaboración de carbón activado	25
4.3. Diseño del filtro	27
4.4. Unidades experimentales acoplados a un soporte metálico	27
4.5. Unidades experimentales con los tratamientos correspondientes	28
4.6. Homogeneidad del agua sintética	28
4.7. Prototipo del filtro con mejor eficiencia	39

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo evaluar la eficiencia del carbón activado procedente del residuo agroindustrial de coco en la remoción de contaminantes en agua. Se utilizó cascara de coco proveniente del sitio Pimpiguasi, cantón Portoviejo, para la elaboración de carbón activado mediante activación física a una temperatura de 700°C por una hora. Como resultado en la elaboración de carbón activado se obtuvo 823,5g, de los cuales se usó 525g en las unidades experimentales. El esquema experimental aplicado fue un diseño completamente aleatorizado con tres tratamientos y tres repeticiones de 100, 50 y 25 gramos de carbón activado filtrando un litro de agua sintética compuesta con 1g de suelo limoso y 0,0025g de cloro, se elaboraron nueve filtros como unidades experimentales. Se efectuaron análisis físicos al agua: sólidos suspendidos, cloro libre residual, turbidez, color y pH. Los porcentajes de remoción resultantes de los parámetros evaluados fueron procesados en el software estadístico InfoStat versión 2016, para realizar el análisis de varianza y prueba de Tukey. Los parámetros de cloro libre residual y sólidos suspendidos presentaron diferencias significativas, contrario al pH; sin embargo, la turbidez y color presentan tanto diferencias como similitudes significativas entre los tratamientos, proyectando al tratamiento 3 de 100g de carbón activado como el más eficiente (75,68%) en la remoción de contaminantes del agua. Se estudió la factibilidad económica del tratamiento con mejor eficiencia mediante el método de costo de producción; estableciendo un precio de \$23,26 dólares por el tratamiento, que incluye construcción del filtro y elaboración de carbón activado.

PALABRAS CLAVE

Residuo agroindustrial, endocarpio de coco, adsorción, agua sintética, filtración.

ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the efficiency of the activated carbon from the agroindustrial residue of coconut in the removal of contaminants in water. Coconut shell from the Pimpiguasi site, Portoviejo, was used for the production of activated carbon by physical activation at a temperature of 700°C for one hour. As a result, 823.5g was obtained in the production of activated charcoal, of which 525g was used in the experimental units. The experimental scheme was a completely randomized design with three treatments and three replicates of 100, 50 and 25 grams of activated carbon filtering one liter of synthetic water composed of 1g of silty soil and 0.0025g of chlorine, nine filters were made as units Experimental. Physical analyzes were performed on water: suspended solids, residual free chlorine, turbidity, color and pH. The percentages of removal resulting from the evaluated parameters were processed in the statistical software InfoStat version 2016, to perform the analysis of variance and Tukey test. The parameters of residual free chlorine and suspended solids presented significant differences, contrary to pH; However, turbidity and color present both differences and significant similarities between treatments, projecting treatment of 100g of activated carbon as the most efficient (75.68%) in the removal of contaminants from the water. The economic feasibility of the treatment with better efficiency was studied by means of the method of cost of production; establishing a price of \$ 23.26 per treatment, which includes filter construction and activated carbon processing.

KEY WORDS

Agroindustrial waste, coconut endocarp, adsorption, synthetic water, filtration.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El agua es uno de los recursos naturales fundamentales y básicos en que se apoya el desarrollo, junto con el aire, la tierra y la energía, debido a que es el compuesto químico más abundante del planeta y resulta indispensable para el desarrollo de la vida, ya que constituye del 50 al 90% de la masa de los organismos vivos (Vera, 2007). El IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2007) manifiesta que el agua encontrada en estado natural presenta sustancias disueltas y en suspensión, estas sustancias pueden causar contaminación y limitar su uso. Según Barrenechea (s.f.) a través del ciclo del agua, la naturaleza trabaja para remover los contaminantes, sin embargo, no tiene la capacidad suficiente para eliminar todas las sustancias y contaminantes que se vierten en ella (Vera, 2007).

En la provincia de Manabí, el agua se caracteriza por tener rápidos cambios de calidad, sobre todo durante la época de lluvias, ya que en ésta se presentan incrementos en la turbiedad y otras sustancias orgánicas e inorgánicas comunes de la zona, debido al lavado y arrastre de los suelos (Yungán, 2011); en muchos casos el agua es consumida sin el debido tratamiento, por lo que expone a las personas a contraer diversas enfermedades que ponen en riesgo a la población.

Uno de los procesos de tratamiento de agua es la filtración, que consiste en separar contaminantes comunes del agua, a través de un medio poroso por el cual el líquido puede penetrar fácilmente (Bastidas, 2012). Aunque los filtros biológicos son técnicas empleadas desde la antigüedad, en la actualidad las técnicas empleadas se basan en la utilización de nuevos materiales que reemplazan a los usados en los medios granulares tradicionales, mejorando así su competencia frente a otras alternativas de tratamiento. Las variaciones que podrían hacerse al proceso evidencian un tema poco explorado a nivel mundial constituyéndose en un estudio novedoso.

El uso de los materiales filtrantes como el carbón se pierde en el proceso de depuración, de forma que es prácticamente imposible determinar con exactitud

cuando el hombre comenzó a utilizarlos. Lo cierto es que antes del uso de lo que en la actualidad denominamos carbones activos, es decir carbones con una estructura porosa altamente desarrollada, ya se empleó como adsorbente el carbón vegetal, o simplemente maderas parcialmente desvolatilizadas o quemadas (Blacio y Palacios, 2011).

El alcance de este tratamiento es, reducir la concentración de contaminantes en agua de manera que este pueda mejorar su calidad.

Por lo expuesto anteriormente, los investigadores formulan la siguiente interrogante: ¿Cuál es la eficiencia de remoción de contaminantes en agua mediante el uso de carbón activado procedente de residuo agroindustrial de coco?

1.2. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación tiene la finalidad de probar que tan eficiente es el carbón activado procedente del residuo agroindustrial de coco, en la remoción de contaminantes en el agua. La cáscara de coco es un residuo lignocelulósico procedente de la agroindustria, mediante el cual se puede obtener carbón activado de excelentes características para el mejoramiento de la calidad del recurso hídrico.

En el sitio Pimpiguasi los residuos de coco son un material abundante, sin costo o de muy bajo costo; por lo que adquirirlos no representaría un problema; los desperdicios del coco (cáscara) pueden ser considerados como un medio de soporte apropiado para filtros en mejoramiento de calidad de aguas, debido a que posee condiciones óptimas como: gran superficie específica para adherencia de microorganismos; alto porcentaje de vacíos (83%) que facilitan el flujo; bajo peso específico que permite que las infraestructuras de contención sean menos complejas y, vida útil prolongada (Burgos y Jaramillo, 2015); el carbón activado es un agente purificador de gases y líquidos, porque está científicamente comprobado que retienen contaminantes orgánicos, incluyendo los que dan sabor, olor y color (Lehner, 2010).

El proyecto se encuentra enmarcado en el objetivo 7 del Plan Nacional del Buen Vivir 2013 – 2017, que habla de “Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental, territorial y global”, porque en este trabajo se busca elaborar carbón activado a partir de un recurso considerado en el país como residuo, tal es el caso de la cáscara de coco, con el que se pretende probar la eficiencia de éste carbón en la remoción de contaminantes presentes en el agua, lo cual, brindará una alternativa para el aprovechamiento de éste residuo, promoverá la sostenibilidad ambiental y además permitirá saber que tan bueno es el mismo para mejorar la calidad del agua potable.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la eficiencia del carbón activado procedente del residuo agroindustrial de coco en la remoción de contaminantes en agua.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obtener carbón activado procedente de residuos de coco.
- Experimentar con diferentes volúmenes de carbón activado la remoción de contaminantes.
- Analizar la factibilidad económica del tratamiento con mejor eficiencia.

1.4. HIPÓTESIS

Al menos uno de los tratamientos tiene una alta eficiencia en la remoción de contaminantes en agua.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. CARBÓN ACTIVADO PROCEDENTE DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES

Según Saval (2012) los residuos agroindustriales se generan a partir del consumo directo de productos primarios o de su industrialización; siendo aptas al aprovechamiento o transformación para dar inicio a otra materia prima (Ramírez, 2012). Pero si no son procesados de forma adecuada, generan problemas medioambientales.

La dificultad que enfrentan estos residuos es su eliminación esta supone un problema de gestión para las empresas productoras (Romero *et al.*, 2007), debido a la falta capacidad tecnológica y recursos económicos para darles un destino (Cuellar y Díaz, 2016) y como resultado de la baja conciencia ambiental su disposición final es junto con la basura en los rellenos sanitarios (Yepes *et al.*, 2008).

Por su parte, Barragán *et al.*, (2008) manifiesta que la utilización de residuos agroindustriales tiene incidencia en la conservación de la calidad del ambiente al considerar el desarrollo de métodos orientados hacia una alternativa sustentable de los mismos (Saval, 2012).

Según Prías *et al.*, (2015) el carbón activado es un material carbonoso con estructuras y propiedades similares al grafito; posee una estructura cristalina retículas, es considerablemente poroso y puede desarrollar áreas superficiales de 500 m² hasta mayores de 1500 m² por gramo de carbón, esto depende de la materia prima y proceso de activación (Sánchez *et al.*, 2014). Los carbones activados aportan en las tareas de reducción de emisiones al permitir la limpieza y separación de componentes en los flujos líquidos y gaseosos (Paredes, 2011).

Las principales características de este material están determinadas por sus propiedades como es el potencial de adsorción (Gómez *et al.*, 2010) la cuál es la responsable de purificar, deodorizar y declorar el agua u otros líquidos o gases que se encuentran en contacto con este material adsorbente, esta propiedad

física queda determinada por la misma estructura, forma y distribución de la porosidad (Prías *et al.*, 2015) y otras condiciones relacionadas con la propiedad química de las superficies de los carbones activados. Su utilización como regulador permite realizar procesos químicos bajo condiciones óptimas de operación ambiental (Callewaert, 2014).

Según la IUPAC (Unión Internacional de Química Pura y Aplicada) se diferencian tres tipos de poros:

- Micro poros: menores a 2 nm
- Meso poros: entre 2 y 50 nm
- Macro poros: entre 50 y 100000 nm

El carbón activado puede fabricarse a partir de cualquier tipo de carbón, madera, lignitos y cascaras de diversos frutos (Manals *et al.*, 2016); estas materias primas deben tener propiedades adecuadas de porosidad y niveles de dureza altos, para transformarse en carbón activado, el rendimiento suele estar entre 0,25 y 0,5 kg de carbón activado por kilo de carbón. Los carbones activados se encuentran en diferentes formas. Las más comunes son en la forma granular y en polvo (Gómez *et al.*, 2010).

Para el proceso de activación, existen dos tipos:

- Activación física o activación térmica
- Activación química o deshidratación química

La activación física involucra dos pasos; si se utiliza material de origen orgánico requiere la carbonización, esta utiliza temperaturas entre 400 a 850°C, si se trabaja con algún carbón mineral no necesita ser carbonizado (Navarro y Vargas, 2010). El carbón resultante se somete a temperaturas cercanas a 1000°C, en una atmosfera inerte (Burgos y Jaramillo, 2015), casi siempre saturada con dióxido de carbono, vapor de agua, aire o mezclas de ellos (Gómez *et al.*, 2010). El grado de activación depende de la temperatura, la composición de los gases, el tiempo de residencia.

La activación química suele aplicarse a materiales orgánicos que están constituidos por moléculas de celulosas. La carbonización y la activación se realizan de forma sincronizada (Paredes, 2011). Para Prías *et al.*, (2015) consiste en deshidratar la materia prima mediante la acción de un agente reactivo, los más utilizados son el ácido fosfórico, cloruro de zinc o carbonato de potasio y carbonizar el material deshidratado a baja temperatura entre 500 y 600°C, obteniendo una estructura porosa. Sucesivamente el producto resultante se lava, con el objeto de dejarlo libre del químico usado. El grado de activación puede variar de acuerdo con la concentración del químico deshidratante utilizado (TESACUA, 2015).

2.1.1. ESTUDIOS REALIZADOS SOBRE LA OBTENCIÓN DE CARBÓN ACTIVADO PROCEDENTE DE DIFERENTES RESIDUOS AGROINDUSTRIALES

Para Manals *et al.* (2016) los residuos agroindustriales tienen un alto contenido de material lignocelulósico, son de bajo costo y se producen en grandes cantidades (Carriazo *et al.*, 2010), por lo que pueden ser una fuente importante para la obtención de materiales adsorbentes como el carbón activado. Además, el uso de este tipo de precursores permite la obtención de carbones activados con porosidad variada dependiendo de las condiciones de preparación, como temperatura y tiempo de activación (Vargas *et al.*, 2008).

Para la preparación de carbones activados el material es calcinado (carbonización) y luego sometido al proceso de activación, lo cual conduce a aumentar la porosidad y la capacidad de adsorción del material carbonizado mediante tratamientos de oxidación de los grupos funcionales de la superficie del sólido. Existen numerosos estudios sobre la obtención del carbón activado procedente de diferentes residuos agroindustriales. Como, por ejemplo, se han preparado carbones activados a partir del bagazo de caña de azúcar, cáscara de coco, cáscara de cacao, cáscara de naranja, entre otros más. A continuación, se realiza una descripción de algunos de ellos:

Carrillo y Sánchez (2013) en su investigación proponen la elaboración de un filtro a base de carbón activado obtenido mediante la carbonización del endocarpio del coco con el fin de verificar si este es capaz de reducir la concentración de compuestos minerales (cloro, calcio y magnesio) presentes en el agua potable.

Se describe la metodología utilizada para elaborar carbón activado:

- a) Colocar los endocarpios de coco al sol el tiempo necesario para que sequen y pierdan humedad para que posteriormente puedan carbonizarse.
- b) En una bandeja de aluminio colocar los endocarpios de coco desecados.
- c) Colocar al fuego los endocarpios desecados hasta su carbonización en un sitio adecuado
- d) Cuando estén completamente carbonizados y antes que el fuego consuma en cenizas lo que se tiene en la bandeja se rociara con agua desmineralizada utilizando una piseta hasta dejarlo en brasas.
- e) Esperar a que se enfrié (15-20 minutos) y seleccionar los trozos de carbón.
- f) Carbonizar el carbón en mufla a 800°C durante una hora para su activación.
- g) Pulverizar en mortero con pistilo el carbón hasta el tamaño de granulo adecuado

En la investigación realizada por Burgos y Jaramillo (2015) el objetivo fue aprovechar los residuos de las cáscaras de cacao y coco provenientes del cantón Milagro, provincia del Guayas, para la obtención de carbón activado. A continuación, se detalla la metodología usada para la obtención del carbón activado; cabe destacar que en ambas materias primas se utilizó el mismo procedimiento.

- a) Las materias primas (cáscara de cacao y coco) se recolectaron aleatoriamente, inmediatamente se pesó cada una de ellas (húmeda) y posteriormente se procedió a secar la cáscara de coco y cacao a 60°C por 72 horas para deshidratarle y retirar la humedad. Luego, para disminuir el tamaño de las muestras, la cáscara de cacao se picó

finamente hasta pasar por un tamiz de malla de 4,0 mm; la cáscara de coco se molió con un molino de martillo. Luego se procedió a pasarla por un tamiz de malla de 4,0 mm.

