



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL

Proyecto de Investigación previo a la obtención del
título de Ingeniero en Gestión Ambiental.

TEMA:

Aplicación de carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz como filtro purificador
de agua

AUTOR:

Espinoza Barragán Daniel Armando

DIRECTORA DE TESIS:

Ing. Maria Lorena Cadme, MSc.

2018-2019

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Espinoza Barragán Daniel Armando, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Espinoza Barragán Daniel Armando
C.C.# 1206105304

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, Ing. María Lorena Cadme Arévalo, Ms.C. Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante Espinoza Barragán Daniel Armando, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “APLICACIÓN DE CARBÓN ACTIVADO PROVENIENTE DE LA CASCARILLA DE ARROZ COMO FILTRO PURIFICADOR DE AGUA”, previo a la obtención del título de Ingeniero en Gestión Ambiental, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Ing. Maria Lorena Cadme, MSc.

DIRECTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERIA EN GESTIÓN AMBIENTAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

**“APLICACIÓN DE CARBÓN ACTIVADO PROVENIENTE DE LA CASCARILLA
DE ARROZ COMO FILTRO PURIFICADOR DE AGUA”**

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de
Ingeniera en Gestión Ambiental.

Aprobado por:

PRESIDENTA DEL TRIBUNAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Dra. Betty Gonzales

Ing. Julio Pazmiño
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DEL
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Ing. Winston Morales
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DEL
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

QUEVEDO – LOS RIOS – ECUADOR

2018-2019

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios todo poderoso por darme vida, fuerzas y sabiduría para culminar una de mis propuestas en mi vida.

A mi abuelita Estela flores que está en el cielo a mis padres Bolívar Espinoza y Sonia Barragan, quienes con su sabiduría y apoyo me han permitido cumplir esta meta.

A mis hermanas Danixa, Karen y a mi sobrino Nehemías por darme siempre sus sonrisas, y su cariño en los momentos difíciles de mi vida.

Mi más sinceros Agradecimiento a Gabriela velez, por su amor, sus sonrisas, sus consejos, su apoyo incondicional y por formar parte de mi superación.

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y a los maestros de la Facultad de Ciencias Ambientales por los conocimientos, consejos y experiencias impartidas dentro y fuera del aula de clases.

Mi agradecimiento infinito a mi directora de tesis Ing. M.Sc. María Lorena Cadme a la Dra. Betty Gonzales y al Dr. Loguard Rojas; por sus conocimientos prestados y amistad brindada.

DEDICATORIA

*A mis padres por ser mi ejemplo a seguir, a mis
amig@s, a Gabriela Velez por darme amor,
apoyo incondicional y por ser mi mejor fuente
de aprendizaje.*

A mis hermanas por ser mi inspiración

Espinoza Barragan Daniel Armando

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de investigación se realizó en el laboratorio de investigación de la unidad de suelo y aguas de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo; se aprovechó la cascarilla de arroz del sector productivo de Los Ríos. En esta provincia, la cascarilla de arroz es considerada como desecho agrícola, que causa contaminación ambiental debido a su acumulación o a los gases desprendidos durante su incineración.

Se elaboró carbón activado a partir de la cascarilla de arroz, mediante activación física. Las condiciones de preparación de los carbones se han fijado mediante diseño experimental, cuyas variables de diseño han sido: tamaño de partícula, temperatura y tiempo.

Los resultados reportan que el mejor tratamiento en mufla para producir carbón dirigido a la depuración de agua contaminada corresponde a un tamaño de partícula de 2-3 mm, sometida a 350 °C durante 20 minutos. La depuración de agua contaminada fue deficiente de acuerdo a los resultados obtenidos, los cuales refieren aumento en todos parámetros estudiados.

Palabras clave: Activación; Adsorción; Contaminación; Medio ambiente

ABSTRACT

The present research work was carried out in the research laboratory of the soil and water unit of the State Technical University of Quevedo; rice husk was used in the productive sector of Los Ríos. In this province, the rice husk is considered agricultural waste, which causes environmental pollution due to its accumulation or to the gases released during its incineration.

Activated charcoal was made from the rice husk by chemical activation with H_3PO_4 . The conditions of preparation of the coals have been fixed by experimental design, whose design variables have been: particle size, temperature and time.

The results report that the best treatment in muffle to produce coal directed to the purification of contaminated water corresponds to a particle size of 425 μ , subjected to 350 ° C for 3 hours.

The purification of contaminated water was efficient according to the obtained results, which refer decrease in all the parameters studied.

Keywords: Water storage on land, water quality, vegetation, physical, chemical and microbiological analysis.

ÍNDICE

<i>PORTADA</i>	<i>i</i>
<i>DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS</i>	<i>ii</i>
<i>CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN</i>	<i>iii</i>
<i>Certificado de aprobación por Tribunal de Sustentación</i>	<i>iv</i>
<i>AGRADECIMIENTO</i>	<i>v</i>
<i>DEDICATORIA</i>	<i>vi</i>
<i>RESUMEN EJECUTIVO</i>	<i>vii</i>
<i>ABSTRACT</i>	<i>viii</i>
<i>CÓDIGO DUBLIN</i>	<i>xiii</i>
<i>INTRODUCCION</i>	<i>14</i>
<i>CAPÍTULO I</i>	<i>16</i>
<i>CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN</i>	<i>16</i>
1.1. Problema de investigación.....	17
1.1.1. Planteamiento del problema.....	17
1.1.1.1. Diagnóstico	17
1.1.1.2. Pronostico.....	17
1.1.2. Formulación del problema.....	18
1.1.2.1. Sistematización del problema.....	18
1.2. Objetivos	18
1.2.1. General.....	18
1.2.2. Específicos	18
1.3. Justificación.....	19
1.4. Hipótesis.....	19
<i>CAPÍTULO II</i>	<i>20</i>
<i>II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN</i>	<i>20</i>
2.1. Marco teórico.....	21
2.1.1. Agua.....	21
2.1.1.1. El agua dulce	22
2.1.1.2. Importancia del agua.....	22
2.1.1.3. Contaminación del agua.....	22
2.1.2. Calidad del agua.....	23
2.1.3. Carbón activado	25
2.1.3.1. Importancia	26

2.1.3.2. Características	27
2.1.3.3. Uso como filtro depurador de aguas	27
2.2. Marco referencial.....	29
2.2.1. El carbón activado como filtro depurador de aguas contaminadas	29
2.3. Marco legal.....	30
2.3.1. Constitución Política del República del Ecuador.....	30
2.4. Plan Nacional Del Buen Vivir - PNBV (2013-2017)	30
2.4.1. Acuerdo Ministerial No. 061 de la Reforma al Libro VI Calidad de Ambiental.....	31
<i>CAPÍTULO III</i>	33
<i>III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</i>	33
3.1. Localización del área de estudio.....	34
3.1.1. Límites geográficos del cantón Quevedo	34
3.2. Características meteorológicas de Quevedo.....	35
3.3. Tipo de investigación.....	35
3.3.1. Investigación Exploratoria.....	35
3.3.2. Investigación Descriptiva	35
3.4. Métodos de investigación.....	36
3.4.1. Método deductivo.....	36
3.4.2. Método inductivo	36
3.4.3. Método Analítico.....	36
3.5. Fuentes de recopilación de información	36
3.6. Diseño de la investigación.....	36
3.6.1. Material de partida.....	36
3.6.2. Preparación del absorbente	37
3.6.3. Activación física.....	37
3.6.4. Prueba de adsorción con azul de metileno.....	39
3.6.5. <i>Cinetica de absorción con el azul de metileno</i>	40
3.6.6. <i>Prueba de adsorción de contaminantes en agua de pozo</i>	40
3.7. Instrumentos de investigación.	40
3.8. Tratamiento de los datos	40
3.9. Recursos humanos y materiales.....	40
<i>CAPÍTULO IV</i>	42
<i>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	42
4.1. Carbón activo obtenido a partir de residuos de cosecha	43

4.1.1. Rendimiento, contenido de humedad en base seca, contenido de material volátil, contenido de ceniza y carbón fijo.	43
4.2. Evaluar el carbón activado como filtro purificador de agua	47
4.2.1. Prueba de adsorción con azul de metileno.....	47
4.3. Diseñar y construir un filtro de carbón activado para uso doméstico.....	54
4.4. <i>Discusión</i>	56
<i>CAPITULO V</i>	61
<i>V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</i>	61
5.1. Conclusiones.....	62
5.2. Recomendaciones	62
<i>CAPITULO VI</i>	64
<i>VI. BIBLIOGRAFÍA</i>	64
<i>CAPITULO VII</i>	68
<i>ANEXOS</i>	68

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Condiciones Meteorológicas de Quevedo.....	35
--	----

ÍNDICE DE GRAFICOS

Figura 1. Efectos principales para las medias de absorción	45
Figura 2. Grafica de efectos principales para Relaciones Señal Ruido	46
Figura 3. Curva de adsorción con solución azul de metileno.....	48
Figura 4. Curva de adsorción de las muestras investigadas.	49
Figura 5. Curva de absorción para la cinética	50
Figura 6. Cinética de absorción con azul de metileno	51
Figura 7. Parámetros físicos y químicos	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Rendimiento en peso húmedo, peso seco y humedad de arroz.....	43
Tabla 2. Análisis proximal de la cascarilla de arroz	43
Tabla 3. Composición elemental de la cascarilla de arroz	44
Tabla 4. Método estadístico de Taguchi	44

Tabla 5. Respuesta para medias.....	45
Tabla 6. Combinación optima	46
Tabla 8. Valores obtenidos para la curva azul de metileno.....	48
Tabla 9. Analisis de absorbancia realizado con las muestras investigadas.....	49
Tabla 10. Cinetica de absorción con azul de metileno para hallar la ecuación de la recta. 50	
Tabla 11. Cinetica de absorción con azul de metileno de la muestra E1	51
Tabla 12. Resultados del análisis de calidad de agua del Pozo Profundo “Mi ‘País” y criterios de calidad del agua para consumo humano.	52

ÍNDICE DE ILUSTRACION

Ilustración 1: Ubicación del Cantón Quevedo.....	34
Ilustración 2. Filtro de carbón activado.....	56

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Lavado de la materia prima.....	69
Anexo 2. Molienda de la materia prima.....	69
Anexo 3. Tamizado de la materia prima	70
Anexo 4. Carbonización.....	70
Anexo 5. Lavado y secado del Carbón Activado.	71
Anexo 6. Pesado del Carbón Activo	71
Anexo 7. Preparación de la curva con azul de metileno	72
Anexo 8. Prueba de absorción con papel filtro.....	72
Anexo 9. Filtro de Carbón Activado.....	73
Anexo 10. Analisis de agua 15 días antes	74
Anexo 11. Analisis de agua antes de pasar por el filtro	74
Anexo 12. Agua depurada con carbón activado después del filtro.....	75

CÓDIGO DUBLIN

Título:	Aplicación de carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz como filtro purificador de agua			
Autor:	ESPINOZA BARRAGAN DANIEL ARMANDO			
Palabras clave:	Activación	Adsorción	Contaminación	Medio ambiente
Fecha de publicación:	Noviembre 2018			
Editorial:	Quevedo: UTEQ, 2018.			
Resumen:	El presente trabajo de investigación se realizó en el laboratorio de investigación de la unidad de suelo y aguas de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo; se aprovechó la cascarilla de arroz del sector productivo de Los Ríos. En esta provincia, la cascarilla de arroz es considerada como desecho agrícola, que causa contaminación ambiental debido a su acumulación o a los gases desprendidos durante su incineración. Se elaboró carbón activado a partir de la cascarilla de arroz, mediante activación química con H_3PO_4. Las condiciones de preparación de los carbones se han fijado mediante diseño experimental, cuyas variables de diseño han sido: tamaño de partícula, temperatura y tiempo. Los resultados reportan que el mejor tratamiento en mufla para producir carbón dirigido a la depuración de agua contaminada corresponde a un tamaño de partícula de 425 μ, sometida a 350 °C durante 3 horas. La depuración de agua contaminada fue eficiente de acuerdo a los resultados obtenidos, los cuales refieren disminución en todos los parámetros estudiados.			
Descripción:	68 hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM 6162			
URI:	<u>(en blanco hasta cuando se dispongan los repositorios)</u>			

INTRODUCCION

A lo largo de la historia se conoce que el 71% de la superficie del planeta Tierra está cubierta de agua, de la cual el 0,75% (8 millones de km³) es agua dulce, repartida en aguas superficiales y subterráneas y el 0.2% flota en la atmósfera (1).

El recurso hídrico es un elemento primordial para la vida y el desarrollo socioeconómico(2). Los ríos, riachuelos, arroyos y quebradas son ecosistemas acuáticos de aguas corrientes o lólicas, asociados comúnmente a lugares de erosión, transporte y sedimentación de materiales”, razón por lo cual la mayor parte de este, se encuentra con algún grado de contaminación(3).

La naturaleza de las aguas en Ecuador ha sido determinada por el grado de contaminación del agua superficial proveniente de fuentes domésticas (cloacas), actividades agrícolas y la producción de petróleo en la región del Amazonas. La deforestación y las inadecuadas prácticas del uso del terreno también han acelerado la erosión de la tierra, desencadenando un incremento de cargas de sedimentos en ríos y arroyos del país(4).

En los últimos años se ha producido un gran desarrollo de las políticas ambientales, que hoy día exigen una menor generación de residuos procedentes de producciones industriales y un mayor control sobre los residuos generados. En un primer momento, estas políticas buscaban el control de las emisiones una vez producidas para corregir sus efectos contaminantes(5).

Estudios realizados refieren que el uso de productos químicos en plantaciones agrícolas han generado contaminación de los suelos, la misma que por procesos de infiltración, lixiviación y escorrentía han sido dirigidos a las fuentes de aguas superficiales y subterráneas, provocando una creciente contaminación de los afluentes por metales pesados, los cuales han sido reconocidos como peligros para la salud del hombre y la biota acuática(6), ya que no pueden ser degradados(7), se acumulan en el cuerpo humano e inciden de manera directa en la alimentación de los animales y riego de los cultivos.

Las propiedades de los carbones activados dependen de la naturaleza de los materiales de partida, las condiciones utilizadas en el proceso de obtención, el tipo de activante elegido, y del tratamiento final del producto entre sus aplicaciones: a. Eliminación de impurezas que causan color, olor y sabor en el agua potable, b. Tratamiento de aguas residuales e industriales(8).

Es por esto que la calidad del agua potable es un factor determinante en el bienestar humano. Las enfermedades propagadas por agua potable contaminada con materia fecal, diezmaron a la población de ciudades enteras. Incluso actualmente, el agua insalubre contaminada por fuentes naturales o humanas sigue causando disminución en la calidad del agua y por ende la vida de los seres vivos; se da la presencia de epidemias ocasionales, de enfermedades bacterianas y virales ocasionadas por agentes infecciosos transportados al ser humano mediante el consumo de agua potable, tales como el cólera, poliomielitis y otras enfermedades (6).

La filtración con carbón activado reduce los niveles de compuestos hidrocarbonados clorurados, nitrobenzenos, aldehídos y alcanos. El carbón activado reduce los niveles de los peligrosos trihalometanos, sin embargo en el tratamiento público de las aguas no suelen usar filtros después de la desinfección en el proceso de tratamiento del agua(9). En el presente estudio se utilizará los resultados obtenidos en los trabajos “titulados Calidad del agua destinada al consumo humano en un cantón de Ecuador”. Esta información nos proveerá datos relevantes de la calidad del agua del recurso hídrico en el sector a estudiar, la cual permitirá analizar y determinar las técnicas de filtración de agua en el canton Quevedo(6).

Adicionalmente el producto obtenido fue sometido a una prueba de adsorción con azul de metileno con la finalidad de comprobar su capacidad para adsorber contaminantes presentes en el agua potable (10).

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

Actualmente, una de las mayores necesidades de la población mundial es la disponibilidad de agua potable para tener una calidad de vida óptima, fundamental para un desarrollo justo, sostenible y sano para cualquier país. En los países en desarrollo se manifiesta la carencia de agua potable por varias causas, entre las que se encuentran la falta de recursos hídricos, la contaminación de las fuentes de agua o incluso problemas de orden financiero, que no permiten la implementación de sistemas de tratamiento, potabilización y distribución del agua a la población(2).

Estudios reportados en el cantón Quevedo, han diagnosticado que el agua potable que se suministra a la población es de mala calidad, lo que puede incidir de manera directa a problemas de salud en sus habitantes.

1.1.1.1. Diagnóstico

Los resultados de estudios reportan que el agua potable del cantón Quevedo prese deterioro en su calidad, no solo afecta a los organismos que viven en ella, además a las poblaciones asentadas en sus riberas ya que usan el agua para actividades domésticas.

El río es una fuente de agua pero al contaminarla con desechos, se lo está transformando en un sumidero de basura, ya que coincidentemente, la recolección de basura es deficiente en la ciudad, la población encuentra más fácil arrojar desperdicios al río como una manera rápida de deshacerse de trastos domésticos y muchas veces hasta animales que han muerto.

1.1.1.2. Pronostico

Los contaminantes del agua pueden provenir de una variedad de fuentes que causan daño a la salud humana (6). La sociedad en que vivimos hace indispensable analizar la calidad del agua para proveer estrategias que ayuden a disminuir los índices de contaminación a los que han sido expuestas.

En este sentido, el tratamiento de las aguas permite disminuir los problemas epidémicos (9) y afectación a la salud humana. Por ende, aplicar carbón activado, el cual es un proceso ampliamente utilizado, ayuda a disminuir los niveles de contaminación del agua.

1.1.2. Formulación del problema

“El establecimiento del sistema de filtración con carbón activado a partir de la cascarilla de arroz mejorara la calidad de agua en el cantón Quevedo provincia de Los Ríos, año 2018”.

1.1.2.1. Sistematización del problema

- ¿De qué manera los filtros de carbón activado son eficientes para la captación de contaminantes presentes en el agua?
- ¿Los desechos agrícolas aportan los filtros de carbón activado para captar los contaminantes del agua?
- ¿El establecimiento del sistema de filtros de carbón activado mejorara la calidad del agua en el cantón Quevedo?

1.2. Objetivos

1.2.1. General

Aplicar carbón activado proveniente de la cascarilla del arroz como filtro purificador de agua

1.2.2. Específicos

- Obtener carbón activo a partir de la cascarilla del arroz.
- Evaluar el carbón activado como filtro purificador de agua para uso doméstico.
- Diseñar y construir un filtro de carbón activado a partir de la cascarilla de arroz para uso doméstico.

1.3. Justificación

El cultivo del arroz es considerado como una de las actividades agrícolas más importantes, a nivel mundial, es el segundo en producción y el tercero en área de los cereales. La gran producción de dicho cereal ocasiona una elevada generación de residuos agrícolas, puesto que la cascarilla de arroz constituye aproximadamente un 20% en peso del grano, generando problemas por la acumulación de este desecho y por lo general es incinerada causando contaminación ambiental.

En la actualidad, la restauración de los recursos hídricos es un tema de vital importancia para un país ya que involucra aspectos ambientales, sociales y económicos”. El agua es considerada la víctima común del manejo inadecuado de las aguas generadas por las diferentes actividades humanas(11). Por ello, se han planteado diversas propuestas tecnológicas innovadoras con el fin de corregir este tipo de contaminación, como es la utilización de filtros hechos de carbón activado(8).

Es pertinente entonces, hacer frente a esta problemática sometiendo el agua a una serie de procesos o técnicas de filtración, a fin de depurarla y aprovecharla en beneficio del ser humano. Los estudios de filtración con carbón activado realizados hasta la presente fecha han demostrado ser uno de los mejores sistemas de filtro para captar contaminantes presentes en el aguas(12).

Es por ello, que la presente investigación busca valorizar la cascarilla de arroz, mediante el carbón activado, material con una gran capacidad de absorber una amplia gama de contaminantes presentes en el agua(10).

1.4. Hipótesis

H1: El carbón activado que tiene como resultado una mayor absorción es de tamaño 2-3 mm con una temperatura de 350 °C y a 20 minutos de tiempo.

H0: El carbón activado que tiene como resultado una menor absorción es de tamaño 2-3 mm con una temperatura de 350 °C y a 20 minutos de tiempo.

CAPÍTULO II
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco teórico

2.1.1. Agua

El agua contiene diversas sustancias químicas y biológicas disueltas o suspendidas en ella. Desde el momento que se condensa en forma de lluvia, el agua disuelve los componentes químicos de sus alrededores, corre sobre la superficie del suelo y se filtra a través del mismo. Además el agua contiene organismos vivos que reaccionan con sus elementos físicos y químicos. Por estas razones suele ser necesario tratarla para hacerla adecuada para su uso como provisión a la población. El agua que contiene ciertas sustancias químicas u organismos microscópicos puede ser perjudicial para ciertos procesos industriales, y al mismo tiempo perfectamente idóneo para otros. Los microorganismos causantes de enfermedades que se transmiten por el agua la hacen peligrosa para el consumo humano. Las aguas subterráneas de áreas con piedra caliza pueden tener un alto contenido de bicarbonatos de calcio (dureza) y requieren procesos de ablandamiento previo a su uso. De acuerdo al uso que se le dará al agua, son los requisitos de calidad de la misma. Por lo común la calidad se juzga como el grado en el cual se ajusta a los estándares físicos, químicos y biológicos fijados por normas nacionales e internacionales. Es importante conocer los requisitos de calidad para cada uso a fin de determinar si se requiere tratamiento y qué procesos se deben aplicar para alcanzar la calidad deseada. Los estándares de calidad también se usan para vigilar los procesos de tratamiento y corregirlos de ser necesario. El agua se evaluará en cuanto a su calidad ensayando sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas. Es necesario que los ensayos que evalúan dichos parámetros de calidad, deben tener aceptación universal a fin de que sean posibles las comparaciones con los estándares de calidad(13).

En zonas urbanas el consumo de agua se determina de acuerdo con el tipo de usuarios, se divide según su uso en: doméstico y no doméstico; el consumo doméstico, se subdivide según la clase socioeconómica de la población en alto, medio y bajo. El consumo no doméstico incluye el comercial, el industrial y de servicios públicos; a su vez, el consumo industrial se clasifica en industrial de servicio e industrial de producción (11).

2.1.1.1. El agua dulce

El agua dulce no posee importantes cantidades de sales, en Ecuador en el anexo 1 del Libro VI del TULSMA se refiere a valores inferiores a 0,5 UPS (unidad práctica de salinidad que representa la cantidad de gramos de sales disueltas por kg de agua), la misma proviene de dos fuentes: agua superficial y agua subterránea (mantos freáticos)(14).