- b) Para la activación física se introdujeron 500g de cáscaras de coco y cacao en cápsulas de porcelanas cerradas con papel aluminio, variando tiempo (90 minutos, 120 minutos, 150 minutos) y temperatura (150°C, 200°C, 250°C), esto se hizo para determinar las mejores condiciones al obtener carbón activado.
- c) El material obtenido se trató a 500°C por 1 hora en una mufla con el fin de retirar materiales volátiles y el agua que no reaccionó en la etapa anterior.
- d) Posteriormente, se sometieron las muestras a reducción de tamaño con mortero hasta lograr que el material pase por un tamiz de abertura de 0,013 pulgadas (0,39 mm).
- e) Para retirar el residuo de lignina contenido en las cáscaras de cacao y coco se realizó un lavado con agua destilada, se utilizó una bomba, una fiola, embudo y papel filtro, hasta que el agua de lavado no presente coloración.
- f) Una vez culminada la etapa de lavado, el material se llevó a un horno precalentado a 150 °C durante dos horas para secarlo y obtener finalmente el adsorbente (se debe tomar en cuenta que el agua del lavado de ambos carbones activados debe salir transparente, por lo que no se realizaron la misma cantidad de lavados para los materiales).

Finalmente, Burgos y Jaramillo (2015) determinaron que, para obtener la carbonización total para ambas materias primas, las mejores condiciones de tratamiento fueron a 200°C por 120 minutos. El rendimiento del carbón activado, partiendo de 500g en peso seco de cada una es de 36.8% a partir de la cáscara de coco y de 30% a partir de la cáscara de cacao.

En la investigación realizada por Solís *et al.*, (2012) denominada “Obtención de carbón activado a partir de residuos agroindustriales y su evaluación en la remoción de color del jugo de caña”, se utilizaron tres residuos agroindustriales (cáscara de naranja, cascarilla de café y bagazo de caña de azúcar) para la elaboración de carbón activado, mediante activación física y activación química

con ácido fosfórico. A continuación, se relata la metodología utilizada para la elaboración del carbón activado:

- Para la activación física se tomaron muestras secas de 20g de cada uno de los residuos agroindustriales, luego se colocaron en cápsulas de porcelana y se carbonizaron en una mufla a temperatura de 600°C, con tiempos de tratamiento de un minuto por cada gramo de muestra. Las muestras así tratadas y una vez equilibradas térmicamente con la temperatura ambiente, se pulverizaron en mortero, se depositaron en bolsas de polietileno, para posteriormente ser almacenadas bajo condiciones de refrigeración hasta su uso.
- En la activación química se pesó la misma cantidad de muestra seca (20 g) y se adicionaron 150 mL de ácido fosfórico al 20 ó 40%. Para la activación, el material impregnado se dejó 16 horas en contacto, y luego se carbonizó la muestra en mufla eléctrica a 500 °C durante una hora. El material carbonizado obtenido se dejó enfriar a temperatura ambiente y fue lavado varias veces con suficiente agua destilada caliente (70-80°C) y solución alcalina de NaOH 0.1 mol/L hasta ajustar su pH entre 6.5 y 7. Consecutivamente, el carbón activado se colocó a 110°C en una estufa por un lapso de 48 horas para remover la humedad presente. Finalmente, se pulverizó en un mortero con pistilo y se almacenó en un frasco de plástico con tapa hasta el día de su utilización.
- Activación química (ácido fosfórico al 85%), se añadió 1 mL de ácido por cada gramo de muestra y el residuo impregnado se calentó en una parrilla eléctrica a una temperatura de 120°C durante 24 horas. A continuación, las muestras así tratadas se enjuagaron con agua destilada para retirar los residuos del ácido y se siguió el mismo procedimiento citado anteriormente.

Finalmente, Solís *et al.*, (2012) en su investigación concluyó con que, los carbones activados químicamente produjeron mayores rendimientos a partir de los tres residuos estudiados, siendo los carbones activados de cascarilla de café y de bagazo de caña los que presentaron mayor eficacia en la remoción. El primero logró adsorber hasta el 86.1% del color del guarapo y hasta el 82.1% del

jugo claro y, el segundo, hasta el 98.2% y el 77% del color de dichos jugos, respectivamente.

2.2. TRATAMIENTO DE AGUAS MEDIANTE CARBÓN ACTIVADO

Se realiza el tratamiento con el objeto fundamental de optimizar la calidad física, química y bacteriológica del agua procedente de los puntos de toma (Flores, 2014), a fin de entregarla al consumo, apta, inocua y aprovechable para el hombre, animales, agricultura e industrias y cuyo tratamiento debe incidir en los siguientes aspectos básicos (Orellana, 2005):

HIGIENE.- Eliminar o reducir del agua las bacterias, protozoos, quistes, parásitos y en especial aquellos que son patológicos para el hombre. Reducir la excesiva mineralización o materias orgánicas que pueden originar trastornos fisiológicos de diferente orden y agregar sustancias que aminores o reducen el desarrollo de ciertos trastornos orgánicos propios de los consumidores.

ESTÉTICO.- Hay factores físicos característicos de las aguas tales como color, olor, turbiedad y sabor, que son los que más impresiona al público consumidor, y aunque no constituyen un problema que afecte la salud pública, deben reducirse su concentración para que el público no las rechace.

ECONÓMICO.- Efecto corrosivo del agua hace que las cañerías tengan menor vida útil. La dureza ocasiona mayor consumo de jabón, obstruye los sistemas de calefacción, tuberías y cuerpos de calderas y forma una gruesa costra calcárea en los útiles de cocina (Flores, 2014).

El tratamiento con carbón activado provee mejoras simultáneas a la calidad del agua. Como agente reductor, elimina los desinfectantes residuales, tales como el cloro, ozono y peróxido de hidrógeno a través de reacciones químicas (Chemviron Carbon, 2016). Los beneficios demostrados en el tratamiento del agua han hecho que esta aplicación acapare el sector mercantil (PEDIAMÉCUM, 2015).

2.3. FILTROS DE CARBÓN ACTIVADO PARA AGUA

Las nuevas tecnologías pretenden desarrollar sistemas de tratamiento filtros con carbón activado que no solamente sirvan para la remoción de metales pesados sino para la remoción de otros contaminantes, tales como los compuestos orgánicos que muchas veces constituyen una parte importante de los efluentes líquidos (Reyes *et al.*, 2006).

Se puede diferenciar dos tipos básicos de filtro de agua:

FILTROS DE PARTÍCULAS.- estos son los que separan las partículas que se encuentran presentes en el agua por su tamaño su función es como un tamiz en miniatura.

FILTROS ADSORTIVOS/REACTIVOS.- estos contienen un material que puede adsorber el contaminante dentro del agua.

Los filtros de carbón activado pertenecen al tipo de filtros adsortivos, ya que al momento de usar el contaminante que se desea filtrar es atrapado y retenido en los poros de las partículas de carbón (PROWATER Argentina. s.f.). Según Estrada (2011) los filtros de carbón activado se usan constantemente como parte de un sistema de extracción y tratamiento para limpiar aguas subterráneas, de río, lago, pozo, manantial, aguas municipales o agua salobre.

Generalmente los filtros de carbón activado se utilizan para purificar agua, cumpliendo una función de potabilizador casero, suelen estar compuestos por carbón activo granular que tiene partículas de entre 0,595 y 2,38 mm (TESACUA, 2015) instalados dentro de un armazón. Además, se colocan otro tipo de materiales antes del carbón, para retener sólidos de un diámetro mayor. El agua que entra y pasa por el filtro puede ser testado periódicamente para indicar si el sistema de tratamiento funciona perfectamente (Ministerio de Salud Pública República de Guatemala, 2002).

Los filtros de tratamiento pueden estar instalados en el punto del uso o en el punto de entrada, se recomienda el tratamiento del agua en el punto de entrada

en su domicilio para eliminar los COV para todo tipo de uso, sea para beber, cocinar, limpiar, o bañarse libre de toda contaminación (TESACUA, 2015).

Para el Centro de Tecnologías Accesibles de Agua y Saneamiento (2008), CAWST por sus siglas en inglés, los filtros con partículas más pequeñas de carbón activo tienen una mejor tasa de adsorción. Por otro lado, la temperatura y acidez del agua que se filtra puede afectar en el rendimiento del filtro de carbón activado. Los tamaños de poros del carbón activado y de las partículas a filtrar influyen en la vida útil y capacidad de filtración del filtro (Pilamonta, 2013). Una vez que se ha saturado un filtro de carbón activado, el agua que pase, saldrá más contaminada que antes.

Los filtros de carbón activado eliminan los compuestos orgánicos volátiles (VOC), los pesticidas y herbicidas, los compuestos con tricalometano, radón, los solventes y otros productos hechos por el hombre y que encontramos en las aguas (Salas *et al.*, 2016).

En la investigación de Suárez (2014) para el dimensionamiento de los filtros de carbón activado se determina la capacidad de carbón activado necesaria para reducir la concentración de sólidos suspendidos. Con la cantidad de carbón activado calculada se determina el volumen que ocuparía en el filtro. Para determinar el área de filtración y diámetro del filtro se utilizan las siguientes ecuaciones. Además, se calcula la altura del filtro con la ecuación.

$$A = \frac{V_{ca}}{h} \quad [2.1] \quad D = \sqrt{\frac{4 \times V}{\pi}} \quad [2.2] \quad H = 3 \times h \quad [2.3]$$

Dónde:

- V_{ca} : Volumen de carbón activado (m^3)
- A : Área de filtración (m^2)
- h : Altura del lecho de carbón activado (m)
- D : Diámetro del filtro (m)
- H : Altura del filtro (m)

2.4. PARÁMETROS DE DISEÑO DEL FILTRO

Según Cecen y Aktas (2011) los principales parámetros de diseño de un sistema de filtración son el tiempo de contacto y velocidad lineal.

Por su parte, Noboa (2008) y TecamySer (2016) concuerdan en que se deben utilizar tiempos de contacto entre 8 y 12 minutos; mientras Cecen y Aktas (2011) consideran que el tiempo de contacto superficial es típicamente entre 6 y 30 minutos. El tiempo de contacto se ve afectado por el volumen del filtro (Pérez *et al.*, 2004), ya que al variar el volumen del carbón activado varía la tasa de flujo y por lo consiguiente el tiempo de contacto se verá alterado (Centrone, 2006).

$$T_C = \frac{V_{CA}}{t_f} \quad [2.4]$$

Dónde:

- T_C = tiempo de contacto (min)
- V_{CA} = volumen del carbón activado (m^3)
- t_f = tasa de flujo ($\frac{m^3}{h}$)

Según Hendricks (2011) es el valor de diseño típico de velocidad lineal varía entre 5 y 20 m/h.

$$v_l = \frac{t_f}{A_s} \quad [2.5]$$

Dónde:

- v_l = velocidad lineal ($\frac{m}{h}$)
- t_f = tasa de flujo ($\frac{m^3}{h}$)
- A_s = area superficial (m^2)

Cuadro 2.1. Datos básicos de diseño

PARÁMETRO	CANTIDAD	UNIDAD
Velocidad lineal	2-8	m / h
Tiempo de contacto	10 -30	min
Diámetro	50 a 300	cm
Área de filtración	0,2 – 7	m ²
Caudales	0,01 a 100	m ³ / h
Materiales del buque	-----	Acero inoxidable
Profundidad del lecho	1 a 10	m
Medios de filtración	Carbón activado granular	g
Renovación	1 – 32	Semana

Fuente: Lenntech B.V., 2016.

2.5. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGUA

Las características físicas del agua, tienen directa ocurrencia sobre las condiciones estéticas y de aceptabilidad del líquido (Neira, 2006).

Se consideran importantes las siguientes:

- Turbiedad
- Sólidos solubles e insolubles
- Color
- Olor y sabor
- Temperatura
- pH

Para el monitoreo de la investigación, se detallan los siguientes parámetros:

La revista AMBIENTUM (2002) afirma que el cloro es el agente más utilizado para la desinfección del agua para consumo humano, ya que es oxidante, responsable de la destrucción de los agentes patógenos y numerosos compuestos causantes de malos sabores. Sin embargo, según Estupiñan y Ávila (2010) la cloración trae como consecuencia que el agua presente concentraciones de cloro residual libre, que se encuentra como una combinación

de hipoclorito y ácido hipocloroso, en una proporción que varía en función del pH.

Los sólidos suspendidos se encuentran en el agua sin estar disueltos (Barrenechea, s.f.), su determinación es dificultosa, es por eso que se calcula teniendo en cuenta la cantidad de sólidos no sedimentables y sólidos suspendidos y realizando diferencias en las mismas (Murillo, 2009).

La turbidez es una medida de la claridad de un cuerpo de agua. La causa de la turbidez se debe por partículas suspendidas en el agua como tierra, sedimentos, plancton, etc. La tierra puede llegar al agua por la erosión o el escurrimiento de tierras cercanas (Rodríguez *et al.*, 2007). Los sedimentos pueden ser revueltos por demasiada actividad en el agua, ya sea por parte de los peces o los humanos.

De acuerdo con RED MAPSA (Red de Monitoreo Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos, 2007) el color del agua depende tanto de las sustancias que se encuentren disueltas, como de las partículas que se encuentren suspendidas. Se diferencia dos tipos color verdadero el cual comprende el agua y las sustancias disueltas, mientras que el color aparente incluye las partículas suspendidas. Para la determinación del color verdadero (Barrenechea, s.f.).

Para la EPA (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2016) el pH del agua es una medida de su acidez, y mantiene estrictos estándares para los niveles de pH adecuadas en el agua potable. Puede variar entre 0 y 14. Cuando es mayor de 7, es una sustancia básica; si es menor a 7, es una sustancia ácida.

Cuadro 2.2. Límites máximos permisibles de los parámetros para agua potable

AGUA POTABLE		
PARÁMETRO	UNIDADES	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Cloro libre residual	mg/L	0,3 – 1,5
Sólidos suspendidos	mg/L	60
Turbidez	UNT	5
Color	UCV escala Pt/Co	15
pH	Unidades de pH	6,5 – 8,5

Fuente: INEN, 2014 y CONAGUA, 2014.

2.6. AGUA SINTÉTICA

Para Mendoza *et al.*, (2008) el agua sintética es agua preparada a nivel de laboratorio, en la preparación de esta se utiliza agua destilada obtenida del destilador, previamente esterilizada (Fernández *et al.*, 2008), a la cual se agrega diferentes sustancias, satisfaciendo así ciertos niveles necesarios para los estudios; este tipo de agua es utilizada a nivel experimental (Fuentes *et al.*, 2008).

En la investigación de Guevara (2010) sobre Biorremoción de cromo en agua sintética por dos inóculos bacterianos nativos compuestos, a escala de laboratorio; el agua sintética utilizada es agua destilada con cromato de potasio (K_2CrO_4) y ácido clorhídrico (HCl) para regular el pH. Por el contrario, Soto *et al.*, (2006) para el estudio de Optimización del Proceso de Remoción de Metales Pesados de Agua Residual de la Industria Galvánica por Precipitación Química utilizó agua preparada en el laboratorio, alterada con sosa para ajustar el pH y cloruro férrico como aditivo coagulante.

2.7. MÉTODOS ESTADÍSTICOS

Según Badii *et al.*, (2007) un diseño experimental es un esquema de cómo realizar un experimento; donde al menos se manipula una variable y las unidades son asignadas aleatoriamente a los distintos niveles o categorías de la variable o variables manipuladas. El objetivo fundamental de los diseños experimentales radica en determinar si existe una diferencia significativa entre los diferentes tratamientos del experimento y en caso que la respuesta es afirmativa, cuál sería la magnitud de esta diferencia (Pagano, 2011).