2.1.1.2. Importancia del agua

La vida depende del agua por tal es un elemento imprescindible para el organismo humano, su importancia radica en que nuestro organismo está formado principalmente por agua, alcanzando una proporción del 60%. Sin el agua, el organismo humano, animal y vegetal se deteriora rápidamente, en un proceso llamado deshidratación que conduce, si no se ingiere este líquido, a la muerte (15).

2.1.1.3. Contaminación del agua

Por "contaminación" se entiende la introducción de desechos u otras materias en el agua, resultante directa o indirectamente de actividades humanas, que tenga o pueda tener efectos perjudiciales tales como causar daño a los recursos vivos y a los ecosistemas marinos, entrañar peligros a la salud del hombre, entorpecer la actividades marítimas, incluidas la pesca y otros usos, deteriorar la calidad del agua en lo que se refiere a su utilización y menoscabar las posibilidades de esparcimiento(16).

El agua es un recurso natural indispensable para la vida. Constituye una necesidad primordial para la salud, por ello debe considerarse uno de los derechos humanos básicos. En las sociedades actuales el agua se ha convertido en un bien muypreciado, debido a la escasez, es un sustento de la vida y además el desarrollo económico está supeditado a la disponibilidad de agua. El ciclo natural del agua tiene una gran capacidad de purificación. Pero esta misma facilidad de regeneración y su aparente abundancia hace que sea el vertedero habitual de residuos: pesticidas, desechos químicos, metales pesados, residuos

radiactivos, etc. La degradación de las aguas viene de antiguo pero ha sido en este siglo cuando se ha extendido este problema a ríos y mares de todo el mundo. La escasez del agua se debe fundamentalmente a:

1. La explosión demográfica.
2. La contaminación, se ha incrementado al mismo ritmo que el desarrollo industrial, tanto las superficiales como las subterráneas.
3. Al incremento de las demandas.

❖ Fuentes de contaminación

1º Fuentes naturales. Dependiendo de los terrenos que atraviesa el agua puede contener componentes de origen natural procedentes del contacto con la atmósfera y el suelo (Ej. Sales minerales, calcio, magnesio, hierro etc.). Aunque pueden ser nocivos para la salud, en general son sustancias que se pueden identificar fácilmente y eliminar.

2º Fuentes artificiales. Producidas como consecuencia de las actividades humanas. El desarrollo industrial ha provocado la presencia de ciertos componentes que son peligrosos para el medio ambiente y para los organismos y difíciles de eliminar(3).

2.1.2. Calidad del agua

Es la condición general del agua en diversos usos, está determinada por la hidrología, la fisicoquímica y la biología de la masa de agua a que se refiera ya que estos indican el origen, cantidad del agua y el tiempo de permanencia, entre otros datos. Estas condiciones tienen relevancia ya que, según los tipos de sustratos por los que viaje el agua, esta se cargará de unas sales u otras en función de la composición y la solubilidad de los materiales de dicho sustrato (17).

Según el acuerdo 061 de la Reforma al Libro VI de la Calidad Ambiental establece que: “La calidad del agua depende de las características físicas, químicas y microbiológicas que conforman sus propiedades y la hacen apta para el consumo humano, el bienestar de la población y el equilibrio ecológico”(18).

Los parámetros considerados en la investigación son:

Potencial de hidrogeno: El pH tiene una escala de medida de 0 a 14, representa la acidez o alcalinidad del cuerpo de agua, configurándose de 0 a 7 como una sustancia ácida y desde 7 a 14 como alcalina, un valor de pH 7 indica neutralidad. Las aguas naturales pueden tener pH ácido debido al SO₂, CO₂ disueltos. Las aguas contaminadas por descargas de aguas residuales suelen tener un pH muy ácido.

Turbidez: La turbidez se define como la falta de transparencia en el agua debido a la presencia de sólidos disueltos en ella. La turbidez es un indicador del material suspendido que puede ser originado por los sedimentos provenientes de las cuencas hidrográficas o vertimientos domésticos y/o industriales.

Sólidos disueltos: Es la denominación que reciben todos los sólidos a disueltos en un medio acuoso y que sólo pueden quedar retenidos en un proceso de filtración fina a través de una membrana con poros de 2.0 µm.

Sólidos totales: La determinación de ST se realiza, evaporando un volumen conocido de muestra y secando el residuo en estufa a 105 °C, hasta pesada constante, indicándose el resultado en mg/L.

Fosfatos: El fósforo elemental no se encuentra habitualmente en el medio natural, pero los ortofosfatos, pirofosfatos, metafosfatos, polifosfatos y fosfatos orgánicamente unidos sí se detectan en aguas naturales y residuales. El fósforo es considerado como un macronutriente esencial, siendo acumulado por una gran variedad de organismos vivos(19).

Demanda bioquímica de oxígeno (5 días): Es la cantidad total de oxígeno disuelto consumida por los microorganismos durante los primeros cinco días de biodegradación de la materia orgánica presente en el agua. Su valor da idea de la calidad del agua desde el punto de vista de la materia orgánica presente y permite prever cuanto oxígeno será necesario para la depuración de esas aguas.

Sulfatos: Es la forma oxidada estable del azufre, siendo muy soluble en agua. Sin embargo, los sulfatos de plomo, bario y estroncio son insolubles. El sulfato disuelto puede ser reducido a sulfito y volatilizado a la atmósfera como H₂S, precipitado como sales insolubles o incorporado a organismos vivos. Los sulfatos sirven como fuente de oxígeno a las bacterias, en condiciones anaeróbicas, convirtiéndose en sulfuro de

hidrógeno. Pueden ser producidos por oxidación bacteriana de los compuestos azufrados reducidos, incluyendo sulfuros metálicos y compuestos orgánicos.

Nitratos: Es un contaminante común que se encuentra en el agua y que puede provocar efectos nocivos si se consume en altos niveles. El nitrato es inodoro e incoloro. Bajas concentraciones de nitrato son normales, pero altas cantidades pueden contaminar nuestra fuente de agua potable. Fuentes comunes de nitrato son los fertilizantes, estiércol, compost y pozos sépticos.

Oxígeno disuelto: Es un parámetro indicativo de la calidad de un agua. Se determina “in situ” mediante electrodo de membrana o por yodometría fijando el oxígeno con sulfato de magnesio, expresándolo como mg/L de oxígeno disuelto en la muestra de agua. Deben tomarse las debidas precauciones para no arrastrar ni disolver oxígeno del aire durante la manipulación de la muestra, efectuándose el ensayo antes de cuatro días, conservando las muestras en recipientes de vidrio en ausencia de luz.

Temperatura de agua: La temperatura del agua tiene una gran importancia en el desarrollo de los diversos procesos que en ella se realizan, de forma que un aumento de la temperatura modifica la solubilidad de las sustancias, aumentando la de los sólidos disueltos y disminuyendo la de los gases.

Un aumento anormal (por causas no climáticas) de la temperatura del agua, suele tener su origen en el vertido de aguas utilizadas en procesos industriales de intercambio de calor. La temperatura se determina mediante termometría (20).

2.1.3. Carbón activado

El carbón activado es un producto que posee una estructura cristalina reticular similar a la del grafito solo que el orden en la estructura del carbón activado es menos perfecta; es extremadamente poroso y puede llegar a desarrollar áreas superficiales del orden de 500 a 1,500 metros cuadrados o más, por gramo de carbón. El área de superficie del carbón activado varía dependiendo de la materia prima y del proceso de activación. Son las altas temperaturas, la atmósfera especial y la inyección de vapor del proceso de fabricación del carbón activado lo que “activa” y crea la porosidad, dejando mayormente una “esponja” de esqueleto de carbón(21).

Es conveniente analizar primero el proceso de adsorción, para comprender mejor como el carbón activado realiza su función. La adsorción es un proceso por el cual los átomos en la superficie de un sólido, atraen y retienen moléculas de otros compuestos. Estas fuerzas de atracción son conocidas como "fuerzas de Van Der Waals". Por lo tanto al ser un fenómeno que ocurre en la superficie mientras mayor área superficial disponible tenga un sólido, mejor adsorbente podrá ser(21).

2.1.3.1.Importancia

El filtro de carbón funciona principalmente por el proceso de adsorción. La adsorción, lo que significa una interacción superficial entre las especies disueltas y el carbón, es diferente de absorción, lo que esencialmente significa "tomar" o "tomar en." Para ser exactos, sin embargo, en el tratamiento de aguas contaminantes difusos en los poros de carbón (absorción) donde se unen a las superficies de carbón (adsorción). Esto ha llevado a un amplio uso del término no específico "sorción".

Es importante comprender el mecanismo de adsorción ya que permite predecir con cierto grado de aproximación el comportamiento del carbón activado en muchas de las aplicaciones que puede tener.

Existen dos tipos de fenómenos de adsorción: Fisisorción y Quimisorción.

Fisisorción: Ésta es la más común para el caso de carbón activado, en este tipo de adsorción no existe intercambio de electrones entre adsorbente y adsorbato, lo que permite que el proceso sea reversible.

Quimisorción: Ésta es menos frecuente, este tipo de adsorción suele ser irreversible debido a que ocurren modificaciones de las estructuras químicas del adsorbato y del adsorbente(21).

2.1.3.2. Características

El carbón activado posee la virtud de adherir o retener en su superficie uno o más componentes (átomos, moléculas, iones) que se encuentran disueltas en el líquido que está en contacto con él. Este fenómeno se denomina poder adsorbente. La adsorción es la responsable de purificar, deodorizar y decolorar el agua u otros líquidos o gases que entren en contacto con el elemento adsorbente.

Un carbón que se activa arriba de 600 °C en ausencia de oxígeno y que se enfría en una atmósfera inerte resulta cargado negativamente, se denomina carbón H, y adsorbe preferentemente moléculas ácidas en una solución líquida.

Si la activación se hace en presencia de oxígeno y a menos de 500 °C, el carbón activado queda cargado positivamente, se llama carbón L y tiene mayor avidez por moléculas básicas de una solución líquida. En caso de que el carbón se active a temperaturas cercanas a 500 o 600 °C, o a temperaturas superiores pero en contacto con oxígeno durante su enfriamiento, entonces adsorbe por igual tanto ácidos como bases.

Actualmente el carbón activado puede ser producido a partir de cualquier material rico en carbono, pero sus propiedades estarán muy influenciadas por la naturaleza de la materia prima con que es producido y por la calidad del proceso de activación(21). Entre las principales fuentes se destacan: carbones minerales, concha de coco y maderas.

2.1.3.3. Uso como filtro depurador de aguas

Mejorar la calidad del agua consiste en mitigar la enfermedad que causan los agentes biológicos (patógenos), así como los contaminantes dañinos y compuestos químicos no dañinos que imparten un sabor, olor o apariencia desagradable.

El filtro de carbón funciona principalmente por el proceso de adsorción. La adsorción, lo que significa una interacción superficial entre las especies disueltas y el carbón, es diferente de absorción, lo que esencialmente significa "tomar" o "tomar en." Para ser exactos, sin embargo, en el tratamiento de aguas contaminantes difusos en los poros de

carbón (absorción) donde se unen a las superficies de carbón (adsorción). Esto ha llevado a un amplio uso del término no específico "sorción".

Hay, sin embargo, algunas diferencias importantes entre el carbón de leña generado localmente y el carbón activado comercial. Primero, el carbón local (idealmente) está hecho a partir de residuos agrícolas y forestales y biomasa leñosa renovable y ambientalmente sustentable. La mayoría de carbones activados comerciales se hacen a partir de sub-bituminoso carbón de lignito (no renovable). Ambos carbones locales y carbones activados se someten a una etapa de carbonización donde se calienta el material de alimentación a varios cientos de grados Celsius bajo una atmósfera de oxígeno restringida. Sin embargo, los carbones comerciales son posteriormente "activados" por procesos físicos y / o químicos para desarrollar su reactividad y la estructura interna de poros, usando vapor a alta presión, dióxido de carbono, o ácidos. En otras palabras, la etapa de activación es un proceso industrial que requiere instalaciones, energía, equipos y reactivos que no es accesibles en comunidades rurales.

Investigaciones recientes sobre la diversidad biológica en filtros de carbón activado ha demostrado sinergismo entre adsorción y mecanismos de biodegradación para mejorar la remoción de compuestos orgánicos sintéticos COS. La eficacia de la combinación de adsorción-biodegradación es más alta que solamente los procesos de adsorción o biodegradación. La adsorción por el carbón atenúa contaminantes disueltos dando tiempo para su distribución por la biopelícula, que a su vez libera sitios superficiales sobre el carbono para sorción adicional, extendiendo la vida de los medios del filtro. Incluso algunos compuestos típicamente clasificados como no-biodegradables se descomponen en biofiltros de carbón que están en uso por muchos años. La exposición a los contaminantes retenidos por el carbón durante periodos de semanas o meses permite que los microorganismos se aclimaten y desarrollan las vías enzimáticas necesarias para descomponer algunos compuestos que de otra manera son ambientalmente recalcitrantes. Así, la sinergia entre los procesos de biodegradación y adsorción puede dar lugar a una eliminación neta de unos COS peligrosos del sistema(22).

2.2. Marco referencial.

2.2.1. El carbón activado como filtro depurador de aguas contaminadas

En el trabajo investigativo titulado “adsorción del colorante amarillo anaranjado en solución acuosa utilizando carbones activados obtenidos a partir de desechos agrícolas”, se estudió la remoción del colorante amarillo anaranjado con diferentes tipos de carbón activado, obtenidos a partir varias fuentes de desechos agrícolas. Los carbones se caracterizaron mediante espectroscopía infrarroja, difracción de rayos X y microscopía electrónica de barrido, obteniéndose resultados típicos de materiales carbonosos. El área superficial del carbón activo, se determinó mediante isothermas de nitrógeno. De igual manera, se evaluó la isoterma de remoción del colorante teniendo en cuenta el efecto del tiempo de contacto, el pH, la concentración inicial y la cantidad de adsorbente. El carbón de tusa de maíz mostró mayor porcentaje remoción de colorante con respecto a los carbones cáscara de coco y cascarilla de arroz. El modelo de isoterma de Langmuir se ajusta de manera más apropiada a estos resultados. Se encontró que el modelo cinético de pseudo segundo orden describe muy bien el proceso de adsorción del colorante amarillo anaranjado con los carbones activados. Palabras clave: Carbón activado, amarillo anaranjado, isoterma de Langmuir, modelo cinético de pseudo segundo orden, isoterma de nitrógeno (Ensuncho, Robles, & Garriazo, 2015).

En los resultados obtenidos en la investigación titulada: “Pirólisis de residuos agrícolas: estudio comparativo de cáscara de maní y cáscara de arroz” Se realizó pirólisis de residuos biomásicos de origen agrícola en un reactor de lecho fijo a diferentes temperaturas, en el rango de 350°C a 650°C. Se investigó el efecto de la temperatura de pirólisis y el tipo de biomasa sobre el rendimiento y composición de los productos de reacción (bio-oil, bio-gas y bio-carbón), encontrándose que las temperaturas óptimas son de 550°C para la cáscara de arroz y 500°C para la cáscara de maní. El máximo rendimiento a bio-oil fue de 45.35% para el primero y de 50.76% para el segundo. No se encontraron diferencias significativas en la composición química de los bio-oils obtenidos a esas temperaturas (Fermanelli, Saux, & Pierella, 2015).

2.3. Marco legal

2.3.1. Constitución Política del República del Ecuador

Promulgada en 1998; Registro Oficial No.449, del 20 de Octubre de 2008 (Constitucion de la Republica del Ecuador, 2008).

Título II Derechos. Capítulo Segundo: Derechos del Buen Vivir

Sección Primera: Agua y Alimentación

- Art. 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.

Sección Segunda: Ambiente Sano

- Artículo 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

2.4. Plan Nacional Del Buen Vivir - PNBV (2013-2017)

PNBV. Objetivos del Buen Vivir. Objetivo 7, Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental territorial y global (Plan Nacional del Buen Vivir - PNBV (2013-2017)).

Capitulo Segundo, Derechos del buen vivir - Sección Primera

2.2.1 Art. 411.- El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo

hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua.

2.2.2 Ley Orgánica de Salud

Titulo único.- Capítulo I. Del agua para consumo humano.

▪ Art. 96. Declárase de prioridad nacional y de utilidad pública, el agua para consumo humano. Es obligación del Estado, por medio de las municipalidades, proveer a la población de agua potable de calidad, apta para el consumo humano.

Toda persona natural o jurídica tiene la obligación de proteger los acuíferos, las fuentes y cuencas hidrográficas que sirvan para el abastecimiento de agua para consumo humano. Se prohíbe realizar actividades de cualquier tipo, que pongan en riesgo de contaminación las fuentes de captación de agua.

La autoridad sanitaria nacional, en coordinación con otros organismos competentes, tomarán medidas para prevenir, controlar, mitigar, remediar y sancionar la contaminación de las fuentes de agua para consumo humano.

2.4.1. Acuerdo Ministerial No. 061 de la Reforma al Libro VI Calidad de Ambiental

Parágrafo I.- Del agua

Art. 209 de la calidad del agua.- Son las características físicas, químicas y microbiológicas que establecen la composición del agua y la hacen apta para satisfacer la salud, el bienestar de la población y el equilibrio ecológico.

La evaluación y control de la calidad de agua, se la realizará con procedimientos analíticos, muestreos y monitoreo de descargas, vertidos y cuerpos receptores; dichos lineamientos se encuentran detallados en el Anexo I.

ANEXO 1: Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua

La presente norma técnica determina o establece: a) Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de

alcantarillado; *b)* Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; y, *c)* Métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.

Asimismo, plantea los criterios de calidad según sus diferentes usos:

- a. Criterios de calidad para aguas destinadas al consumo humano y uso doméstico, previo a su potabilización.
- b. Criterios de calidad para la preservación de flora y fauna en aguas dulces frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuarios.
- c. Criterios de calidad para aguas subterráneas.
- d. Criterios de calidad para aguas de uso agrícola o de riego.
- e. Criterios de calidad para aguas de uso pecuario.
- f. Criterios de calidad para aguas con fines recreativos.
- g. Criterios de calidad para aguas de uso estético.
- h. Criterios de calidad para aguas utilizadas para transporte.
- i. Criterios de calidad para aguas de uso industrial.

CAPÍTULO III
MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización del área de estudio.

El cantón Quevedo se encuentra ubicado entre las cotas 50-150 msnm, con superficie de 191,17 km², a Latitud: 1° 02' 00" S y Longitud: 79° 27' 00" O de Latitud y en las Coordenadas UTM: X: 9871000 Y: 666900 en la Zona 17 sur WGS 84.

3.1.1. Límites geográficos del cantón Quevedo

El cantón Quevedo, Provincia de Los Ríos, limita con los cantones: Valencia (norte), Mocache (sur), Quinsaloma y Ventanas (este) y El Empalme (Oeste), éste último pertenece a la provincia del Guayas y los tres primeros a la provincia de Los Ríos.

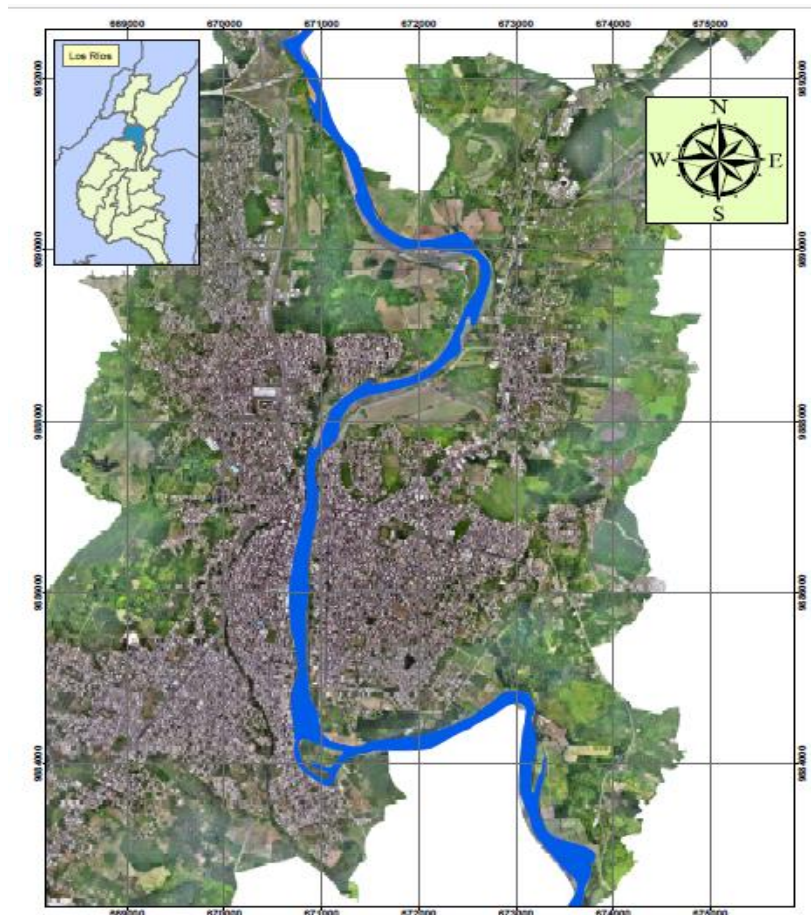


Ilustración 1: Ubicación del Cantón Quevedo

Fuente: INEC, SENPLADES, IGM

3.2. Características meteorológicas de Quevedo

Las condiciones meteorológicas promedio del cantón Mocache determinadas por la Estación Experimental Tropical Pichilingue (INIAP) se muestra en el (Cuadro 1).

PARÁMETROS	PROMEDIO
Temperatura, °C	25,47
Humedad Relativa, %	85,84
Precipitación, mm año ⁻¹	2223,85
Heliofanía, horas luz año ⁻¹	898,66
Zona ecológica	Bosque Semi Húmedo Tropical
Topografía	Irregular

Cuadro 1. Condiciones Meteorológicas del canton Quevedo.
Fuente: INIAP - Estación Experimental Tropical Pichilingue

3.3. Tipo de investigación

3.3.1. Investigación Exploratoria

Corresponde a una investigación exploratoria, ya que en el cantón Quevedo no se han reportado estudios de aplicación de carbón activado en la purificación de aguas, lo que le confiere relevancia al presente estudio.

3.3.2. Investigación Descriptiva

Se aplicó la investigación descriptiva para detallar las técnicas de filtración establecida que se aplican en procesos de mejoras y recuperación de la calidad de aguas (23), a fin de seleccionar la más adecuada para la purificación del agua destinada al consumo humano en el cantón Quevedo.

3.4. Métodos de investigación

3.4.1. Método deductivo

Por la composición química (lignocelulosa) que posee la cascarilla de arroz y los reportes de investigaciones realizadas, se deduce la capacidad adsorbente de productos contaminantes, por lo que se estudió el proceso físicos para obtener carbón activado.