En todos los diseños las unidades experimentales se clasifican por tratamientos; pero en algunos, estos se clasifican preferentemente en bloques, filas, parcelas principales y otras modalidades. Para Peña (2002) el diseño completamente al azar es el más sencillo de aplicar en las unidades experimentales, debido a que estas unidades deben cumplir parámetros de homogeneidad, teniendo en cuenta el material con el que es realizado.

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

Cuadro 3.1. Características de ubicación

LABORATORIOS DEL ÁREA AGROINDUSTRIAL DE LA ESPAM "MFL" (fase experimental)	
Latitud Sur	0°49'35.166"
Longitud Oeste	80°11'11.496"

3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO

Esta investigación tuvo una duración de 6 meses, desde octubre 2016.

3.3. FACTOR EN ESTUDIO

El factor en estudio fue la cantidad (g) de carbón activado.

Cuadro 3.2. Combinaciones de los niveles

Nivel	Cantidad (g)	Agua (L)
T ₁	25	1
T ₂	50	1
T ₃	100	1

- * Para evitar que otros contaminantes intervengan en el experimento, el agua utilizada en las unidades experimentales fue agua sintética, es decir al agua destilada obtenida en el laboratorio se agregaron contaminantes como manifiestan (Mendoza *et al.*, 2008) y (Fuentes *et al.*, 2008), en este caso cloro y material sólido (suelo limoso).

Cuadro 3.3. Condicionamiento del agua

Contaminante	Cantidad	Unidades
Cloro	2,5	mg/L
Material sólido (suelo limoso)	1000	mg/L

3.4. TRATAMIENTOS

Se realizaron tres tratamientos; con tres repeticiones, de un total equivalente de 9 unidades experimentales.

Cuadro 3.4. Tratamientos

Nº tratamiento	Factor T
1	T ₁
2	T ₂
3	T ₃

3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

Cuadro 3.5. Delineamiento experimental

Diseño experimental	Diseño Completamente Aleatorizado (DCA)
Número de tratamientos	3
Número de repeticiones	3
	cantidad en g de carbón activado
Niveles	1. 25 g
	2. 50 g
	3. 100 g

3.5.1. ESQUEMA DE ANÁLISIS DE VARIANZA

Cuadro 3.6. Análisis de varianza

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	8
Tratamiento	2
Error Experimental	6

3.6. UNIDAD EXPERIMENTAL

Cuadro 3.7. Descripción de las unidades experimentales

Unidad Experimental	Nomenclatura	Combinaciones	
		Carbón Activado	Agua
X ₁ R ₁	T ₁	25 g	1 L
X ₁ R ₂	T ₂	25 g	1 L
X ₁ R ₃	T ₃	25 g	1 L
X ₂ R ₁	T ₄	50 g	1 L
X ₂ R ₂	T ₅	50 g	1 L
X ₂ R ₃	T ₆	50 g	1 L
X ₃ R ₁	T ₇	100 g	1 L
X ₃ R ₂	T ₈	100 g	1 L
X ₃ R ₃	T ₉	100 g	1 L

3.7. VARIABLES A MEDIR

3.7.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Carbón activado

3.7.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Remoción de contaminantes

3.7.2.1. PARÁMETROS

Cuadro 3.8. Indicadores

Indicadores	Unidades
Cloro libre residual	mg/L
Sólidos suspendidos	mg/L
Turbidez	UNT
Color	UCV escala Pt/Co
pH	Unidades de pH

Fuente: Ministerio de Salud del Perú (2011).

Dónde:

- UNT = Unidad Nefelométrica de turbiedad
- UCV = Unidad de color verdadero

3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizaron dos tipos de análisis estadísticos en InfoStat (versión 2016):

- Análisis de la Varianza de un factor (ANOVA)
- Prueba de Tukey ($p \leq 0,05$)

Se realizó análisis estadístico en Microsoft Excel 2010:

- Gráficos Estadísticos

3.9. PROCEDIMIENTO

El procedimiento de la investigación se desarrolló en base en los objetivos específicos:

FASE I. OBTENCIÓN DE CARBÓN ACTIVADO PROCEDENTE DE RESIDUO AGROINDUSTRIAL DEL COCO

Para la obtención de carbón activado se ejecutaron varias actividades:

Actividad 1. Recolección de residuo agroindustrial de coco de la zona de producción en el sitio Pimpiguasi (georreferenciada).

La recolección del residuo se realizó en el sitio Pimpiguasi debido a que la zona es productora y distribuidora de productos que se elaboran a partir de coco. El punto de recolección fue georreferenciado mediante GPS Garmin Etrex 10.

Actividad 2. Elaboración de carbón activado obtenido a partir de residuo agroindustrial de coco.

Para la elaboración del carbón activado a partir de coco se adaptó la metodología propuesta por Carrillo y Sánchez (2013), aplicando una activación física. A continuación, se presenta el procedimiento con el cual se obtuvo el carbón activado:

- a) Se colocó las cáscaras de coco al sol para que sequen y pierdan humedad.
- b) Luego se procedió a trozar las cáscaras de coco.
- c) Posteriormente se colocaron las cáscaras desecadas (recipiente resistente a altas temperaturas) al fuego, hasta su carbonización.
- d) Cuando se carbonizaron y antes que el fuego consumiera los trozos de cáscara de coco, se colocaron en una bandeja de aluminio para rociarlas con agua desmineralizada utilizando una piseta hasta dejarlo en brasas.
- e) Luego se esperó a que se enfrié (15-20 minutos) y se seleccionó los trozos de carbón óptimos.
- f) Posteriormente se procedió a carbonizar el carbón en la mufla a 700°C durante una hora para su activación.
- g) Se trituro en el mortero con pistilo el carbón para reducir el tamaño.
- h) Después, se tamizó (tamiz de 1,7 mm) el carbón hasta el tamaño de granulo adecuado.
- i) Para finalizar se lavó con agua destilada para remover lignina y se seca en estufa a 150°C.

FASE II. APLICACIÓN DE DIFERENTES VOLÚMENES DE CARBÓN ACTIVADO EN FILTROS PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA

Actividad 3. Diseño de los filtros

En el dimensionamiento de los filtros se aplicó la metodología propuesta por Suárez (2014), donde, se determinó el área de filtración con la ecuación 2.3 y diámetro del filtro con la ecuación 2.4, además se calculó la altura del filtro con la ecuación 2.5. Para la construcción de los filtros se efectuaron los siguientes pasos (Centrone, 2006):

- a) Se perforaron 2 tapas ciegas (3 pulgadas) a un diámetro de $\frac{1}{2}$ pulgada, donde se colocó conector de $\frac{1}{2}$ pulgada a cada tapa, además se cortó el tubo (3 pulgadas) a 25 cm de largo y se colocó en las tapas ciegas perforadas.
- b) La malla se colocó encima del conector ubicado en la parte inferior del filtro para dar forma de coladera, encima de la malla se ubicó la cantidad de carbón activado.
- c) Se colocó un tubo ($\frac{1}{2}$ pulgada) de 25 cm en el conector de la parte superior de la tapa ciega y se colocó un codo en el tubo ($\frac{1}{2}$ pulgada) que está en la parte inferior y encima del tubo ($\frac{1}{2}$ pulgada) de 25 cm.
- d) En la salida de los codos se colocaron tubos ($\frac{1}{2}$ pulgada) de 5 cm con cinta teflón para tener mayor impermeabilidad.
- e) Se colocaron válvulas de $\frac{1}{2}$ pulgada al final cada tubo ($\frac{1}{2}$ pulgada) de 5 cm, después, se colocó otro pedazo de tubo de $\frac{1}{2}$ pulgada en las válvulas.
- f) Luego se colocó un codo en la parte final de cada tubo de $\frac{1}{2}$ pulgada, la salida del codo ubicado en la parte inferior quedó hacia abajo y el codo de la parte superior hacia arriba.
- g) Para construcción del recipiente donde se colocó el agua, se cortó un tubo (4 pulgadas) a 20 cm de largo, además se perforó una tapa ciega (4 pulgadas), se acopló un conector de $\frac{1}{2}$ pulgada y se ensambló el tubo cortado en la tapa.

- h) Finalmente se acopló el codo ubicado en la parte superior al conector de la tapa ciega (4 pulgadas).

El dimensionamiento de los 9 filtros fue homogéneo para que no existan alteraciones durante los tratamientos. Para el montaje de las unidades experimentales se construyó un soporte metálico, el cual, se instaló en la parte trasera de los laboratorios del área agroindustrial.

Actividad 4. Aplicación de diseño completamente Aleatorizado (DCA)

El diseño experimental aplicado es un diseño completamente Aleatorizado, el cual consistió de tres tratamientos con tres repeticiones, dando un total de 9 unidades experimentales. Como unidades experimentales se utilizaron los filtros que se elaboraron en la actividad 3 se colocaron los diferentes niveles de carbón activado elaborado del residuo agroindustrial de coco.

Actividad 5. Análisis de los factores físicos a todas las muestras de agua de los tratamientos

Se realizaron los análisis a una muestra de agua sin tratamiento. Se realizaron los análisis a cada una de las unidades experimentales, los análisis fueron de acuerdo a las especificaciones y procedimientos establecidos por los laboratorios DEPROINSA S.A., (2012) y GRUENTEC CIA. LTDA., (2014) que están debidamente acreditados por la Norma INEN-ISO/IEC, los análisis se realizaron en los laboratorios del área agroindustrial de la ESPAM MFL.

Cuadro 3.9. Métodos a utilizar

Parámetro	Método
Cloro libre residual	S.M. Ed. 22 2012. 4500 Cl G
Sólidos suspendidos	S.M. Ed. 22 2012. 2540 D
Turbidez	S.M. Ed. 22. 2005. 2130 B
Color	S.M. Ed. 22. 2012. 2120 C
pH	S.M. Ed. 22 2012. 4500 H

Fuente: DEPROINSA S.A., 2012 y GRUENTEC Cía. Ltda., 2014.

Actividad 6. Porcentaje de remoción

Para los parámetros seleccionados (cloro libre residual, sólidos suspendidos, turbidez, color), se calculó el porcentaje de remoción de la siguiente forma (Chuchón y Aybar, 2008) y se proyectaron en gráficos estadísticos:

$$\% \text{ Remoción} = \frac{VP_i - VP_f}{VP_i} \times 100 \quad [3.1]$$

Dónde:

- % Remoción
- P_i = Parámetro inicial
- P_f = Parámetro final

Actividad 7. Aplicación de análisis estadísticos

Una vez calculado el porcentaje de remoción, se realizaron los análisis estadísticos; los cuales fueron, análisis de varianza de un factor (ANOVA) y gráficos estadísticos, estos se realizaron con el programa Microsoft Excel.

FASE III. ANÁLISIS DE LA FACTIBILIDAD ECONÓMICA DEL TRATAMIENTO CON MEJOR EFICIENCIA

Actividad 8. Utilización del método costo de producción

Una vez establecido el tratamiento más eficiente, se efectuó un análisis económico del mismo mediante el método costo de producción, para conocer el precio aproximado de un prototipo del filtro.

Para la utilización del método costo de producción se tomaron los gastos efectuados en la elaboración del carbón activado y el diseño del filtro, el método propuesto consideró 3 factores fundamentales de producción (Vinza, 2012):

- Materia prima
- Mano de obra directa
- Gasto de producción

$$CP = (M_p + M_{od} + G_p) \quad [3.2]$$

Dónde:

- CP = Costo de producción
- M_p = Materia prima
- M_{od} = Mano de obra directa
- G_p = Gasto de producción

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. OBTENCIÓN DE CARBÓN ACTIVADO PROCEDENTE DE RESIDUO AGROINDUSTRIAL DEL COCO

4.1.1. RECOLECCIÓN DE RESIDUO AGROINDUSTRIAL DE COCO

Los residuos de coco fueron recolectados en la visita técnica al sitio Pimpiguasi debido a que la zona es productora y distribuidora de productos a partir de coco, el punto de recolección fue el local denominado “Ramada el Bohio”, el mismo que se georreferenció (cuadro 4.1) mediante un GPS marca Garmin Etrex 10; se efectuó un muestreo no probabilístico, donde se hizo una selección aleatoria de cáscaras que a su vez fueron elegidas en función de su accesibilidad y al criterio de los investigadores, en cantidades suficientes, que se usaron como materia prima para la elaboración del carbón activado.

Cuadro 4.1. Punto de recolección de residuo de coco (*Cocos nucifera*)

SITIO PIMPIGUASI (Ramada el Bohio)	
Latitud Sur	0° 5' 70.137"
Longitud Oeste	98° 87' 947"



Figura 4.1. Ubicación satelital

4.1.2. ELABORACIÓN DE CARBÓN ACTIVADO

Los procedimientos que se siguieron para la elaboración del carbón activado se detallan en el cuadro 4.2, es necesario aclarar que los procedimientos (figura

4.2) se ajustaron a los equipos y materiales con los que cuentan los laboratorios del área agroindustrial de la ESPAM MFL.

Cuadro 4.2. Descripción del proceso de elaboración del carbón activado

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
Recepción	Una vez recolectada la materia prima (cascaras de coco) se procedió a separar el endocarpio; que es lo que se utilizó.
Secado	Se colocó las cascaras al sol durante 2 días, por aproximadamente 6 horas diarias, para que sequen y pierdan humedad; luego éstas fueron trozadas para que el proceso de carbonización fuera más uniforme.
Carbonización	Se ubicó las cascaras desecadas en un recipiente (resistentes a altas temperaturas) al fuego, y se removió hasta que se dio la carbonización.
Desmineralización	Se colocaron las cascaras carbonizadas en una bandeja de aluminio y se rociaron con agua desmineralizada hasta dejarlo en brasas, finalmente se dejó enfriar por aproximadamente 15 minutos y se seleccionaron los trozos de carbón con mejores características.
Activación	Los trozos de carbón se introdujeron en la mufla a 700°C durante una hora, y posteriormente se colocó en la desecadora por aproximadamente 30 minutos.
Trituración	Se trituró el carbón activado utilizando un mortero o un molino.
Tamización	El carbón activado triturado se colocó en un tamiz de 1.7 mm para separar las partículas de menor diámetro, y utilizar las de diámetro igual o superior a éste.
Lavado y secado	Para retirar el residuo de ceniza el carbón debió ser lavado con abundante agua destilada, hasta que el agua de lavado no presente coloración, terminada esta etapa el carbón se llevó a un horno precalentado a 150°C (Burgos y Jaramillo, 2015) durante 2 horas para secarlo.

4.1.2.1. FASES PARA ELABORACIÓN DE CARBÓN ACTIVADO

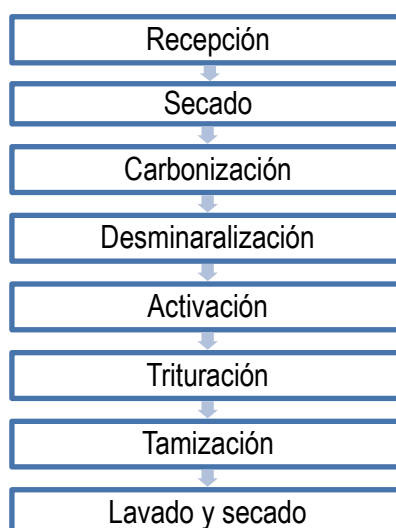


Figura 4.2. Fases de la elaboración de carbón activado

4.1.2.2. RENDIMIENTO DE LA MATERIA PRIMA

El rendimiento se refiere a la cantidad de carbón activado que se obtuvo con respecto al residuo agroindustrial de coco. En el cuadro 4.3 se presenta a detalle la cantidad de residuo de coco que se utilizó, la cantidad de materia carbonizada que se obtuvo y el carbón activado resultante; el rendimiento aproximado entre materia prima y carbón activado, oscila en una relación 3:1, confirmando el rendimiento de 36,8% dado por Burgos y Jaramillo (2015), donde se utilizaron 500g en peso seco de cascara de coco y se obtuvieron 184g de carbón activado.