3.4.2. Método inductivo

El tamaño de partícula, temperatura y tiempo de carbonización y activación física a través de análisis estadísticos determinó el proceso idóneo para obtener carbón activado que depure el agua destinada a consumo humano en el cantón Quevedo.

3.4.3. Método Analítico

El método permite explicar la influencia del tamaño, temperatura y tiempo de activación física y química en la producción de carbón activado con mayor capacidad de adsorción de productos contaminantes en el agua destinada a consumo humano.

3.5. Fuentes de recopilación de información

Se usó fuentes primarias y secundarias las que permitieron obtener información de la investigación.

3.6. Diseño de la investigación

3.6.1. Material de partida

El material de partida es cascarilla de arroz, de la variedad *Oriza sativa*, conocida como arroz cacao por su característica color (colorado) de la cascarilla y fue obtenida en el comercial Franco Jr. proveniente del Cantón Mocache.

3.6.2. Preparación del absorbente

El arroz recién cosechado fue pesado y secado a temperatura ambiente. Se pilo y se obtuvo datos de peso en húmedo y seco para determinar la humedad y porcentaje de cascarilla por cada 100 lb de grano en estado húmedo. Se utilizó la cáscara de arroz seca, la cual fue lavada con agua destilada y llevada a 110°C durante 1 hora en estufa para eliminar la humedad.

Rendimiento de la cascarilla de arroz

Para establecer el rendimiento de cascarilla de arroz se pesó en kilogramos la materia prima antes del proceso de secado y, posterior a este, se aplicó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ rendimiento} = \frac{\text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

Contenido de humedad en base seca

El contenido de humedad en base seca se obtuvo de acuerdo a las normas ASTM y se aplicó la siguiente ecuación:

$$H = \frac{m_h - m_s}{m_h} \times 100$$

Donde:

H = contenido de humedad, %.

m_h = masa de muestra húmeda, g.

m_s = masa de muestra seca, g.

3.6.3. Activación física

En el proceso de activación física, la cascarilla de arroz fue sometida de manera directa a carbonización. Se utilizó la cascarilla de arroz deshidratada a temperatura ambiente, la cual fue molida y tamizada en un tamiz de malla 1-2mm, 2-3mm y 425 μ .

1. Se pesó y llevó a mufla 5 gramos de la materia prima (1-2mm, 2-3mm y 425 μ) a 250°C, 300°C; 350 °C; durante 20, 30 y, 45 Minutos.
2. El carbón obtenido fue lavado por tres ocasiones con agua destilada o hasta que no presente coloración.
3. Se secó en estufa a 110 °C durante 2 horas (hasta que se observó que ha perdido la humedad).
4. Se peso el producto obtenido y se registró los datos para el análisis estadístico respectivo.

Calculo del rendimiento del producto

Para calcular el rendimiento, se peso en gramos la muestra antes y despues del proceso de generación del carbón activado, con lo cual se obtuvo el rendimiento aplicando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ rendimiento} = \frac{\text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

Calculo del contenido de material volátil

En un crisol tarado se peso 1 g de muestra seca, debidamente tapado, sometido a una mufla a 350°C por una hora, posteriormente se retiro y se llevo a un desecador hasta enfriarse. Se pesó a temperatura ambiente (el peso corresponde a los compuestos no volátiles), aplicando la siguiente ecuación:

$$MV = \frac{m_s - m_{nv}}{m_s} \times 100$$

Donde:

MV = contenido de material volátil, %.

M_{nv} = masa de compuestos no volátiles, g.

Ms = Masa seca, g

Calculo del contenido de ceniza y carbón fijo

Se pesó en un crisol tarado 5 g de muestra seca, la cual fue llevada a mufla a 350°C durante tres horas, posteriormente se retiró de la mufla y se llevó a un desecador hasta enfriarse y se pesó a temperatura ambiente. Se aplicó la siguiente ecuación:

$$\% Ce = \frac{\text{Peso del residuo de incineración}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

Donde:

C_e = contenido de ceniza, %.

C_f = contenido de carbón fijo, %.

m_{ce} = masa de ceniza, g.

m_v = material volátil

El carbón fijo también se lo obtuvo por diferencia, utilizando la siguiente ecuación:

$$\% C_f = 100 - (\% \text{ Humedad} + \% \text{ cenizas} + \% \text{ Material volátil})$$

3.6.4. Prueba de adsorción con azul de metileno

A todas las muestras obtenidas del proceso de activación se realiza la prueba de absorción para determinar cual cumple con el mayor rendimiento de absorción.

El azul de metileno se preparó en frío a distintas concentraciones dependiendo del uso asignado. En este caso, se consideró en 50 y 100 ppm.

Se preparo 500 ml de una solución de azul de metileno a 100ppm en agua destilada, y a partir de esta, se preparó una solución de 50 ppm en 250 ml de agua destilada.

La curva patrón de azul de metileno se realizó de la siguiente manera: Se prepararon cinco puntos de la curva patrón a las siguientes concentraciones 0,2ppm; 0,5ppm; 0,7ppm; 1ppm; 1,5ppm y se hicieron las respectivas medidas en el Espectofotometro de luz ultravioleta a una longitud de onda de 664 nm donde se encuentra el máximo de absorción para el azul de metileno, los resultados se muestran en la Tabla 6.

Para la prueba de absorción con azul de metileno se procedió a pesar 0,1 g de carbón activado de cascarilla de arroz y se le adiciono a 25 mL de la solución de azul de metileno

a 50 ppm y se llevo a agitación por 30 minutos, al tiempo transcurrido se procedio a filtrar y se midio en el espectrofotómetro a la longitud de onda ya establecida (664nm).

3.6.5. Cinetica de absorción con el azul de metileno

La muestra de carbón activo con mejor resultado de absorción con azul de metileno se realizó la cinética en una concentración de 100 ppm de carbón activo en 500 ml de una solución de azul de metileno a 50ppm en lo cual cada 10 min se tomó 20 ml para hacer las medidas en el espectrofotómetro de luz ultravioleta invisible a la longitud de onda establecida (664 nm).

3.6.6. Prueba de adsorción de contaminantes en agua de pozo

Se realizó tres análisis de calidad de agua de las siguientes muestras:

- 1) Agua tomada de manera directa de la fuente 15 días antes de las pruebas de adsorvancia.
- 2) Agua tomada el día de la prueba de adsorvancia con azul de metileno.
- 3) Despues del proceso de purificacion con carbón activado. Se determinó la turbidez, pH, sólidos disueltos totales, fosfatos, nitratos, DBO5, oxígeno disuelto y temperatura.

3.7. Instrumentos de investigación.

Se utilizó como instrumentos de investigación, procedimientos experimentales a través de la toma de muestras de agua, activación física de carbón activado y, capacidad de depuración en azul de metileno.

3.8. Tratamiento de los datos

El analisis de los resultados se realizò utilizando el arreglo $L_9 (3)^3$ del Modelo Taguchi con el programa estadístico Minitab.

3.9. Recursos humanos y materiales

El equipo de investigación estuvo formado por cinco técnicos de la UTEQ y 2 técnicos de la I. Municipalidad del cantón Quevedo, así como el dirigente barrial de la ciudadela

municipal Mi Pais. Los materiales y equipos que se utilizaran en la investigación se describen a continuación:

Agenda para apuntes, gps, cámara fotográfica, material de oficina y papelería, materia prima (cascarilla de arroz), papel filtro watman No. 40, pipetas graduadas, picetas, soporte de embudo balones aforados, vasos de precipitación, embudos de vidrio, erlenmeyer, tamiz de acero inoxidable (de acuerdo a las normas ASTM), molino, mufla, estufa y espectrofotómetro de luz ultravioleta Hach DR 3900. Los reactivos utilizados fueron: Agua destilada y azul de metileno.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Carbón activo obtenido a partir de residuos de cosecha

4.1.1. Rendimiento, contenido de humedad en base seca, contenido de material volátil, contenido de ceniza y carbón fijo.

El rendimiento del contenido del grano de arroz demuestra que 100 lb en peso húmedo se obtiene 85 lb en peso seco, y 14 lb de cascarilla, quedando con un contenido de humedad del 15%, (Tabla 2).

Tabla 1. Rendimiento en peso húmedo, peso seco y humedad de arroz

PARÁMETRO	VALOR OBTENIDO (%)
Rendimiento en peso húmedo (100Lb) a peso seco	85
Rendimiento de cascarilla en 85 lb de arroz (peso seco)	16.47
Contenido de humedad en base seca	15

Los resultados del análisis próximo del contenido de material volátil indican un valor de material volátil de 57,2% ,27,98% de ceniza,12,22% de carbono fijo y 2,6% de humedad (Tabla 3). La composición inmediata de una sustancia es el contenido (porcentaje en masa) de carbono fijo, volátiles, humedad y cenizas, los volátiles tienen un papel importante durante la ignición en las etapas iniciales de la combustión de la biomasa. Tanto en el caso de la composición elemental como de la composición inmediata se determinó la humedad de la muestra.

Tabla 2. Analisis próximo de la cascarilla de arroz

PARÁMETRO	VALOR OBTENIDO (%)
Material volátil	57,2
Carbono Fijo	12,22
Ceniza	27,98
Humedad	2,6
Total	100

La composición elemental de una sustancia combustible es su contenido (porcentaje en masa) de carbono (C), hidrógeno (H), azufre(S), oxígeno(O), nitrógeno(N), humedad (W)

y cenizas o material residual (A). En este estudio no se realizó el análisis elemental, sin embargo, en la tabla 4 se reportan los resultados obtenidos en estudios similares.

Tabla 3. Composición elemental de la cascarilla de arroz

Composición elemental de la cascarilla de arroz				
C	H	O	N	S
33,4 – 42,5	4,3 – 6,0	36,2 – 38,5	0,21 – 0,38	0,32 – 0,49

4.1.2. Activación física

En la tabla No. 1 se observa claramente el arreglo de Taguchi con las absorbancias promedio para 9 repeticiones.

Tabla 4. Método estadístico de Taguchi

ARREGLO L9(3)³				
	A	B	C	MEDIA DE ABSORCIÓN (%)
1	1	1	1	99,4
2	1	2	2	99,1
3	1	3	3	99,2
4	2	1	2	98,7
5	2	2	3	98,4
6	2	3	1	98,5
7	3	1	3	98,6
8	3	2	1	98
9	3	3	2	98

Se hicieron los ajustes en el programa Minitab para la corrida y los resultados obtenidos fueron los siguientes:

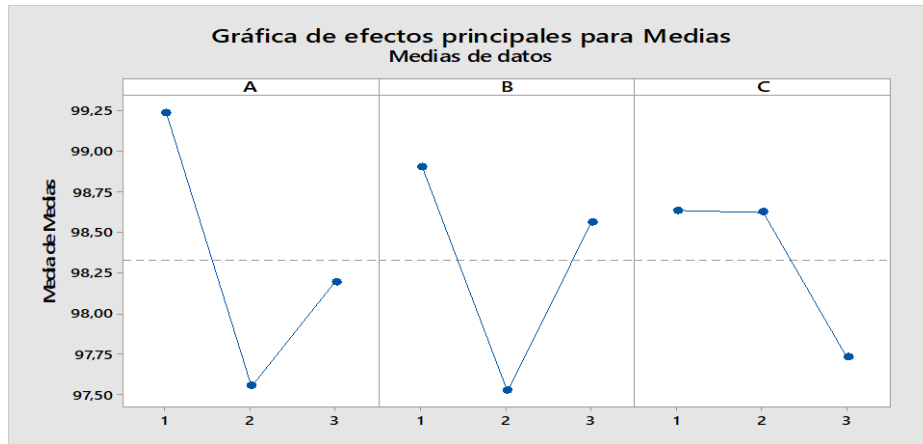


Figura 1. Efectos principales para las medias de absorción

Tabla 5. Respuesta para medias

Nivel	A	B	C
1	99,24	98,90	98,64
2	97,55	97,52	98,62
3	98,20	98,56	97,73
Delta	1,69	1,38	0,91
RANKING	1	2	3

Se estableció como condición que **mayor es mejor**

Se realizó el análisis de señal ruido con el fin de verificar que los datos obtenidos en las graficas factoriales son los correctos, estableciéndose la misma condición de que el mayor valor es mejor.