Cuadro 4.3. Cantidades de carbón activado

ELABORACIÓN DE CARBÓN			
FECHA	CANTIDAD		
	RESIDUO DE COCO	CARBÓN	CARBÓN ACTIVADO
	g	g	g
18-10-2016	518,2	326,4	125,9
24-10-2016	1505,8	948,5	339,1
27-10-2016	1618,3	1019,3	358,5
TOTAL	3642,3	2294,2	823,5

4.2. APLICACIÓN DE DIFERENTES VOLÚMENES DE CARBÓN ACTIVADO EN FILTROS

4.2.1. DISEÑO DE FILTROS

Los filtros se diseñaron basándose en el tratamiento con mayor cantidad de carbón activado (100g), con un volumen de 316 cm³ y altura del carbón activado de 8,03 cm; con lo que se obtuvo, el área, el diámetro y la altura de la zona filtrante. La figura 4.3 muestra el diseño final de un prototipo del filtro; los parámetros de dimensionamiento se encuentran especificados en el cuadro 4.4.

Cuadro 4.4. Dimensionamiento del filtro

DIMENSIONAMIENTO DEL FILTRO		
PARÁMETRO	ECUACIÓN	RESULTADO
Área de filtración	$A = \frac{V_{ca}}{h}$	39,6 cm ²
Diámetro de filtración	$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$	7,1 cm
Altura de filtración	$H = 3 \times h$	24,1 cm

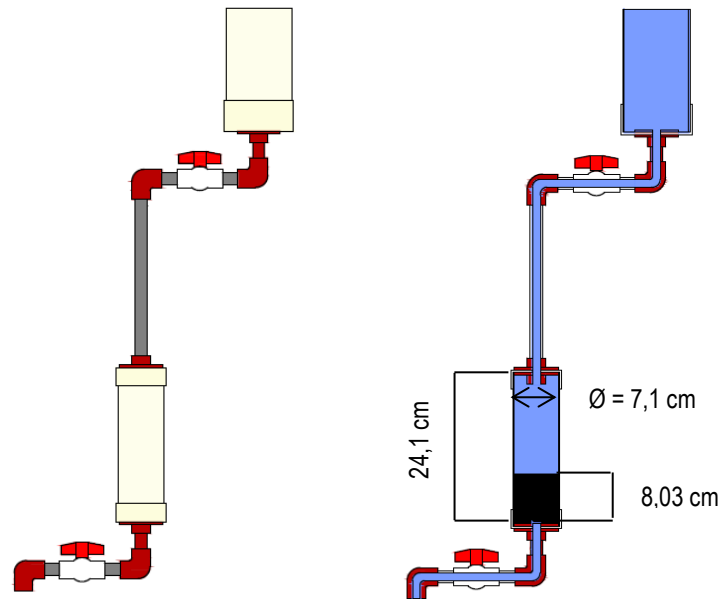


Figura 4.3. Diseño del filtro (Escala 1:10)

En la figura 4.4 se representan las 9 unidades experimentales que fueron construidos de manera homogénea acorde al prototipo, a su vez estos fueron acoplados a un soporte metálico para estabilizarlos y evitar el movimiento de las unidades experimentales.

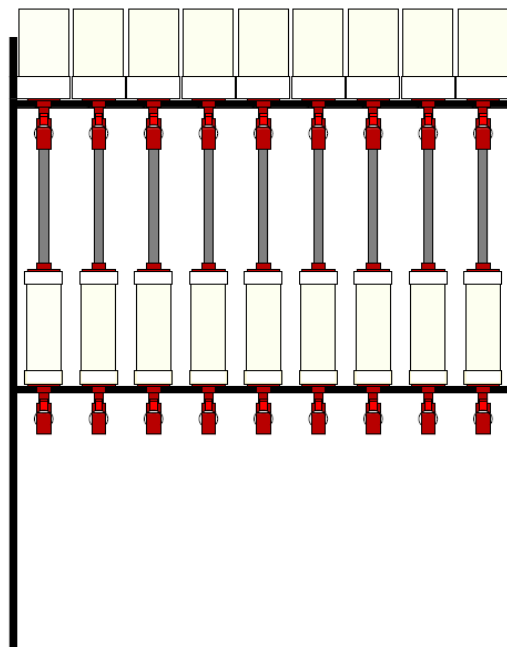


Figura 4.4. Unidades experimentales acoplados a un soporte metálico (Escala 1:10)

4.2.2. APLICACIÓN DEL DISEÑO COMPLETAMENTE ALEATORIZADO (DCA)

El diseño aleatorizado consistió en 3 tratamientos, con 25, 50 y 100 gramos de carbón activado respectivamente y cada uno con 3 repeticiones, dando un total de 9 tratamientos ubicados en cada unidad experimental como representa la figura 4.5.

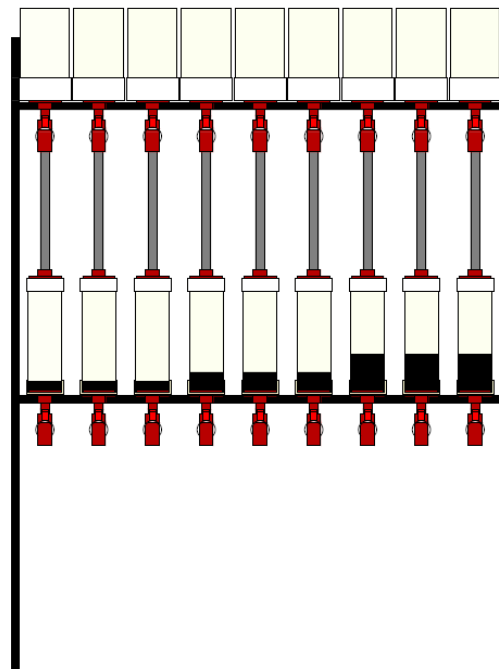


Figura 4.5. Unidades experimentales con los tratamientos correspondientes (Escala 1:10)

La figura 4.6 muestra que para cada unidad experimental se utilizó 1 L de agua destilada sintética contaminada con 1000 mg de suelo limoso y 2,5 mg de cloro granulado tal como lo expresa Fuentes *et al.*, (2008).

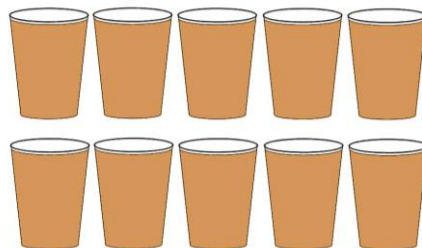


Figura 4.6. Homogeneidad del agua sintética

4.2.3. ANÁLISIS DE LOS FACTORES FÍSICOS A TODAS LAS MUESTRAS DE AGUA DE LOS TRATAMIENTOS

En el cuadro 4.5 se presentan los resultados de los análisis físicos del agua sintética sin tratamiento previo, realizados en los laboratorios del área Agroindustrial de la ESPAM “MFL”, así como los diferentes criterios de límites máximos permisibles del agua potable establecidos por la norma INEN 1108 (2014) y CONAGUA (2014).

Cuadro 4.5. Resultados de los análisis físicos del agua sintética.

CRITERIOS DIFERENCIADOS	PARÁMETROS				
	Cloro libre residual	Sólidos suspendidos	Turbidez	Color	pH
	mg/L	mg/L	NTU	ACV	*
INEN 1108	0,3 – 1,5	--	5	15	--
CONAGUA	0,2 – 1,5	60	5	20	6,5 – 8,5
Agua Sintética	2,3	587	69	783	5,8

Fuente: INEN, 2014; CONAGUA, 2014 y Laboratorio área agroindustrial ESPAM MFL, 2016.

Los resultados obtenidos de los análisis físicos (cloro libre residual, sólidos suspendidos, turbidez, color y pH) a los tratamientos con diferentes niveles de carbón activado (25g, 50g y 100g) y sus repeticiones se detallan en el cuadro 4.6; los resultados de las muestras tratadas presentaron diferencias altamente significativas con el agua sintética.

Cuadro 4.6. Resultados de los análisis físicos del agua sintética tratada

RESULTADOS DE LA MUESTRA DE AGUA SINTÉTICA TRATADA					
TRATAMIENTOS	PARÁMETROS				
	Cloro libre residual	Sólidos suspendidos	Turbidez	Color	pH
	mg/L	mg/L	NTU	ACV	*
X ₁ R ₁	0,93	104,3	40	425	7,6
X ₁ R ₂	0,98	91,4	42	375	7,8
X ₁ R ₃	0,96	97,2	43	367	7,8
X ₂ R ₁	0,43	54,3	39	338	7,8
X ₂ R ₂	0,47	51,4	38	357	7,8
X ₂ R ₃	0,45	44,2	40	369	7,9
X ₃ R ₁	0,14	15,1	33	319	7,8
X ₃ R ₂	0,17	17,3	34	329	7,9
X ₃ R ₃	0,16	19,5	31	305	7,8

Fuente: Laboratorio área agroindustrial ESPAM MFL, 2016.

Los promedios de los diferentes tratamientos se encuentran detallados en el cuadro 4.7, donde es notable que el tratamiento 3 fue el que mejores resultados en cuanto a disminución de contaminantes tiene, sin embargo, todos los tratamientos fueron efectivos en mayor o menor proporción, conforme al contaminante tratado. Los promedios de los tres tratamientos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles (cuadro 4.5) en lo referente a cloro libre; el parámetro de sólidos suspendidos en el tratamiento 1 no logra cumplir; los niveles de color y turbidez sobrepasan los límites en todos los tratamientos; en pH de todos los tratamientos está dentro de los estándares.

Cuadro 4.7. Promedios de los tratamientos

PROMEDIOS DE LOS TRATAMIENTOS					
PARÁMETROS					
TRATAMIENTOS	Cloro libre residual	Sólidos suspendidos	Turbidez	Color	pH
	mg/L	mg/L	NTU	ACV	*
Tratamiento 1	0,96	97,63	41,67	389	7,73
Tratamiento 2	0,45	49,97	39	354,67	7,83
Tratamiento 3	0,16	17,30	32,67	317,67	7,83

4.2.4. PORCENTAJE DE REMOCIÓN

4.2.4.1. PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE CLORO LIBRE RESIDUAL

El gráfico 4.1 muestra que el tratamiento que mayor porcentaje de remoción de cloro libre residual obtuvo al finalizar el experimento fue el tratamiento 3 que contenía 100g de carbón activado, estos resultados concuerdan con Prowater Argentina (2016) que revela que la filtración con carbón activado retiene efectivamente ciertos compuestos orgánicos y el cloro presente en el agua; asimismo coincide con lo que fundamentan Carrillo y Sánchez (2013) en su investigación donde se obtuvo un promedio de porcentaje igual a 55% para el filtro de 25 gramos de carbón activado, 94,75% para el filtro de 50 gramos de carbón activado y 100% para el filtro de 100 gramos de carbón activado. De acuerdo a los resultados alcanzados, al aumentar la cantidad de carbón activado en los filtros aumenta también la capacidad de retención del cloro libre residual. El análisis de varianza (cuadro 4.8) indica que existe un efecto significativo menor a 0,0001 con nivel de significancia de 0,01; un coeficiente de variación de

1,04 y una diferencia mínima significativa de 2,06; la prueba Tukey indicó que existe diferencias altamente significativas entre tratamientos.

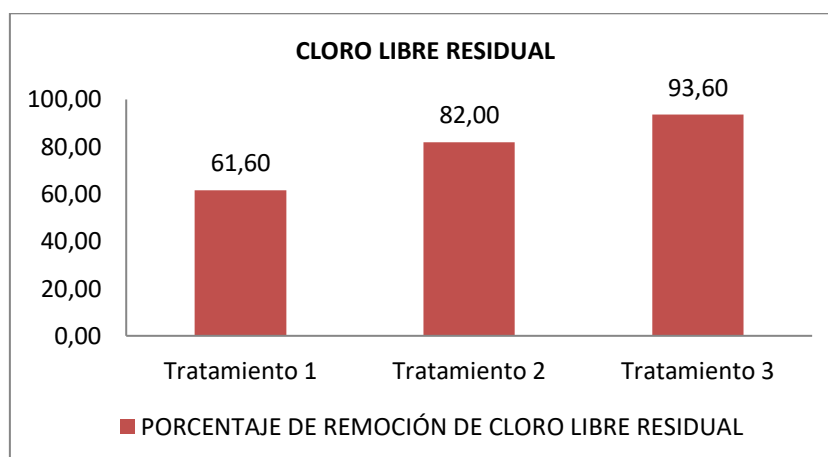


Gráfico 4.1. Porcentaje del promedio final de remoción de cloro libre residual

4.2.4.2. PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS

En cuanto a los sólidos suspendidos, el gráfico 4.2 manifiesta que el tratamiento 3 con un promedio de 96,05% tuvo mayor eficiencia, sin embargo, el tratamiento 1 también resultó significativamente efectivo (83,37%), con base en los resultados se puede confirmar que todos los tratamientos en las unidades experimentales redujeron más del 50% de las partículas en suspensión. El cuadro 4.8 muestra que existe un efecto significativo menor a 0,0001, con un rango de 99% de probabilidad; un coeficiente de variación de 0,94 y una diferencia mínima significativa de 2,15; la prueba Tukey señaló diferencias altamente significativas entre los tratamientos.

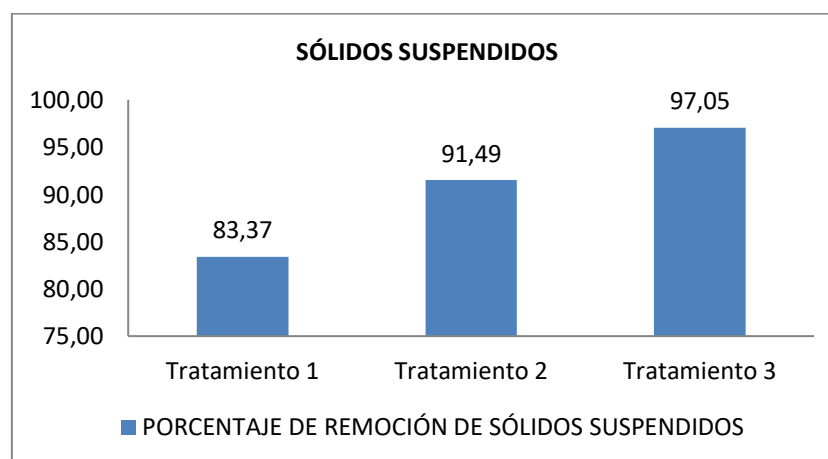


Gráfico 4.2. Porcentaje del promedio final de remoción de sólidos suspendidos

4.2.4.3. PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE TURBIDEZ

El tratamiento que mayor eficiencia obtuvo al finalizar el experimento fue el tratamiento 3 con un promedio de 52,65%, y el de menor eficiencia fue el tratamiento 1 con promedio de 36,61% (gráfico 4.3). Aquí se comprueba lo expresado por Moral Torralbo (2016) que indica que el carbón activado de coco tiene muy alta capacidad para retener contaminantes, pero es necesario tomar en cuenta que cantidad global del agua (turbidez y/o presencia de contaminantes) también afecta la capacidad del carbón activado para remover un contaminante específico (Carrillo y Sánchez, 2013). El ANOVA de porcentaje de remoción de turbidez (cuadro 4.8) muestra que existe un efecto significativo de 0,0005 con un nivel de significancia de 0,01; un coeficiente de variación de 4,41 y una diferencia mínima significativa de 4,99; da a entender, que los tratamientos 2 y 1 no son significativamente diferentes; mientras que el tratamiento 3 presenta diferencias altamente significativas de los tratamientos 2 y 1.