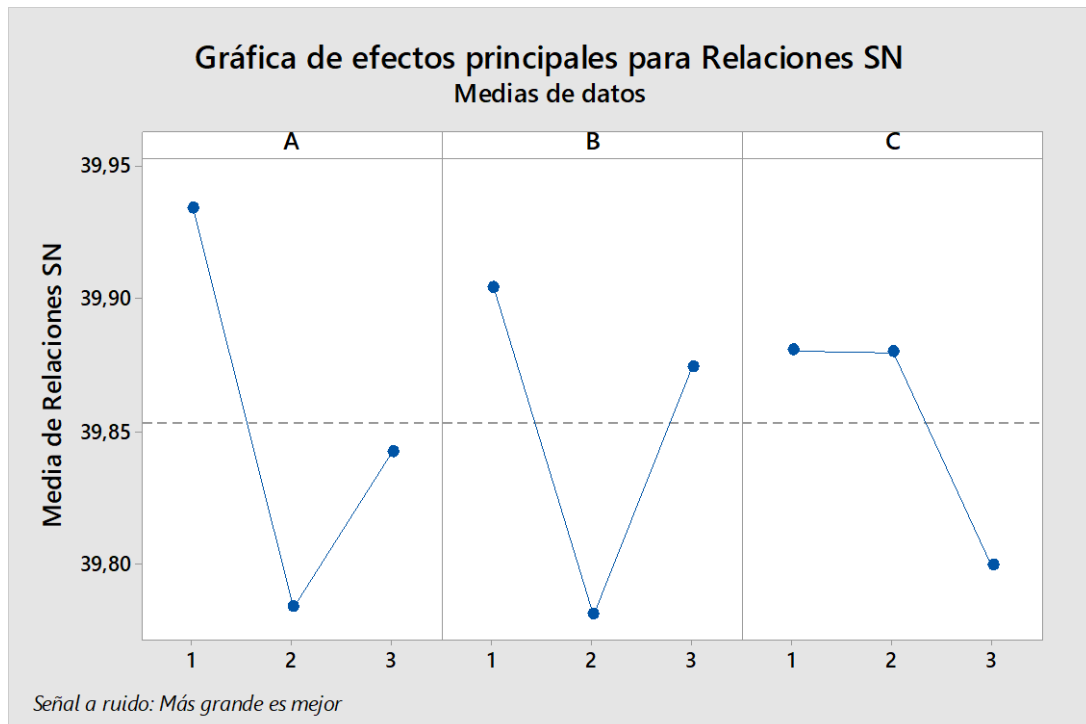


Figura 2. Gráfica de efectos principales para Relaciones Señal Ruido

Tabla 6. Combinación optima

Nivel	A	B	C
1	39,93	39,90	39,88
2	39,78	39,78	39,88
3	39,84	39,87	39,80
Delta	0,15	0,12	0,08
RANKING	1	2	3

Se procede a establecer la combinación óptima, las cuales fueron subrayadas en la tabla, observándose que en el nivel 1 se obtuvieron los mejores resultados, tanto en los niveles factoriales como en la señal ruido.

En base a los resultados obtenidos en las gráficas y en tablas arrojadas por el Minitab, la predicción de máxima respuesta es **A1B1C1**.

4.2. Evaluar el carbón activado como filtro purificador de agua

Al analizar el tamaño de partículas de la cascarilla de arroz, la que presentó los mejores resultados fue el carbón activado obtenido de la muestra de 425 μ a 350°C durante 3 horas de activación, sin embargo, de manera visual se observó que presentaba mucha presencia de ceniza, por lo que para el proceso de adsorción en azul de metileno, se seleccionaron las muestras que visualmente presentaban mejores resultados de carbonización, las cuales fueron codificadas según se indica en la Tabla 5.

Tabla 7. Muestras investigadas con mejor rendimiento

CÓDIGO	Tamaño de partícula	Temperatura (°C)	Tiempo (min)
E1	2- 3 mm	350	20
E2	2 – 3 mm	300	45
E3	1 – 2 mm	300	30
E4	2 – 3 mm	300	60
E5	2 – 3 mm	300	30
E6	1 – 2 mm	300	120
E7	425 μ	350	45
E8	425 μ	250	60
E9	425 μ	250	120

4.2.1. Prueba de adsorción con azul de metileno

Los experimentos de adsorción se hicieron con soluciones acuosas del compuesto orgánico azul de metileno el cual es un indicador azul y tiene una longitud de absorción máxima a 664 nm, esta longitud de onda se utilizó como referencia para determinar la capacidad de adsorción del carbón activado obtenido a partir de cascarilla de arroz. Se determinó la curva patrón de la solución de azul de metileno por Espectrofotometría de absorción atómica (ultravioleta visible), los valores obtenidos se representan en la tabla 6 correspondiendo a la ecuación: $y = 0,1692x + 0,035$, donde $R^2 = 0,9988$ es la correlación lineal cercana a 1.

Tabla 8. Valores obtenidos para la curva azul de metileno

CURVA AM (Espectrofotometro de luz ultravioleta)	
Concentración del Azul de metileno	Valor obtenido
0,2	0,067
0,5	0,12
0,7	0,153
1	0,209
1,5	0,286

La prueba de adsorción se aplicó 0,1 g de carbón activado de cada muestra seleccionada en 25 ml de azul de metileno a 50 ppm, se ubico en el agitador magnético durante 30 min y luego se lo filtró con ayuda de papel filtro, se procedió hacer los análisis con el espectrofotómetro y con la ecuación de la recta ($y = 0,1692x + 0,035$). Resulto que la muestra E1 con tamaño de particular de 2-3 mm, 350°C, 20 min es la mas eficaz al momento de la absorción con el 99,4 %. (Figura 4).

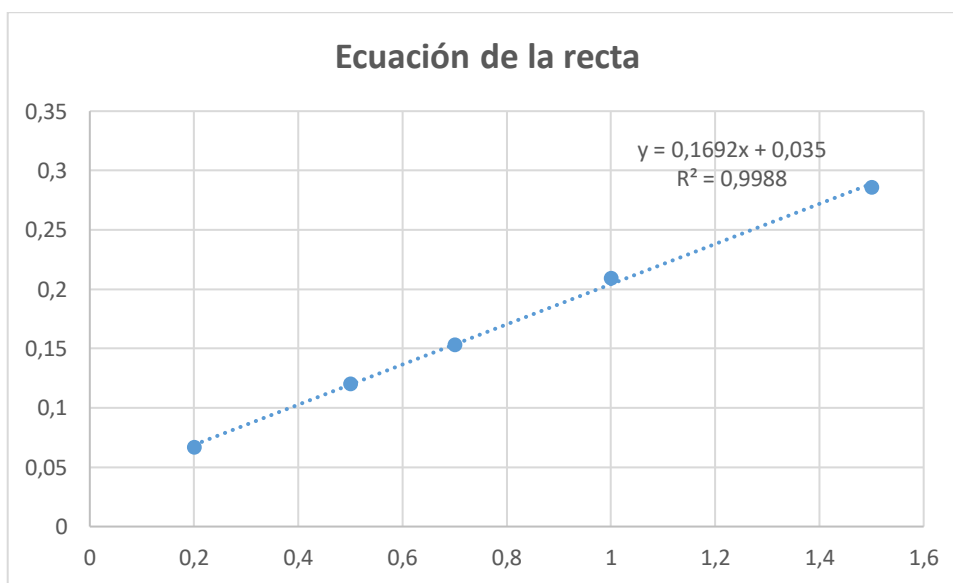


Figura 3. Curva de adsorción con solución azul de metileno

El análisis de adsorción realizado con las muestras de carbón activado seleccionado determinaron los siguientes resultados (Tabla 7) y (Figura 5).

Tabla 9. Analisis de absorbancia realizado con las muestras investigadas.

50 ppm	Muestras	Y	ppm AM	% abs
	E1	0,086	0,30141844	99,4
	E2	0,107	0,42553191	99,1
	E3	0,105	0,41371158	99,2
	E4	0,143	0,63829787	98,7
Fuera de Rango	E5	0,422	2,28723404	95,4
	E6	0,161	0,74468085	98,5
	E7	0,154	0,70330969	98,6
	E8	0,205	1,004728	98
	E9	0,202	0,986998	98

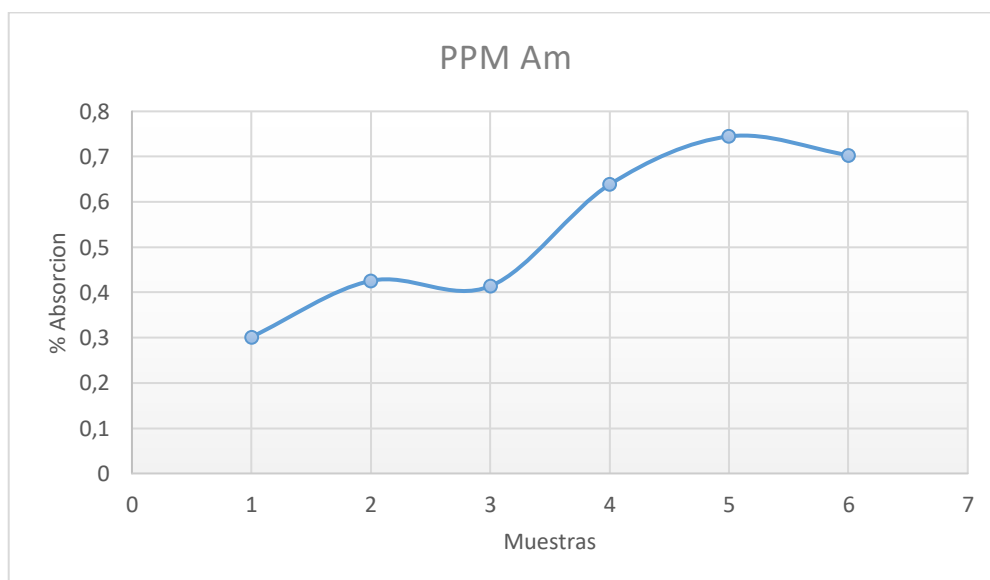


Figura 4. Curva de adsorción de las muestras investigadas.

4.2.2. Cinética de absorción con carbón activado

El modelo cinético de remoción del azul de metileno con los carbonos activados procedentes de cascarilla evaluados en presencia de luz ultravioleta.

Se realizó la cinética de absorción para comprobar la efectividad del carbón activado, aplicando 0,05 de carbón activado en 500 ml de azul de metileno con 50 ppm en el

agitador magnético, la cinética consistió en sacar 20 ml cada 10 min y filtrar en el papel filtro (Tabla 8) y (Figura 6).

Tabla 10. Cinética de absorción con azul de metileno para hallar la ecuación de la recta.

Valores obtenidos en el espectrofotómetro. Curva de Azul de metileno	
ppm	%
1,5	0,34
2	0,446
3	0,654
4	0,827
5	1,019

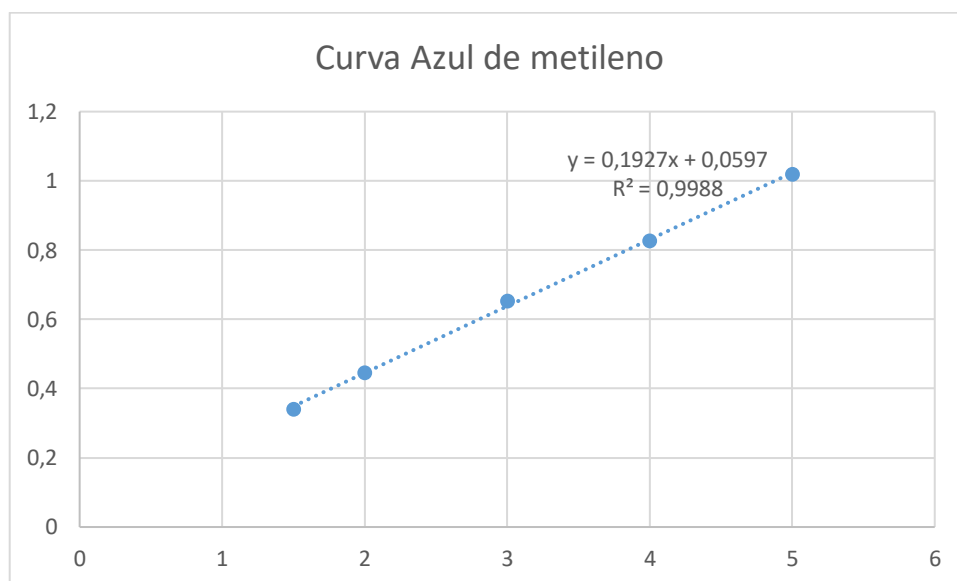


Figura 5. Curva de absorción para la cinética

Luego se procedió hacer los análisis en el espectrofotómetro y con los datos aplicamos la ecuación de la recta ($y = 0,1927x + 0,0597$), resultando que a partir de los 30 min comienza la absorción y se mantiene hasta los 40 min con 93% de efectiva absorción (Tabla 9) y (Figura 7).

Tabla 11. Cinética de absorción con azul de metileno de la muestra E1

ABS	ppm AM	Tiempo	%ABS
0,724	3,44732745	10	93
0,727	3,46289569	20	93
0,71	3,37467566	30	93
0,639	3,0062273	40	94
0,675	3,19304619	50	94
0,648	3,05293202	60	94
0,677	3,20342501	70	94
0,633	2,97509081	80	94
0,637	2,99584847	100	94

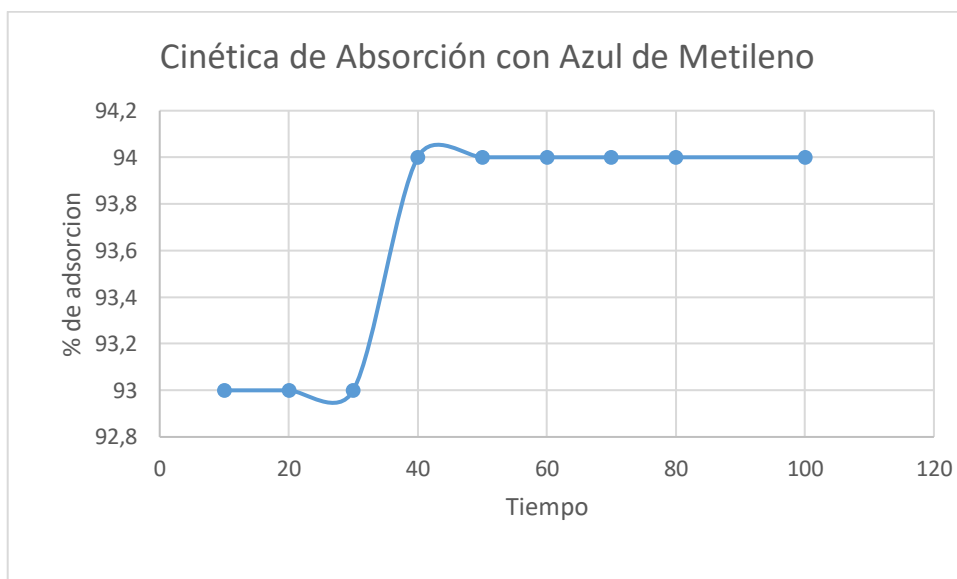


Figura 6. Cinética de absorción con azul de metileno

4.2.3. Prueba de adsorción de contaminantes en agua de pozo

Al realizar el análisis comparativo de los parámetros físicos, químicos del agua se obtuvieron los resultados que se encuentran en la Tabla 9, se considero los criterios de calidad de agua para consumo humano establecido por el TULSMA, INEN y OMS.

Los resultados obtenidos se analizaron de acuerdo a los límites mínimos y máximos permisibles en la legislación ambiental ecuatoriana y permitió seleccionar el carbón activado con mejor respuesta en la purificación de agua para consumo humano.

Se determinó que el carbón obtenido a partir de cascarilla de arroz presenta excelentes resultados en pruebas con azul de metileno, en agua destinada para consumo humano el filtro que diseñamos artesanalmente para la purificación del agua no dio resultado por lo cual tiene que ser rediseñado con otros métodos.

Tabla 12. Resultados del análisis de calidad de agua del Pozo Profundo “Mi País” y criterios de calidad del agua para consumo humano.

PARÁMETRO	UNIDADES	CRITERIOS			ANÁLISIS DE AGUA			
					Pozo Profundo Mi País Año 2014*	Sin purificar carbon activado 15 dias antes**	Sin purificar carbon activado antes de pasar por el filtro***	Agua depurada con carbon activado después del filtro
potencial de hidrogeno	pH	-	7,96	6,5-9,2	7,96	6,96	4,04	5,90
Turbidez	UNT	5	5,5	5	5,5	7,85	6,96	96,60
solidos disueltos	mg/L	-	119	1000	119	124	136	189
Solidos totales	mg/L					242	240	864
Fosfatos	mg/L	-		1		1,33	1,68	11,6
demanda bioquímica de oxígeno (5 días)	mg/L	-	<2	-		0,31	1,47	2,05
Sulfatos	mg/L	-	0	-	0	0,2	0,20	61,7
Nitratos	mg/L	50	1,7	50	1,7	2,45	0,11	0,15
oxígeno disuelto	°C	-		5		5,83	4,37	0,625
temperatura de agua	°C	-		-				

*Tomado del reporte de calidad de agua de pozos profundos del cantón Quevedo. EPMAPAQ del Municipio del cantón Quevedo. Consolidado a septiembre del 2014.

Resultado del análisis de calidad de agua del pozo profundo (agua sin purificar con carbón activado).

Resultado de análisis de calidad de agua del pozo profundo. Agua purificada con carbón activo

Al analizar los parámetros físicos y químicos se observa que el pH ha disminuido de 7,96 a 6,96. La temperatura se presentó en 11 y 15.2 °C, las cuales se encuentran dentro del límite máximo permisible. Los valores obtenidos en turbidez son superiores a los límites permisibles para los criterios: INEN, TULSMA y OMS. Los valores de fosfatos corresponden de 1,33 el cual es superior a los valores establecidos por la OMS (1 mg/L); los nitratos se han incrementado de 1,7mg/L a 2,45mg/L, (Figura 8).

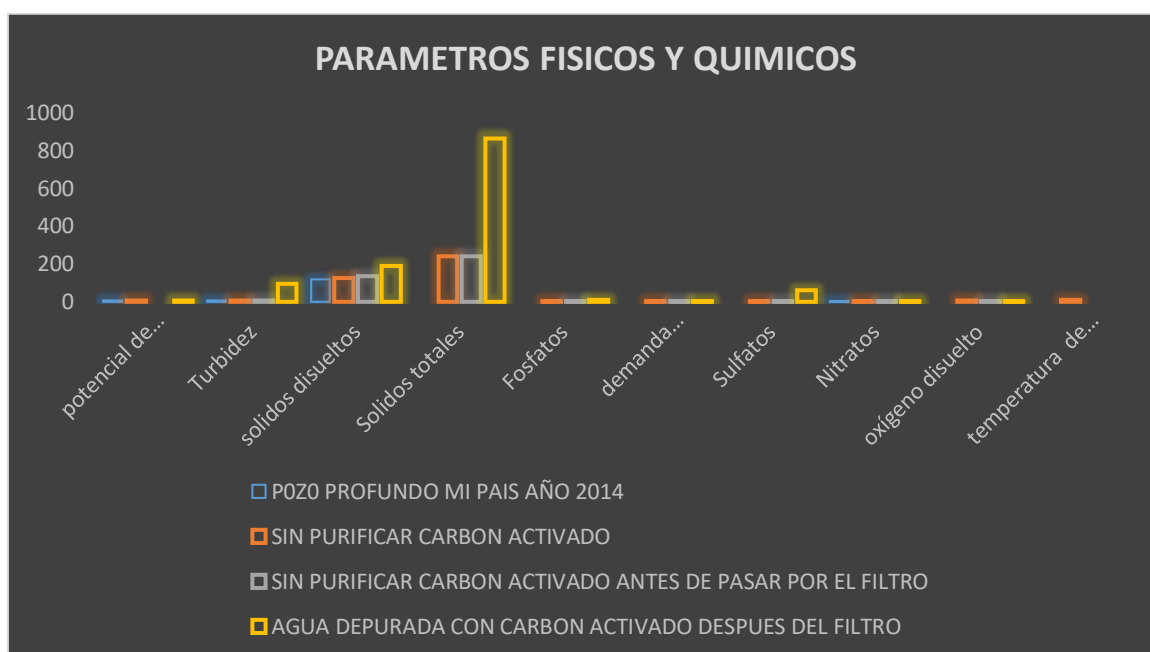


Figura 7. Parámetros físicos y químicos

4.3. Diseñar y construir un filtro de carbón activado para uso doméstico

Se construyó un filtro purificador de agua, el cual mantendrá como principal componente el carbón activado obtenido a partir de cascarilla de arroz. Para su construcción se utilizó material de fácil acceso como un frasco de plástico reciclado y de bajo costo para la población rural y urbana marginal de la ciudad de Quevedo como son los tubos de pvc y llave de agua.

El filtro purificador de agua mide aproximadamente 21cm de largo y 8cm de ancho con tubo pvc de 5cm y 15cm, unión, codo de pvc ½” y una llave plástica de agua de 4cm marca Rey, se lo diseñó artesanalmente con un taladro para perforar el plástico del frasco y añadir los tubos de pvc, luego se procedió a llenarlo con carbón activado de la muestra denominada E1(2-3mm,350°C por 20min) que fue la de mejor absorción.