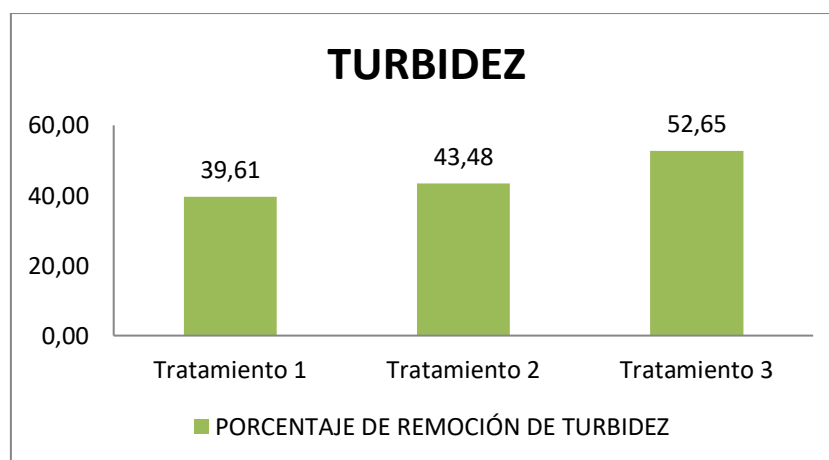


Gráfico 4.3. Porcentaje del promedio final de remoción de turbidez

4.2.4.4. PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE COLOR

Según el gráfico 4.4 el tratamiento que mayor eficiencia obtuvo al finalizar el experimento fue tratamiento 3 con un promedio de 59,43%, es decir, que el agua al pasar por el filtro de 100g de carbón activado disminuyó el color, pero no al 100%, no obstante, es necesario recordar que este parámetro de calidad del agua no solo está asociado a las sustancias en suspensión sino también a las sustancias disueltas que se encuentren en la misma (López, 2013). El análisis

de varianza (cuadro 4.8) indica que existe un efecto significativo menor a 0,0001; con un rango de 95% de probabilidad; un coeficiente de variación de 4,97 y una diferencia mínima significativa de 6,82; la prueba Tukey expresó que existen diferencias significativas entre el tratamiento 3 y el tratamiento 1; mientras que el tratamiento 3 y tratamiento 2 no muestran diferencias significativas, de igual manera el tratamiento 2 y el tratamiento 1 no son significativamente diferentes.

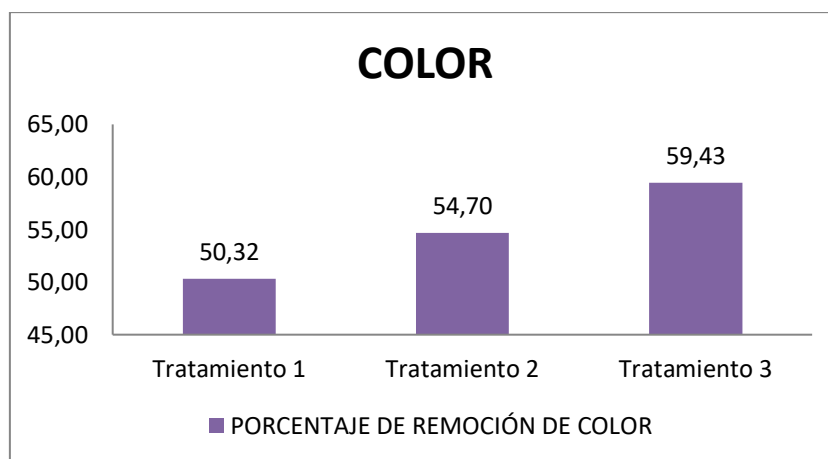


Gráfico 4.4. Porcentaje del promedio final de remoción de color

4.2.4.5. VARIACIÓN DE PH

El promedio del pH en los diferentes tratamientos no varió diferencialmente, el tratamiento 1 (25g de carbón activado) fue el que menos variación presentó, por lo que, fue el más cercano a neutro (gráfico 4.5). Asimismo, se notó una variación del pH entre el agua luego de pasar por los filtros y el agua sin tratamiento. Es decir que el carbón activado tiende a aumentar el pH del agua, lo que coincide con lo expuesto por Carbotecnia (2014); el pH del agua, luego de pasar por carbón activado térmicamente, aumenta por lo menos en los primeros litros de agua que se tratan con el mismo.

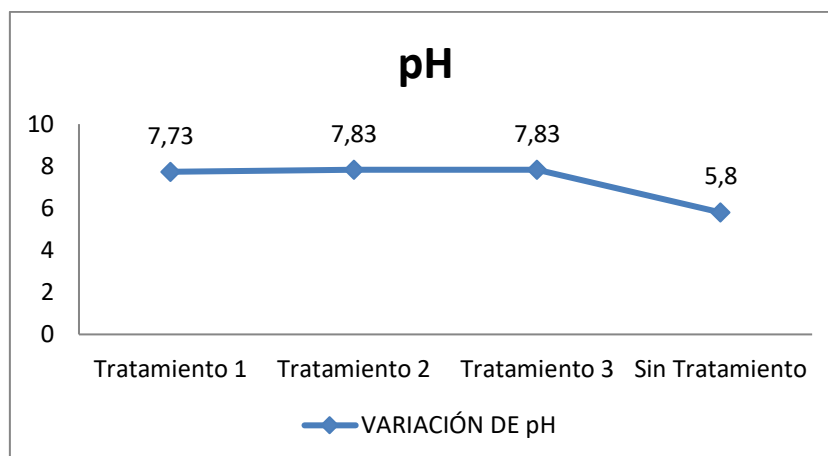


Gráfico 4.5. Promedio final de variación de pH

Cuadro 4.8. Promedios de remoción de parámetros (%)

Fuente de variación	Parámetro			
	Cloro libre residual	Sólidos suspendidos	Turbidez	Color
Tratamiento	**	**	**	*
T3	93,73 a	97,07 a	52,67 a	59,43 a
T2	82,00 b	91,47 b	43,47 b	54,70 ab
T1	61,73 c	83,33 c	39,60 b	50,30 b
Nivel de significación	<0,0001	<0,0001	0,0005	0,0180
E.E. *	0,47	0,49	1,15	1,57
C.V. %	1,04	0,94	4,41	4,97

Promedios con medias con una letra común no son significativamente diferentes según la prueba al 5% de probabilidad.

n.s. Diferencia no significativa.

*. Diferencia significativa al 5%.

** . Diferencia altamente significativa al 1%.

E.E. Error estándar

C.V. Coeficiente de variación del error.

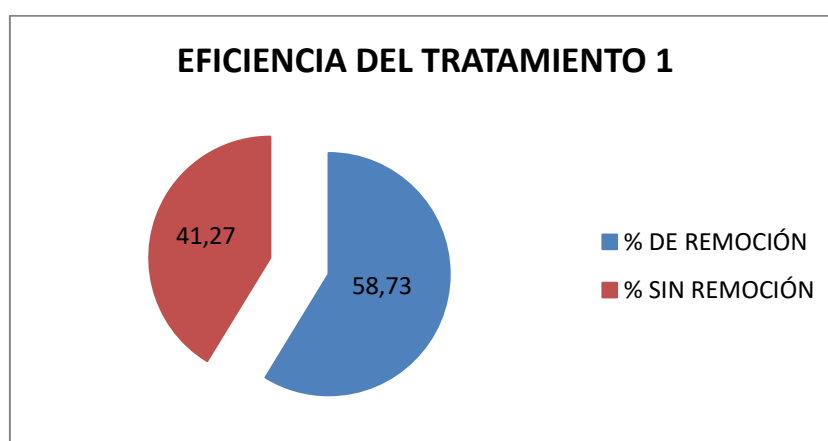
4.2.5. EFICIENCIA DE REMOCIÓN

4.2.5.1. EFICIENCIA DE REMOCIÓN DEL TRATAMIENTO 1

En el cuadro 4.9 se especifica la eficiencia de remoción del tratamiento 1 para los diferentes parámetros considerado en la investigación, el contaminante removido con mayor efectividad fue el de los sólidos suspendidos y el de menor remoción fue la turbidez. El promedio general de eficiencia de remoción de este tratamiento fue del 58,73% como se representa en el gráfico 4.6.

Cuadro 4.9. Eficiencia de remoción del tratamiento 1

EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO 1					
PARÁMETRO	AFLUENTE	EFLUENTE	LIMITE MÁXIMO	$\frac{\text{AFLUENTE} - \text{EFLUENTE}}{\text{AFLUENTE}}$	EFICIENCIA %
Cloro libre residual	2,5	0,96	0,3 – 1,5	0,616	61,60
Sólidos suspendidos	587	97,63	60	0,834	83,37
Turbidez	69	41,67	5	0,396	39,61
Color	783	389	15	0,503	50,32
PROMEDIO					58,73

**Gráfico 4.6.** Porcentaje de remoción del tratamiento 1

4.2.5.2. EFICIENCIA DE REMOCIÓN DEL TRATAMIENTO 2

En el cuadro 4.10 se detalla la eficiencia de remoción de contaminantes del tratamiento 2, los parámetros referentes a los sólidos suspendidos y a la turbidez fueron los que registraron mayor y menor eficiencia respectivamente. El promedio general de eficiencia de remoción de este tratamiento fue de 67,92% como se muestra en el gráfico 4.7.

Cuadro 4.10. Eficiencia de remoción del tratamiento 2

EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO 2					
PARÁMETRO	AFLUENTE	EFLUENTE	LIMITE MÁXIMO	$\frac{\text{AFLUENTE} - \text{EFLUENTE}}{\text{AFLUENTE}}$	EFICIENCIA %
Cloro libre residual	2,5	0,45	0,3 – 1,5	0,820	82,00
Sólidos suspendidos	587	49,97	60	0,915	91,49
Turbidez	69	39	5	0,435	43,48
Color	783	354,67	15	0,547	54,70
PROMEDIO					67,92

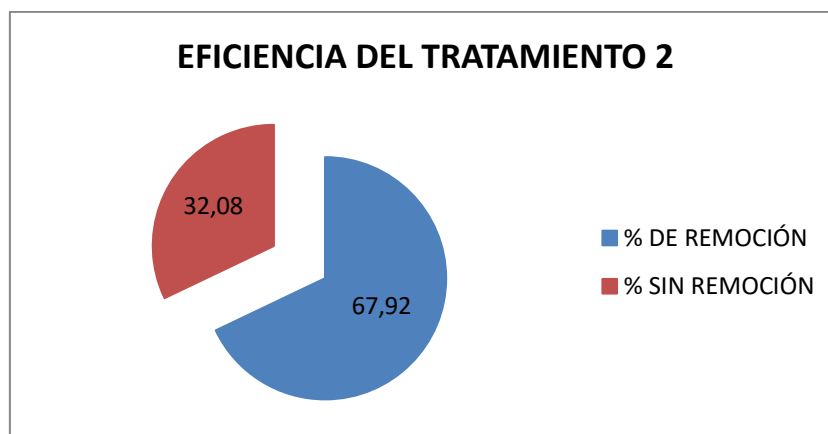


Gráfico 4.7. Porcentaje de remoción del tratamiento 2

4.2.5.3. EFICIENCIA DE REMOCIÓN DEL TRATAMIENTO 3

La eficiencia de remoción de contaminantes del tratamiento 3 se muestra en el cuadro 4.11, los parámetros referentes a los sólidos suspendidos y a la turbidez fueron los que registraron mayor y menor eficiencia respectivamente. El promedio general de eficiencia de remoción de este tratamiento fue de 75,68% como se muestra en el gráfico 4.8.

Cuadro 4.11. Eficiencia de remoción del tratamiento 3

EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO 3					
PARÁMETRO	AFLUENTE	EFLUENTE	LIMITE MÁXIMO	$\frac{\text{AFLUENTE} - \text{EFLUENTE}}{\text{AFLUENTE}}$	EFICIENCIA %
Cloro libre residual	2,5	0,16	0,3 – 1,5	0,936	93,60
Sólidos suspendidos	587	17,30	60	0,971	97,05
Turbidez	69	32,67	5	0,527	52,65
Color	783	317,67	15	0,594	59,43
PROMEDIO					75,68

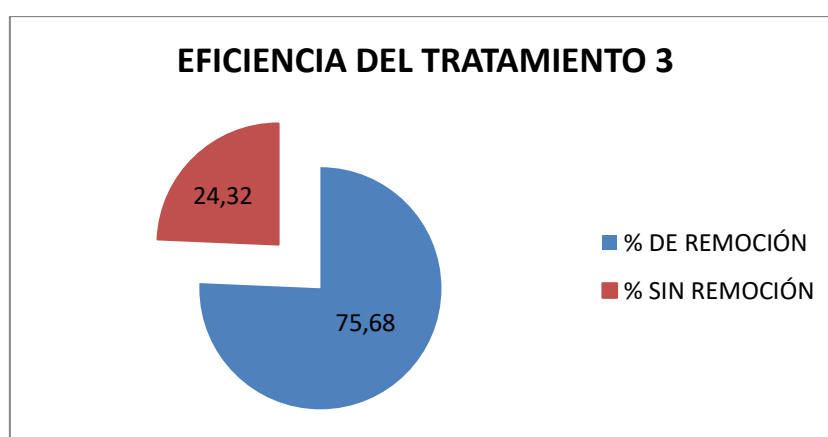


Gráfico 4.8. Porcentaje de remoción del tratamiento 3

4.3. ANÁLISIS DE LA FACTIBILIDAD ECONÓMICA DEL TRATAMIENTO CON MEJOR EFICIENCIA

4.3.1. MÉTODO COSTO DE PRODUCCIÓN

El cuadro 4.12 muestra el costo total que se requirió para la construcción de un filtro en la investigación, muestra un valor de \$12,96 dólares; cabe destacar que, para la elaboración del carbón activado de coco, se utilizó material reciclado de los productores en el sitio Pimpiguasi, por lo que la materia prima en este caso no tuvo valor alguno. Entre los materiales de mayor costo tenemos los conectores PVC ½", los cuales se utilizan en la tapa ciega para conectar, pega tubo que es necesario en la construcción para la permeabilidad.

Cuadro 4.12. Costo de materia prima

MATERIALES	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Residuo de coco	0,44 kg	0,00	0,00
Tubo PVC 3"	20 cm	0,22	0,22
Tubo PVC ½ "	45 cm	0,35	0,35
Conector PVC ½ "	2	2,29	4,58
Válvula PVC ½ "	2	0,70	1,40
Codo PVC ½ "	4	0,43	1,72
Tapa ciega PVC 3"	2	1,22	2,44
Teflón	1	0,50	0,50
Pega tubo	1	1,50	1,50
Malla	8 cm ²	0,25	0,25
TOTAL			12,96

En el cuadro 4.13 se muestra el rubro aproximado por cada hora de labor para los diferentes estratos de mano de obra necesarios tanto para la elaboración del carbón como para la construcción del filtro, según los salarios establecidos por el Ministerio del Trabajo (2016).

Cuadro 4.13. Costo de mano de obra

MANO DE OBRA DIRECTA	CANTIDAD	HORAS DE TRABAJO	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
	*	h	\$/h	\$
Técnico	1	2	2,45	4,90
Obrero	1	2	2,34	4,68
TOTAL				9,58

Fuente: Ministerio del Trabajo, 2016.

Los gastos de producción para la elaboración del carbón y la construcción del filtro se especifican en el cuadro 4.14, basándose en el precio del kilovatio hora establecido por la Corporación Nacional de Electricidad (CNEL) en el 2016.

Cuadro 4.14. Gastos de producción

GASTOS DE PRODUCCIÓN	CANTIDAD	HORAS DE CONSUMO	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
	kw/h	h	\$/h	\$
Consumo eléctrico	0,45	4	0,04	0,16
			TOTAL	0,16

Fuente: CNEL, 2016.

El costo de elaboración del tratamiento con mayor eficiencia (filtro a base de 100g de carbón activado procedente de residuo de coco) se determinó aplicando la ecuación 3.2 según el método propuesto por Vinza (2012):

$$CP = (M_p + M_{od} + G_p)$$

$$CP = (12,96 + 9,58 + 0,72) \$$$

$$CP = 23,26 \$$$

El costo de producción para un filtro a base de 100g de carbón activado proveniente de residuo, representa una alternativa viable para mejorar la calidad del agua disminuyendo los niveles de cloro libre residual y sólidos suspendidos, y además permite el aprovechamiento de los residuos de coco para obtención del carbón activado. En la figura 4.7 se presenta el prototipo del filtro con sus características.

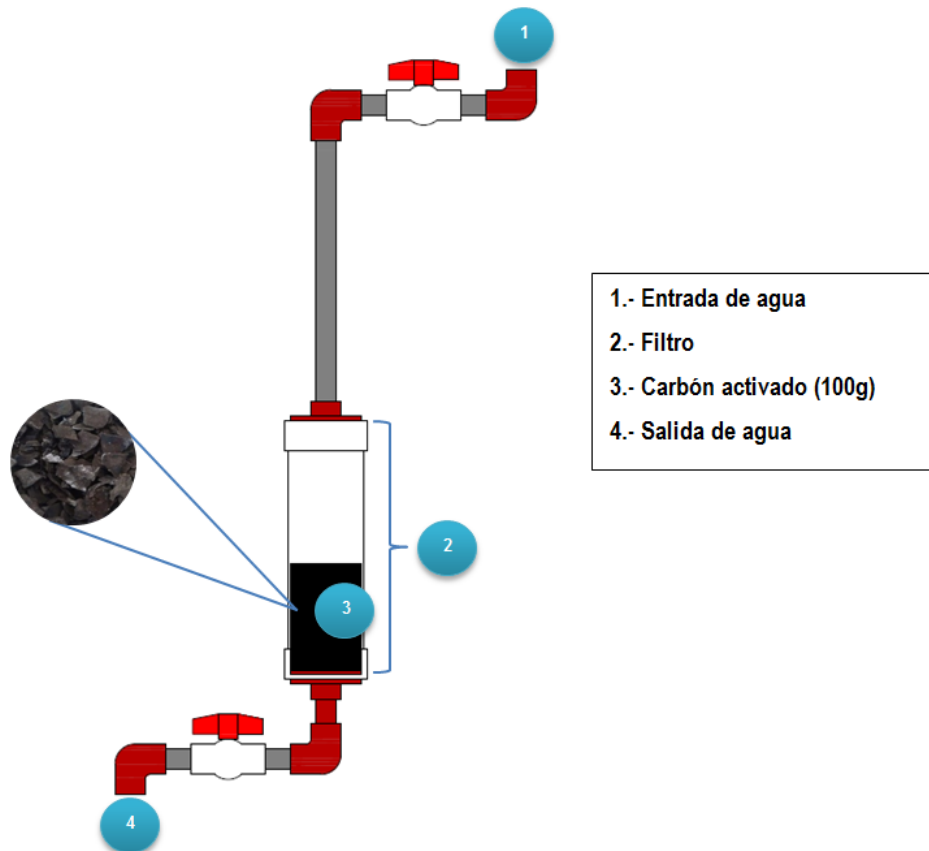


Figura 4.7. Prototipo del filtro con mejor eficiencia

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se obtuvo 823,5g de carbón activado por el método de activación física a partir de 3642,3g de residuo de coco; el rendimiento aproximado entre materia prima y carbón activado oscila en una relación 3:1.
- La eficiencia obtenida en la remoción de contaminantes del agua sintética fue alta, con porcentajes de remoción que van de 58 a 76% aproximadamente, aplicando diferentes niveles de carbón activado colocados en las unidades experimentales (filtros). El tratamiento de mejor respuesta experimental fue el tratamiento 3, consto de un filtro con 100g de carbón activado por el que se filtró un litro de agua sintética; con una eficiencia de remoción de 75,68% de las variables en estudio. Validando la hipótesis de la investigación, debido a que existió un tratamiento con una alta eficiencia en la remoción de contaminantes del agua tratada.
- El prototipo del tratamiento de mayor eficiencia, tanto la construcción del filtro como el carbón activado, tiene un costo de producción de \$23,26 dólares, lo que permite percibir que tiene una factibilidad económica viable.

5.2. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios similares utilizando otro tipo de activación u otro tipo de residuo agroindustrial, con el fin de comparar los resultados con los obtenidos en esta investigación. Además, probar la eficiencia de remoción del carbón activado procedente del residuo agroindustrial de coco en agua residual doméstica.
- Combinar el carbón activado de esta investigación con otro tipo de materiales filtrantes para mejorar la eficiencia de remoción de contaminantes.
- Efectuar un análisis y evaluación con respecto al aprovechamiento del residuo agroindustrial de coco para la comercialización del adsorbente, ya que en

nuestro país no hay empresas dedicadas a la fabricación de carbón activado de coco, y este tipo de producto podría ser rentable en nuestro medio.

BIBLIOGRAFÍA

- Badii, M; Castillo, J; Rodríguez, M; Wong, A; Villalpando, P. 2007. Diseños experimentales e investigación científica (Experimental designs and scientific research). San Nicolás de los Garza, ME. InnOvaciones de Negocios. Vol. 4. Núm. 2. p 28 – 330.
- Barragán, B; Téllez, Y; Laguna, T. 2008. Utilización de residuos agroindustriales. Miguel Hidalgo, ME. Revista Sistemas Ambientales. Vol. 2. Núm 1. p 44 - 50.
- Barrenechea, M. s.f. Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua. (En línea). Consultado, 10 de jun. 2016. Formato PDF. Disponible en <http://www.bvsde.paho.org>
- Bastidas, L. 2012. Diseño de un filtro con piroclastos finos para la purificación del agua de la comunidad de San Francisco (Baños-Tungurahua). Tesis. Ing. en Biotecnología Ambiental. ESPOCH. Riobamba, EC. p 11.
- Blacio, D y Palacios, J. 2011. Filtros biológicos para la potabilización del agua, posibilidades de uso de FLA (filtros lentos de arena) con agua superficial de nuestra región. Tesis. Ing. Civil. UDC. Cuenca, EC. p 8.
- Burgos, G y Jaramillo, J. 2015. Aprovechamiento de los residuos de cacao y coco para la obtención de carbón activado, en el cantón Milagro, provincia del Guayas. Tesis. Química y Farmacéutica. UDG. Guayaquil, EC. p 18.
- Callewaert, J. 2014. DESOTEC. Poros de carbón activado: por función. (En línea). Consultado el 18 de jun. 2016. Formato PDF. Disponible en <http://www.desotec.com>
- Carbotecnia. 2014. Carbón activado. (En línea). Consultado, 08 jun. 2016. Formato HTTP. Disponible en <http://www.itacanet.org> <https://www.carbotecnia.info>
- 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. Ciudad de México, ME. Educación Química. Vol. 21. Núm. 3. p 224 – 229.
- Carrillo, V y Sánchez, N. 2013. Elaboración de un filtro a base de carbón activado obtenido del endocarpo de coco con el propósito de reducir la dureza en

el agua potable. Tesis. Lcdo. en Química y Farmacia. UES. San Salvador, ES. p 59 - 64.

CAWST (Centro de Tecnologías Accesibles de Agua y Saneamiento). 2008. Manual del filtro bioarena: diseño, construcción, instalación, operación, y mantenimiento. p 5-11. (En línea). Consultado, 08 jun. 2016. Formato PDF. Disponible en <http://www.itacanet.org>

Cecen, F. y Aktas, Ö. 2011. Activated Carbon for Water and Wastewater Treatment: integration of Adsorption and Biological Treatment. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. p 406. (En línea). Consultado, 21 de jul. 2016. Formato PDF. Disponible en <http://www.wiley.com>

Centrone, C. 2006. Filtro casero de carbón activado para reducir el contenido de cloro del agua. (En línea). AR. Consultado, 19 de jun. 2016. Formato HTML. Disponible en <http://www.cerveceroscaseros.com.ar>

Chemviron Carbon. 2016. Tratamiento de agua potable. (En línea). EU. Consultado, 14 de jun. 2016. Formato HTML. Disponible en <http://www.chemviron.eu>

Chuchón, S y Aybar, C. 2008. Evaluación de la capacidad de remoción de bacterias coliformes fecales y demanda bioquímica de oxígeno de la planta de tratamiento de aguas residuales "La Totora", Ayacucho, Perú. Lima, PE. Redalyc. Vol. 7. Núm. 1-2. p 165 - 171.

CNEL (Corporación Nacional de Electricidad), 2016. Consumo eléctrico. (En línea). EC. Consultado, 28 dic. 2016. Formato HTTP. Disponible en www.cnel.gob.ec

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2014. Manual de integración, estructura orgánica y funcionamiento. (En línea). ME. Consultado, 11 de ago. 2016. Formato PDF. Disponible en <http://www.conagua.gob.mx>

Cuellar, C. 2016. Propuesta diseño de la Cadena de Suministro (CS) inversa de la cáscara de naranja-caso estudio para las ciclo vías de Bogotá. Tesis. Mg. Ingeniería Industrial. UCC. Bogotá, CO. p 10.

DEPROINSA S.A. 2012. Laboratorio de Análisis de Aguas y Suelos. Guayaquil, EC. (En línea). Consultado, 12 de jul. 2016. Formato HTML. Disponible en <http://www.deproinsa.com.ec>

- EMAPA (Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato). 2016. Parámetros acreditados y en proceso de acreditación. (En línea). EC. Consultado, 12 de jul. 2016. Formato HTML. Disponible en <http://www.inicio.emapaa.gob.ec>
- Estrada, J. 2011. Diseño de una Planta Portátil Potabilizadora de Agua de 50 metros cúbicos por día. Tesis. Ing. Mecánico. ESPOL. Guayaquil, EC. p 88 - 90.
- Estupiñan, S y Ávila, S. 2010. Calidad físico-química y microbiológica del agua del municipio de Bojacá, Cundinamarca. Bogotá, CO. Nova. Vol. 8. Núm. 14. p 121 – 240.
- Fernández, A; Chávez, M; Herrera, F; Mas, Y; Rubí, M; Mejías, D; Díaz, A. 2008. Evaluación del exudado gomoso de *Acacia siamea* como coagulante en la clarificación de las aguas para consumo humano. Maracaibo, VE. Scielo. Vol. 31. p 0254 – 0770.
- Flores, M. 2014. Análisis de la automatización del sistema de bombeo y almacenamiento de agua potable aplicando tecnología inalámbrica en EMSA – Puno. Tesis. Ing. Electrónico. UNAP. Puno, PE. p 30. (En línea). Consultado, 14 de jul. 2016. Formato PDF. Disponible en www.repositorio.unap.edu.pe
- Fuentes, L; Contreras, W; Perozo, R; Mendoza, I y Villegas, Z. 2008. Uso del quitosano obtenido de *Litopenaeus schmitti* (Decapoda, Penaeidae) en el tratamiento de agua para consumo humano. Punto Fijo, VE. Multiciencias. Vol. 8. p. 281 – 287.
- Gómez, A; Klose, W y Rincón, S. 2010. Carbón activado de cuesco de palma: Estudio de termogravimetría y estructura. (En línea). CO. Consultado el 06 de jun. 2016. Formato PDF. Disponible en <http://www.uni-kassel.de>
- GRUENTEC CIA. LTDA. 2014. Alcance de acreditación. Quito, EC. (En línea). Consultado, 10 de jun. 2016. Formato PDF. Disponible en <http://www.gruentec.com>
- Guevara, D. 2010. Biorremoción de cromo (Cromo Total y Cromo VI) en agua sintética por dos inóculos bacterianos nativos compuestos, a escala de laboratorio. Tesis. Ing. Biotecnología. ESPE. Quito, EC. p 30.
- Hendricks, D. 2011. Fundamentals of Water Treatment Unit Processes: Physical, Chemical, and Biological. Taylor & Francis Group. p 484.

- IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia). 2007. Determinación de sólidos suspendidos totales en agua secados a 103 –105°C. Versión: 03. p 16.
- INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización). 2014. Agua potable. Requisitos. NTE INEN 1108. Rev. 5.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN. Norma Técnica Ecuatoriana. NTE INEN-ISO/IEC 17025:2006: requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración. <http://biblioteca.udla.edu.ec>
- IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry). IUPAC compendium of chemical terminology - The gold book. 2005-2016. (En línea). Consultado, 20 jun. 2016. Formato HTTP. Disponible en <https://goldbook.iupac.org>
- Lehner, R. 2010. Planta piloto para carbón activado. (En línea). EC. Consultado, 22 may. 2016. Formato PDF. Disponible en <http://www.dspace.espol.edu.ec>
- Lenntech BV. 2016. Activated carbon filters. (En línea). Consultado, 21 jul. 2016. Formato HTML. Disponible en <http://www.lenntech.com>
- López, D. 2011. Biodegradación de aguas residuales inhibitorias en un reactor discontinuo secuencial. Tesis. Lic. Biología. UAQ. Querétaro, ME. p 28.
- López, L. 2013. Estudio y evaluación de impacto ambiental en Ingeniería Civil. Editorial Club Universitario. p 112
- Manals, E; Vendrell, F y Penedo, M. 2016. Aplicación de carbón activado de cascarón de coco en adsorción de especies metálicas contenidas en el licor de desecho (WL) de la lixiviación ácida de mineral laterítico. Tecnología Química. Vol. 36. Núm. 1. p. 117-129
- Mendoza, I; Fuentes, L; Caldera, Y; Perdomo, F; Suárez, A; Mosquera, N. y Arismendi, H. 2008. Eficiencia de *Hylocereus lemairei* como coagulante - floculante en aguas para consumo humano. Maracaibo, VE. Revista Arbitrada Venezolana del Núcleo LUZ COL Impacto Científico. Vol. 3. Núm 1. p 53 – 69.
- Ministerio de Salud Pública. 2002. Diseño de filtro casero para tratamiento del agua de consumo humano en comunidades indígenas de Guatemala. (En

línea). GU. Consultado, 03 jun. 2016. Formato PDF. Disponible en <http://www.bvsde.ops-oms.org>

Ministerio del Trabajo. 2016. Salarios mínimos sectoriales. (En línea). EC. Consultado, 28 dic. 2016. Formato HTTP. Disponible en <http://www.trabajo.gob.ec>

MINSA (Ministerio de Salud del Perú). 2011. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. (En línea). PE. Consultado, 12 de jun. 2016. Formato PDF. Disponible en <http://www.digesa.minsa.gob.pe>

Moral Torralbo, S.L.U. 2016. TecnoAqua- Filtración. (En línea). ES. Consultado, 15 ene. 2017. Formato HTTP. Disponible en <http://moraltorralbo.com>

Murillo, J. 2009. Turbidez y sólidos en suspensión de las aguas de escorrentía susceptibles de ser utilizadas en la recarga artificial del acuífero granular profundo subyacente a la ciudad de San Luis de Potosí (México). Madrid, ES. Instituto Geológico y Minero de España. Vol. 120. Núm 2. p 169 - 184.

Navarro, P y Vargas, C. 2010. Efecto de las propiedades físicas del carbón activado en la adsorción de oro desde medio cianuro. Madrid, ES. Revista de metalurgia. Vol. 46. Núm 3. p 227 - 239.

Neira, M. 2006. Dureza en aguas de consumo humano y uso industrial, impactos y medidas de mitigación. Estudio de caso: Chile. Tesis. Ing. Civil. Universidad de Chile. Santiago de Chile, CH. p 3.

Noboa, E. 2008. Diseño de un filtro de carbón activado para la remoción de cloro libre residual del agua potable para uso en la industria farmacéutica. Tesis. Ing. Químico. USFQ. Quito, EC. p 11 - 18.

OPS (Organización Panamericana de la Salud). 2005. Guía para el mejoramiento de la calidad del agua a nivel casero. (En línea). PE. Consultado, 10 de jun. 2016. Formato PDF. Disponible en <http://www.bvsde.paho.org>

Orellana, J. 2005. Tratamiento de las aguas. (En línea). AR. Consultado, 14 de jul. 2016. Formato PDF. Disponible en <https://www.frro.utn.edu.ar>

Pagano, R. 2011. Estadística para las ciencias del comportamiento. Ed. 9. México. Cengage Learning. p 386-390.

- Paredes, A. 2011. Estudio de la adsorción de compuestos aromáticos mediante carbón activado preparado a partir de la cascara de castaña. Tesis. Lic. Química. PUCP. Lima, PE. p 22.
- PEDIAMÉCUM (Comité de Medicamentos de la Asociación Española de Pediatría). 2015. Carbón activado. (En línea). ES. Consultado, 14 de jul. 2016. Formato HTM. Disponible en <http://pediamecum.es>
- Peña, D. 2002. Regresión y diseño de experimentos. España. Alianza Editorial. p 630-640.
- Pérez, R; González, E; Ceballos, F; Escallada, R; Gómez, M; Martín, P; Pérez, A; Ramírez, R; Sobrino, P y Solozábal, C. 2004. Guías de gestión de calidad del líquido de diálisis (LD). Revista Nefrología. Vol. 24. Núm. 2. p 1 – 42.
- Pilamonta, J. 2013. Mejoramiento del carbón activado contaminado en el tratamiento del agua potable. Tesis. Ing. Química. UCE. Quito, EC. p 30.
- Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017. Objetivo N° 7. (En línea). EC. Consultado, 28 may. 2016. Formato HTTP. Disponible en <http://www.buenvivir.gob.ec>
- Prías, J; Echeverry, N. y Ariza, H. 2015. Fabricación y caracterización de carbón activado y de nanoplaquetas de carbón a partir de *Guadua angustifolia* Kunth para aplicaciones en electrónica. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Vol. 39. Ed. 153. p 444-449.
- Prowater Argentina. s.f. Tratamientos de agua para consumo con carbón activado. AR. p 2-9. (En línea). AR. Consultado, 15 jun. 2016. Formato PDF. Disponible en <http://www.prowaterargentina.com.ar>
- Ramírez, G. 2012. Aprovechamiento de residuos Agroindustriales, cascarilla de arroz (*Oriza sativa*) y residuos de papa (*Solanum tuberosum*) para la producción de *Trichoderma spp.* Tesis. Ing. Bioquímica. UTA. Ambato, EC. p. 7.
- RED MAPSA (Red de Monitoreo Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos). 2007. Guía para la utilización de las Valijas Viajeras. (En línea). UR. Consultado, 14 de jul. 2016. Formato PDF. Disponible en <http://imasd.fcien.edu.uy>

- Revista AMBIENTUM. 2002. Cloro residual en agua de consumo. (En línea). Consultado, 10 de jun. 2016. Formato HTML. Disponible en <http://www.ambientum.com>
- Reyes, E; Cerino, F. y Suárez, M. 2006. Remoción de metales pesados con carbón activado como soporte de biomasa. Nuevo León, ME. Ingenierías. Vol. 9. Núm. 31. p 59 – 64.
- Rodríguez, M; Taboada, M y Taboada, M. 2007. Concentración de sólidos en suspensión durante eventos hidrológicos individuales. La Coruña, ES. Revista de Xeografía, territorio e medio ambiente. Territorio e Medio Ambiente. Núm. 7. p 95 - 106.
- Romero, J; Parra, F; Cano, I; Rodríguez, E; Ríos, J; Fuentes, R y Ramírez, J. 2007. Biosorción de Pb (II) por biomasa de Agave tequilana Weber (agave azul). Distrito Federal, MX. Revista Mexicana de Ingeniería Química. Vol. 6. Núm. 3. p 295 - 300.
- Salas, D; Marzal, N y Penedo, M. 2016. Estudio preliminar de la adsorción de níquel y cobalto utilizando carbón vegetal de conchas de coco. Tecnología Química. Vol. 32. Ed. 2. p. 166-176
- Sánchez, M; Bravo, A. y Soriano, M. 2014. Obtención de carbón activado a partir de cascarilla de cacahuete (*Arachis hypogaea* L.): Congreso Interdisciplinario de Cuerpos Académicos. Guanajuato, MX. ECORFAN. Vol. VII. p 13-19. (En línea). Consultado, 16 jun. 2016. Formato PDF. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es>
- Saval, S. 2012. Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales: Pasado, Presente y Futuro. Distrito Federal, ME. BioTecnología. Vol. 16. Núm. 2. p 14 - 46.
- Solís, J; Morales, M; Ayala, R y Durán, M. 2012. Obtención de carbón activado a partir de residuos agroindustriales y su evaluación en la remoción de color del jugo de caña. Veracruz, ME. Redalyc. Vol. 27. Núm. 1. p 36 - 48.
- Soto, E; Miranda, R; Sosa, C y Loredó, J. 2006. Optimización del Proceso de Remoción de Metales Pesados de Agua Residual de la Industria Galvánica por Precipitación Química. Scielo. Vol. 17. Núm. 2. p 33 - 42.
- Suárez, S. 2014. Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales provenientes de las descargas de un centro comercial de la ciudad de

Quito mediante procesos de electrocoagulación y adsorción en carbón activado. Tesis. Ing. Química. EPN. Quito, EC. p 59.

TecamySer. 2016. Filtros de Carbón Activo: Parámetros de diseño recomendados. (En línea). Consultado, 19 jun. 2016. Formato HTML. Disponible en <http://tecamyser.com>

TESACUA S.L. 2015. Filtración por carbón activado: carbón activado adsorción. Madrid, ES. p 1-2. (En línea). Consultado, 20 jun. 2016. Formato PDF. Disponible en <http://www.tesacua.es>

Vargas, J. Giraldo, L. y Moreno, J. 2008. Obtención y caracterización de carbones activados a partir de semillas de Mucuna sp. Bogotá, CO. Redalyc. Vol. 37. Núm. 1. p 67 - 77.

Vera, N. 2007. Alternativas de potabilización para el agua que abastecerá a la ampliación del aeropuerto internacional de la ciudad de México. Tesis. Ing. Civil. IPN. Distrito Federal, ME. p 1.

Villa, M. 2011. Evaluación de la calidad del agua en la subcuenca del río Yacuambi: propuestas de tratamiento y control de la contaminación. Tesis. Mg. Gestión Integral del Agua. UCA. Cádiz, ES. p 2 - 3.

Vinza, S. 2012. Propuesta para la aplicación del método de Costeo por actividades ABC (activity based Costing) de la industria "Gráficas Olmedo" de la ciudad de Quito. Tesis. Ing. Finanzas. UCE. Quito, EC. p 45.

Yepes, S; Montoya, L y Orozco, F. 2008. Valorización de residuos agroindustriales – frutas – en Medellín y el sur del valle del Aburrá, Colombia. Medellín, CO. Redalyc. Vol. 61. Núm. 1. p 4422-4431.

Yungán, J. 2011. Estudio de la calidad de aguas en los afluentes de la microcuenca del río Blanco para determinar las causas de la degradación y las alternativas de manejo. Tesis. Ing. Agrónomo. ESPOCH. Riobamba, EC. p 6.

ANEXOS

Anexo 1. Recolección de residuo agroindustrial de coco**Anexo 1-A. Georreferenciando el sitio****Anexo 1-B. Recolección de cáscara de coco****Anexo 2. Elaboración de carbón activado****Anexo 2-A. Separación del endocarpio de coco****Anexo 2-B. Troceado y pesado de los residuos****Anexo 2-C. Carbonización de los residuos****Anexo 2-D. Agregando agua destilada al carbón**

Anexo 2-E. Activación de carbón en la mufla



Anexo 2-F. Carbón activado previo al lavado



Anexo 2-G. Triturando el carbón activado



Anexo 2-H. Tamizando el Carbón activado



Anexo 2-I. Carbón activado finalizado



Anexo 3. Construcción de las unidades experimentales**Anexo 3-A. Diseño de los filtros****Anexo 3-B. Filtros acoplados a soporte metálico****Anexo 4. Aplicación de diferentes volúmenes de carbón activado en filtros****Anexo 4-A. Pesado del CA para los filtros****Anexo 4-B. CA pesado y listo para los filtros****Anexo 4-C. Colocación del CA en los filtros****Anexo 4-D. Instalación de los filtros**

Anexo 5. Preparación de agua sintética**Anexo 5-A. Preparando el suelo (agua sintética)****Anexo 5-B. Pesado del suelo limoso****Anexo 5-C. Pesado del cloro****Anexo 5-D. Agua sintética preparada****Anexo 6. Filtración del agua sintética****Anexo 6-A. Aplicación del agua contaminada****Anexo 6-B. Salida del agua tratada**

Anexo 7. Análisis de los factores físicos a todas las muestras de agua de los tratamientos

Anexo 7-A. Análisis de sólidos suspendidos



Anexo 7-B. Análisis de pH



Anexo 7-C. Análisis de cloro libre residual, turbidez y color



Anexo 8. Equipos utilizados para análisis del agua

Anexo 8- A. Espectrofotómetro



Anexo 8- B. Test kit



Anexo 8- C. Potenciómetro



Anexo 9. Normas para límites máximos permisibles del agua potable

Anexo 9-A. Norma INEN 1108 Agua Potable

PARÁMETRO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMITIDO
Características físicas		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	no aconsejable
Sabor	---	no aconsejable
Inorgánicos		
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Arsenico, AS	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	0,5
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN-	mg/l	0,07
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 a 0,5 ¹⁾
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr (cromo total)	mg/l	0,05
Fluoruros	mg/l	1,5
Manganeso, Mn	mg/l	0,4
Mercurio, Hg	mg/l	0,006
Níquel, Ni	mg/l	0,07
Nitratos, NO ₃	mg/l	50
Nitritos, NO ₂	mg/l	0,2
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Radiación total α^*	Bq/l	0,1
Radiación total β^{**}	Bq/l	1,0
Selenio, Se	mg/l	0,01

¹⁾Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos

* Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ²¹⁰Po, ²²⁴Ra, ²²⁶Ra, ²³²Th, ²³⁴U, ²³⁸U, ²³⁹Pu

** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ⁶⁰Co, ⁸⁹Sr, ⁹⁰Sr, ¹²⁹I, ¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs, ²¹⁰Pb, ²²⁸Ra

Anexo 9-B. Límites máximos permisibles establecidos por la CONAGUA

TABLA 2

CARACTERÍSTICA	LIMITE PERMISIBLE
Color	20 unidades de color verdadero en la escala de platino-cobalto.
Olor y sabor	Agradable (se aceptarán aquellos que sean tolerables para la mayoría de los consumidores, siempre que no sean resultado de condiciones objetables desde el punto de vista biológico o químico).
Turbiedad	5 unidades de turbiedad nefelométricas (UTN) o su equivalente en otro método.

TABLA 3

CARACTERÍSTICA	LIMITE PERMISIBLE
Aluminio	0,20
Arsénico	0,05
Bario	0,70
Cadmio	0,005
Cianuros (como CN-)	0,07
Cloro residual libre	0,2-1,50
Cloruros (como Cl-)	250,00
Cobre	2,00
Cromo total	0,05
Dureza total (como CaCO ₃)	500,00
Fenoles o compuestos fenólicos	0,3
Fierro	0,30
Fluoruros (como F-)	1,50
Hidrocarburos aromáticos en microgramos/l:	
Benceno	10,00
Etilbenceno	300,00
Tolueno	700,00
Xileno (tres isómeros)	500,00
Manganeso	0,15
Mercurio	0,001
Nitratos (como N)	10,00
Nitritos (como N)	1,00
Nitrógeno amoniacal (como N)	0,50
pH (potencial de hidrógeno) en unidades de pH	6,5-8,5
Plaguicidas en microgramos/l:	
Aldrín y dieldrín (separados o combinados)	0,03
Clordano (total de isómeros)	0,20
DDT (total de isómeros)	1,00
Gamma-HCH (lindano)	2,00
Hexaclorobenceno	1,00
Heptacloro y epóxido de heptacloro	0,03
Metoxicloro	20,00
2,4 - D	30,00
Plomo	0,01
Sodio	200,00
Sólidos disueltos totales	1000,00
Sólidos Suspendidos	60,00
Sulfatos (como SO ₄ =)	400,00
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	0,50
Trihalometanos totales	0,20
Yodo residual libre	0,2-0,5
Zinc	5,00



ESPAMMFL

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ



REPUBLICA DEL ECUADOR

6. PROCEDIMIENTO A EJECUTAR:

Para la elaboración del carbón activado se describe la metodología utilizada en la investigación de Carrillo y Sánchez (2013) utilizando una activación física.

- Se colocara la cáscara de coco al sol para que sequen y pierdan humedad.
- En una bandeja de aluminio colocar las cáscaras de coco.
- Colocar al fuego las cáscaras desecadas hasta su carbonización en un sitio adecuado
- Cuando estén carbonizados y antes que el fuego consuma las cascarras en la bandeja rociarlas con agua desmineralizada utilizando una piseta hasta dejarlo en brasas.
- Esperar a que se enfríe (15-20 minutos) y seleccionar los trozos de carbón.
- Carbonizar el carbón en mufla a 600°C durante una hora para su activación.
- Pulverizar en mortero con pistilo el carbón hasta el tamaño de granulo adecuado.

7.- RESULTADOS A ESPERAR:

400 g de carbón activado de coco

8.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

Se obtuvieron 300 g de carbón activado

- Se recomienda que se traiga las muestras previamente preparadas, para ahorrar tiempo.

9.- GRÁFICOS Y ANEXOS:





ESPAMMFL

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ



REPUBLICA DEL ECUADOR



10.- BIBLIOGRAFIA:

- Liu, Y; Zhao, Y y Zhang, Y. 2014. One-step green synthesized fluorescent carbon nanodots from bamboo leaves for copper (II) ion detection. PL. Vol. 196. p 647-652. (En línea). Consultado, 26 jun. 2016. Formato PDF. Disponible en <http://www.sciencedirect.com>
- Paredes, A. 2011. Estudio de la adsorción de compuestos aromáticos mediante carbón activado preparado a partir de la cascara de castaña. Tesis. Lic. Química. PUCP. Lima, PE. Consultado, el 28 de jun. 2016. Formato PDF. Disponible en <http://tesis.pucp.edu.pe>
- Prías, J; Echeverry, N y Ariza, H. 2015. Fabricación y caracterización de carbón activado y de nanoplaquetas de carbón a partir de Guadua angustifolia Kunth para aplicaciones en electrónica. CO. Revista Académica Colombia Ciencia. Vol. 39. N°153. p 444-449. (En línea). Consultado, 26 jun. 2016. Formato PDF. Disponible en <http://www.scielo.org.co>

RECEBIDO EN LA
SECRETARÍA DE
C.I.P. P. 13/06/2016

η 
COORDINADORA LAB. Q.G.
AREA AGROINDUSTRIAL

η 
DOCENTE

η 
JEFE DE GRUPO


Anexo 11. Análisis de laboratorio

Anexo 11-A. Resultados del agua sintética

  	
REPUBLICA DEL ECUADOR ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ	
SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ	
LABORATORIOS DEL AREA AGROINDUSTRIAL	
NOMBRE DEL CLIENTE:	BRAVO KATHERINE Y GARZON AYRTON
DIRECCIÓN:	CALCETA
FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS:	13/11/2016
FECHA DE ELABORACIÓN DE LAS MUESTRAS:	13/11/2016
MUESTRAS ENVIADAS:	1 (1 LITRO)

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA: AGUA SINTÉTICA		
PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS
CLORO LIBRE RESIDUAL	mg/L	2,3
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	587
TURBIDEZ	NTU	69
COLOR	ACV	783
pH	*	5,8

ESPAM
LABORATORIO DE QUÍMICA
JEFES DE MANABÍ


 Lic. Cruz Pihargote Zambrano
 JEFE DE LAB. DE QUIMICA G.



 Ing. Fabián Pajarrieta Macías
 ANALISTA

Anexo 11-B. Resultados del X₁R₁

  	
REPUBLICA DEL ECUADOR ESCAMMFL ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ	
SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ	
LABORATORIOS DEL AREA AGROINDUSTRIAL	
NOMBRE DEL CLIENTE:	BRAVO KATHERINE Y GARZON AYRTON
DIRECCIÓN:	CALCETA
FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS:	13/11/2016
FECHA DE ELABORACIÓN DE LAS MUESTRAS:	13/11/2016
MUESTRAS ENVIADAS:	1 (1 LITRO)

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA: X ₁ R ₁		
PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS
COLOR LIBRE RESIDUAL	mg/L	0,93
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	104,3
TURBIDEZ	NTU	40
COLOR	ACV	425
pH	*	7,6


 ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
 MANUEL FÉLIX LÓPEZ
 JEFE DE LAB. DE QUIMICA
 ESPAM


 Lic. Cruz Pinargote Zambrano
 JEFE DE LAB. DE QUIMICA G.


 ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
 MANUEL FÉLIX LÓPEZ
 LABORATORIO DE QUIMICA AGROPECUARIA
 Ing. Fabián Peñarrieta Macías
 ANALISTA

Anexo 11-C. Resultados del X₁R₂

  	
REPUBLICA DEL ECUADOR ESCUOLA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ	
SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ	
LABORATORIOS DEL AREA AGROINDUSTRIAL	
NOMBRE DEL CLIENTE:	BRAVO KATHERINE Y GARZON AYRTON
DIRECCIÓN:	CALCETA
FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS:	13/11/2016
FECHA DE ELABORACIÓN DE LAS MUESTRAS:	13/11/2016
MUESTRAS ENVIADAS:	1 (1 LITRO)

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA: X ₁ R ₂		
PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS
CLORO LIBRE RESIDUAL	mg/L	0,98
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	91,4
TURBIDEZ	NTU	42
COLOR	ACV	375
pH	*	7,8

ES
LABORATORIO
JEFE DE
ESPAM
QUIMICA



Lic. Cruz Pinargote Zambrano
JEFE DE LAB. DE QUIMICA G.





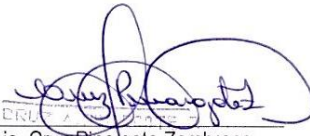
Ing. Fabian Peñarheta Macías
ANALISTA

Anexo 11-C. Resultados del X₁R₃

  	
REPUBLICA DEL ECUADOR ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ	
SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ	
LABORATORIOS DEL AREA AGROINDUSTRIAL	
NOMBRE DEL CLIENTE:	BRAVO KATHERINE Y GARZON AYRTON
DIRECCIÓN:	CALCETA
FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS:	13/11/2016
FECHA DE ELABORACIÓN DE LAS MUESTRAS:	13/11/2016
MUESTRAS ENVIADAS:	1 (1 LITRO)

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA: X ₁ R ₃		
PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS
CLORO LIBRE RESIDUAL	mg/L	0,96
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	97,2
TURBIDEZ	NTU	43
COLOR	ACV	367
pH	*	7,8

LIBRO DE REGISTRO
 ESPAM
 QUIMICA


 Lic. Cruz Pinargote Zambrano
 JEFE DE LAB. DE QUIMICA G.



 Ing. Fabián Penameta Macías
 ANALISTA

Anexo 11-D. Resultados del X₂R₁

  	
REPUBLICA DEL ECUADOR ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ	
SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ	
LABORATORIOS DEL AREA AGROINDUSTRIAL	
NOMBRE DEL CLIENTE:	BRAVO KATHERINE Y GARZON AYRTON
DIRECCIÓN:	CALCETA
FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS:	13/11/2016
FECHA DE ELABORACIÓN DE LAS MUESTRAS:	13/11/2016
MUESTRAS ENVIADAS:	1 (1 LITRO)

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA: X ₂ R ₁		
PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS
COLOR LIBRE RESIDUAL	mg/L	0,43
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	54,3
TURBIDEZ	NTU	39
COLOR	ACV	338
pH	*	7,8

LABORATORIO DE QUÍMICA
 ESPAM


 Lic. Cruz Pinargote Zambrano
 JEFE DE LAB. DE QUÍMICA G.


 Ing. Fabian, Renardeta Macias
 ANALISTA

Anexo 11-E. Resultados del X₂R₂

  	
REPUBLICA DEL ECUADOR ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ	
SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ	
LABORATORIOS DEL AREA AGROINDUSTRIAL	
NOMBRE DEL CLIENTE:	BRAVO KATHERINE Y GARZON AYRTON
DIRECCIÓN:	CALCETA
FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS:	13/11/2016
FECHA DE ELABORACIÓN DE LAS MUESTRAS:	13/11/2016
MUESTRAS ENVIADAS:	1 (1 LITRO)

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA: X ₂ R ₂		
PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS
COLOR LIBRE RESIDUAL	mg/L	0,47
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	51,4
TURBIDEZ	NTU	38
COLOR	ACV	357
pH	*	7,8

LABOR. QUÍMICA
 JEFE DE LAB. DE QUÍMICA
 ESPAM

Lic. Cruz Pinargote Zambrano
 JEFE DE LAB. DE QUÍMICA G.


LABOR. QUÍMICA
 ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
 "MANUEL FÉLIX LÓPEZ"
 Ing. Fabian Peñarieta Macías
 ANALISTA

Anexo 11-F. Resultados del X₂R₃

  	
ESPAMMFL ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ	
SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ	
LABORATORIOS DEL AREA AGROINDUSTRIAL	
NOMBRE DEL CLIENTE:	BRAVO KATHERINE Y GARZON AYRTON
DIRECCIÓN:	CALCETA
FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS:	13/11/2016
FECHA DE ELABORACIÓN DE LAS MUESTRAS:	13/11/2016
MUESTRAS ENVIADAS:	1 (1 LITRO)

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA: X ₂ R ₃		
PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS
CLORO LIBRE RESIDUAL	mg/L	0,45
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	44,2
TURBIDEZ	NTU	40
COLOR	ACV	369
pH	*	7,9

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
 LABORATORIO DE QUÍMICA
 JEFE-ESPAM


 Lic. Cruz Pinarbote Zambrano
 JEFE DE LAB. DE QUIMICA G.



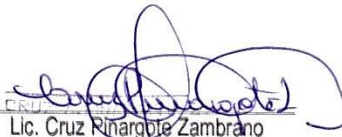
 Ing. Fabián Pomañeta Macías
 ANALISTA

Anexo 11-G. Resultados del X₃R₁

  	
REPUBLICA DEL ECUADOR ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ	
SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ	
LABORATORIOS DEL AREA AGROINDUSTRIAL	
NOMBRE DEL CLIENTE:	BRAVO KATHERINE Y GARZON AYRTON
DIRECCIÓN:	CALCETA
FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS:	13/11/2016
FECHA DE ELABORACIÓN DE LAS MUESTRAS:	13/11/2016
MUESTRAS ENVIADAS:	1 (1 LITRO)

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA: X ₃ R ₁		
PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS
COLOR LIBRE RESIDUAL	mg/L	0,14
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	15,1
TURBIDEZ	NTU	33
COLOR	ACV	319
pH	*	7,8

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
LAB. DE QUÍMICA AMBIENTAL
-JEFA-
ESPAM


Lic. Cruz Rihargote Zambrano
JEFE DE LAB. DE QUÍMICA G.




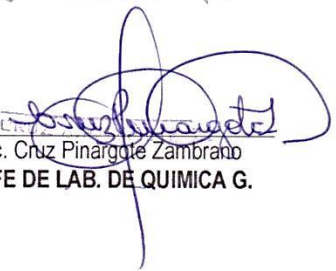

Ing. Fabián Peñarrieta Maclas
ANALISTA

Anexo 11-H. Resultados del X₃R₂

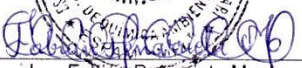
  	
REPUBLICA DEL ECUADOR ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ	
SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ	
LABORATORIOS DEL AREA AGROINDUSTRIAL	
NOMBRE DEL CLIENTE:	BRAVO KATHERINE Y GARZON AYRTON
DIRECCIÓN:	CALCETA
FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS:	13/11/2016
FECHA DE ELABORACIÓN DE LAS MUESTRAS:	13/11/2016
MUESTRAS ENVIADAS:	1 (1 LITRO)

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA: X ₃ R ₂		
PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS
CLORO LIBRE RESIDUAL	mg/L	0,17
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	17,3
TURBIDEZ	NTU	34
COLOR	ACV	329
pH	*	7,9


 JEFA
 ESPAM


 Lic. Cruz Pinargote Zambrano
 JEFE DE LAB. DE QUIMICA G.

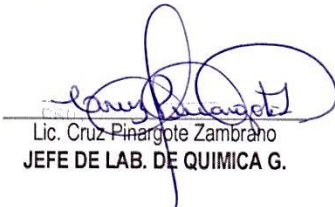



 Ing. Fabian Penarrieta Macias
 ANALISTA

Anexo 11-I. Resultados del X3R3

  	
REPUBLICA DEL ECUADOR ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ	
SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ	
LABORATORIOS DEL AREA AGROINDUSTRIAL	
NOMBRE DEL CLIENTE:	BRAVO KATHERINE Y GARZON AYRTON
DIRECCIÓN:	CALCETA
FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS:	13/11/2016
FECHA DE ELABORACIÓN DE LAS MUESTRAS:	13/11/2016
MUESTRAS ENVIADAS:	1 (1 LITRO)

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA: X3R3		
PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS
COLOR LIBRE RESIDUAL	mg/L	0,16
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	19,5
TURBIDEZ	NTU	31
COLOR	ACV	305
pH	*	7,8


 Lic. Cruz Pinargote Zambrano
JEFE DE LAB. DE QUIMICA G.


 Ing. Fabián Penarrieta Macías
ANALISTA

Anexo 12. Salida de InfoStat de análisis de la varianza

Anexo 12-A. ANOVA de porcentaje de cloro libre residual

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Porcentaje	9	1,00	1,00	1,04

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1572,41	2	786,20	1163,79	<0,0001
Tratamiento	1572,41	2	786,20	1163,79	<0,0001
Error	4,05	6	0,68		
Total	1576,46	8			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,05911

Error: 0,6756 gl: 6

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Tratamiento 3	93,73	3	0,47	A
Tratamiento 2	82,00	3	0,47	B
Tratamiento 1	61,73	3	0,47	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 12-B. ANOVA de porcentaje de sólidos suspendidos

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Porcentaje	9	0,98	0,98	0,94

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	286,12	2	143,06	195,08	<0,0001
Tratamiento	286,12	2	143,06	195,08	<0,0001
Error	4,40	6	0,73		
Total	290,52	8			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,14536

Error: 0,7333 gl: 6

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Tratamiento 3	97,07	3	0,49	A
Tratamiento 2	91,47	3	0,49	B
Tratamiento 1	83,33	3	0,49	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 12-B. ANOVA de porcentaje de turbidez

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Porcentaje	9	0,92	0,89	4,41

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	270,33	2	135,16	34,03	0,0005
Tratamiento	270,33	2	135,16	34,03	0,0005
Error	23,83	6	3,97		
Total	294,16	8			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=4,99304

Error: 3,9722 gl: 6

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Tratamiento 3	52,67	3	1,15 A
Tratamiento 2	43,47	3	1,15 B
Tratamiento 1	39,60	3	1,15 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 12-B. ANOVA de porcentaje de color

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Porcentaje	9	0,74	0,65	4,97

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	125,18	2	62,59	8,44	0,0180
Tratamiento	125,18	2	62,59	8,44	0,0180
Error	44,51	6	7,42		
Total	169,69	8			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=6,82316

Error: 7,4178 gl: 6

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Tratamiento 3	59,43	3	1,57 A
Tratamiento 2	54,70	3	1,57 A B
Tratamiento 1	50,30	3	1,57 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 13. Proforma de los materiales utilizados para elaboración de las unidades experimentales

FERRILOPEZ 2015
DETALLE DE PROFORMA EMITIDA

Página: 1 de 1
 Fecha: 37/10/2016

No. PROFORMA: 001-001 PR026692 FECHA: 27/10/2016 CONTANDO

CLIENTE: LC00001 NOMBRE: CONSUMIDOR FINAL BODEGA: 03
 VENDEDOR: 00001 DIRECCION: SANTO DOMINGO REFERENCIA:
 TRANSPORTISTA:

CODIGO	ARTICULO	UND	CAJAS	CANTIDAD	PRECIO	DESCTO.	TOTAL
C.25.02.001	CONECTOR POLIMEX P/TANQUE1/2'	UND	1,00	27,00	2,29	0,00	61,83
C.26.05.001	CODO POLIMEX1/2' x 90°	UND	1,00	36,00	0,43	0,00	15,48
LL.01.17.001	LLAVE ESFERICA PLASTICA 1/2'	UND	1,00	18,00	0,70	0,00	12,6
T.05.04.003	TAPON PVC ECON. 75MM	UND	1,00	18,00	1,22	0,00	21,96
T.05.04.002	TAPON PVC ECON. 110MM	UND	1,00	9,00	1,13	0,00	10,17
T.18.01.006	TUBO RIVAL BLANCO 75MM x 3MTS	UND	1,00	1,00	4,08	0,00	4,08
T.18.01.008	TUBO RIVAL BLANCO 110MM x 3MTS	UND	1,00	1,00	2,81	0,00	2,81
T.18.11.001	TUBO ROSCABLE RIVAL 1/2' x 6MTS INEN	UND	1,00	1,00	3,95	0,00	3,95
J.16.04.003	JUEGO TARRAJAS 3 DADOS BLISTER	UND	1,00	1,00	4,39	0,00	4,39
P.23.03.001	PAGMENTO PEGA TUBO	UND	1,00	1,00	0,75	0,00	0,75
C.11.01.001	CINTA TEFLON	UND	1,00	2,00	0,45	0,00	0,90

OBSERVACIONES:

SON: CIENTO TREINTA Y OCHO CON 92/100

SUBTOTAL:	138,92
TOTAL NETO:	138,92
DESCUENTO:	0,00
EXCENTO:	0,00
GRAVADO:	119,47
CARGOS:	0,00
I.V.A.:	19,45
TOTAL	138,92

RESPONSABLE

I = "I.V.A."