Tuvo pvc ½’’ de 5cm	
Tuvo pvc ½’’ de 15cm	
codo pvc de ½’’	
Union pvc de ½’’	
Llave de agua marca Rey	
Frasco de plástico para ser diseñado el filtro	
Carbón Activado	

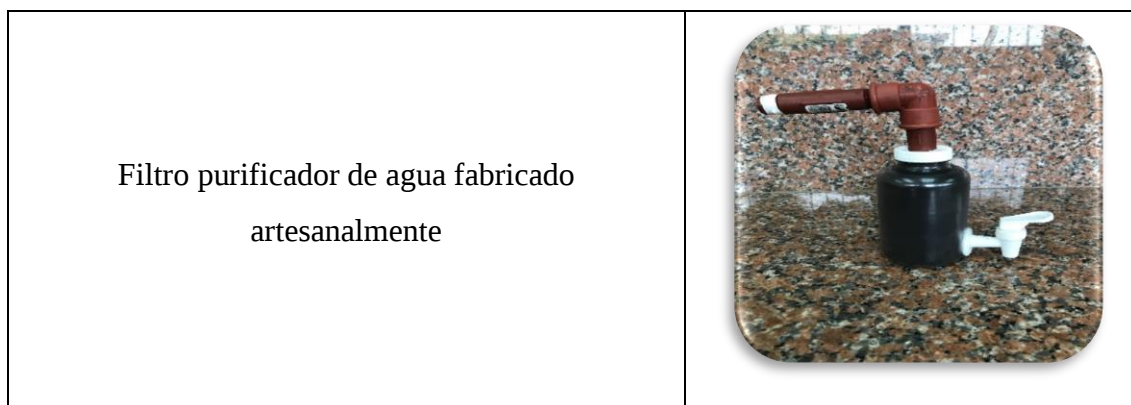


Ilustración 2. Filtro de carbón activado

4.4. Discusión

Se obtuvo 15% de contenido de humedad en base seca, sin embargo, se ha reportado valores del 8,29% (24); 9,42% y 11,62% (25) y del 20% (26).

Es pertinente considerar que el contenido de humedad de la biomasa es la relación de la masa de agua contenida por kilogramo de materia seca. Para la mayoría de los procesos de conversión energética es imprescindible que la biomasa tenga un contenido de humedad inferior al 30%. Muchas veces, los residuos salen del proceso productivo con un contenido de humedad muy superior, que obliga a implementar operaciones de acondicionamiento, antes de ingresar al proceso de conversión de energía (6).

Para el contenido de humedad del carbón activo se obtuvo 2,6%, coincidiendo con lo establecido por la norma ASTM D-2867 que refiere valores del 2 a 15%. Mientras mayor es el contenido de humedad, menor es el porcentaje de carbón neto que recibiría el usuario, sin embargo, se encuentra dentro del rango dictado por la norma ASTM D-2867. Este criterio coincide con (27), quien menciona la necesidad de reducir la humedad, la cual es una variable que se debe controlar para el proceso de pirolisis ya que al aumentar la humedad se afecta los rendimientos.

La humedad es otro de los limitantes de la combustión, relacionado, por una parte con la dificultad en el contacto del oxígeno del aire y la cascarilla, pero, además porque el agua, de conformidad con la ecuación 3, es uno de los productos de la combustión, que

se genera en proporción inferior a la estequiométrica, por tanto la presencia de agua en la cascarilla inhibe la reacción(28) y tiene relación directa con la temperatura que se logre en el proceso de combustión, a lo que se hacen referencia varios autores (29).

El valor obtenido del contenido de material volátil corresponde al 57,2% , valor superior (11,52%) al reportado por (24): Se obtuvo valor del 13,56%, para ceniza, inferior (27,98%) (24) y, a los valores del 16,94% y 19,36% obtenido en la investigación de (25).

Para el contenido de material volátil por la norma ASTM D-2865 es de 21,25 a 28.84. el carbón activado obtenido a partir de la cascarilla de arroz no se encuentran dentro del rango(24), lo cual puede deberse a su composición química y al proceso de activación aplicación.

Todos los valores obtenidos en este análisis se encuentran dentro de los rangos encontrados a nivel mundial, teniendo mucha similitud con los resultados obtenidos en la Universidad de California por (6) y (5).

Los resultados informan que la cascarilla de arroz mantiene un rendimiento del 85% en relación a su peso inicial. (24) indica que el mayor rendimiento obtenido en la elaboración de carbonos activados a partir de cascarilla corresponde al 84%, lo que quiere decir que sólo hubo un 16% que equivale al residuo de la materia prima inicial usada antes del proceso de activación química.

De acuerdo a los resultados obtenidos se demuestra que el mejor tratamiento para producir carbón dirigido a la depuración de agua contaminada corresponde a un tamaño de partícula de 2 – 3 mm sometida a 350 oC durante 20 minutos horas.

El biochar producido a partir de cascarilla de arroz presentó distintas características en textura y color, como, esto se debe a la diferencia de temperatura en la producción de los mismos. Los rendimientos en la producción de Biochar están promediando el 20 al 25 % rangos normales en la producción de biochar por pirolisis (25).

Algunos autores refieren que la temperatura incide de manera directa en la calidad del carbón activado, ya que temperaturas elevadas puede destruir los poros y, disminuir su volumen y capacidad de absorción(30).

La cascarilla de arroz es un residuo vegetal que sólo hace combustión en condiciones de exceso de oxígeno del aire y niveles bajos de humedad del material (28). La activación física y química de carbón activado a partir de cascarilla de arros es un proceso técnicamente factible gracias a las condiciones de la materia prima como a las de operación (25). La producción de carbón activado a partir de cascarilla de arroz es un campo interesante por explorar con miras a mejorar el procedimiento de carbonización y activación hacia un escalamiento industrial, representando para los sectores arroceros una oportunidad para lograr avances tecnológicos, científicos y económicos, que podrían jalonar el desarrollo de las regiones arroceras, generando nuevas oportunidades de negocios (30).

Sin embargo, Como lo indican diferentes autores (29) la combustión de la cascarilla de arroz, en comparación con la de otros residuos vegetales, es un proceso difícil que se sólo realiza en exceso de oxígeno por encima de los valores estequiométricos, condición que se debe garantizar, no sólo con el suministro por un medio mecánico (turbina, ventilador), sino con la adecuación de las instalaciones del horno o quemador por medio de canales, conductos u orificios que faciliten el acceso del aire (28).

El carbón activado (E1) presentó capacidad de absorción con azul de metileno (50 mL en 50 ppm) a partir de los 10 minutos con valores del 93% de absorbancia y, a partir de los 30 minutos se va incrementando hasta llegar al 94%. Posterior a ello, se mantiene en plató, es decir que mantiene valores porcentuales de forma lineal (31), en su investigación utilizó 0,1 a 2,0 g de carbón activado con diferentes concentraciones de amarillo anaranjado y reportó que el efecto de la cantidad de adsorbente y la concentración de la solución influyen en la capacidad de absorción. En su caso, el máximo porcentaje de remoción del carbón activado obtenido a partir de cascarilla de arroz se presenta a una concentración inicial de 10 mg/L, a partir del cual se mantiene constante. Estos resultados indican que el cambio en la concentración afecta la tasa de saturación y tiempo de penetración en estos carbones.

también informa que la mejor porcentaje de remoción correspondió en el experimento que empleó 3 gr de carbón activado de cascarilla de arroz Piñeiros 2017,. Por lo tanto, se puede considerar que la cantidad de adsorbente es el factor que limita hasta cierto punto la concentración del contaminante de interés que se adsorbe, es decir a mayor cantidad de adsorbente, obtendremos una mayor adsorción (8).

La adsorción es un fenómeno superficial como tal, por lo cual, el grado de adsorción es proporcional a la superficie específica, es decir, la parte de la superficie total que está disponible para la adsorción. La disminución del tamaño de partícula conduce a un aumento en el área superficial y por lo tanto un aumento en las oportunidades de adsorción en la superficie externa del adsorbente. Es por esto que a menor tamaño de partícula y a mayor cantidad de biomasa; el porcentaje de adsorción aumenta, ya que existe mayor posibilidad de captación de los iones (8).

La selección del material precursor (cascarilla de arroz), coincide con los criterios referidos por (24) quien demostró que este material es idóneo para el estudio y elaboración de carbón activo, el cual fue escogido por ser desecho abundante en la flora de nuestro país y por su disponibilidad en nuestra zona geográfica.

Las pruebas de absorción realizada al agua del pozo con carbón activado refieren valores elevados en los parámetros: turbidez, fosfatos, sulfatos y sólidos totales, sin embargo, en el trabajo de (24) refiere que las concentraciones finales del efluente (después del proceso de absorción con carbón activado de cascarilla de arroz) son menores que las iniciales en todos los parámetros, menos en el de coliformes totales. Este autor también informa inconsistencias en los resultados de coliformes fecales, debido a una problemática en cuanto al diseño del filtro y en menor proporción a la granulometría del carbón activado en mención.

En esta investigación, se asume que los valores elevados podrían deberse al diseño del prototipo y el uso de todo el carbón obtenido, el cual mantenía diferentes tamaños de partículas y pudieron haber incidido de manera directa, ya que mantenían en su constitución sales de fosfatos y sulfatos que no fueron eliminados en el proceso de

activación, debido a que se utilizó mufla y no permite utilizar temperaturas superiores, como lo sugiere la metodología para eliminar estas sales.

También se detectó que en los dos análisis de calidad de agua previos a la absorción con carbón activado, existen parámetros con valores que en algunos casos aumentaron y en otros disminuyeron, asumiendo esta variable a los procesos de infiltración por la actividad antropogénica (fosas sépticas y actividad agrícola) de las áreas que bordean la zona objeto de estudio.

Se ha reportado que el carbón activado a partir de cascarilla de arroz como material precursor es excelente en cuanto a la remoción del 95% de Dureza y el 94.2% de Arsénico (24). En función del tiempo, en los primeros minutos de contacto se presentó un alto porcentaje de remoción de níquel. Desde el minuto 80, el biochar producido a 650°C estuvo por encima de los demás medios en porcentaje de remoción, siendo el que mejor rendimiento tuvo de todos los medios filtrantes(27).

Teniendo en cuenta el tema económico en el uso de este medio, es necesario especificar que compuesto será removido, debido a que el medio tiene más afinidad por unos que por otros, como se vio en el porcentaje de remoción de cada uno, algunos apenas superaban el 50% mientras que otros tenían una efectividad que superaba el 80%, por lo que dependiendo de la cantidad que se quiera remover, se hace uso de la cantidad necesaria de Biochar, a una temperatura determinada, o ya sea con un tiempo específico, de manera que no se realice Biochar en cantidades excesivas y puedan reducirse los costos de operación (27).

CAPITULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Se comprobó que la cascarilla de arroz es una buena materia prima para la producción de carbón. Se obtuvo carbón activado a partir de la cascarilla de arroz. Se consideró que el carbón activado obtenido a partir de la cascarilla de arroz de 2-3 mm, sometida a 350° C en mufla, durante 20 min, de acuerdo a sus características visibles y al resultado estadístico presenta mejores resultados de respuesta en el proceso de carbonización.
- La prueba de absorbancia reporto como mejor tratamiento la muestra E1 (2-3 mm, 350°C, 20 min), la cual presentó el 99,4% como capacidad máxima de adsorción en 30 min siendo la más eficaz, y en la cinética de absorción dio como resultado el 93% de absorción.
- La prueba de absorbancia de contaminantes con el prototipo del filtro purificador de agua reporto valores elevados de los parámetros estudiados en relación a los obtenidos en el análisis de calidad de agua sin la purificación con el carbón activado obtenido con cascarilla de arroz, lo cual puede deberse a que se utilizó material activado sin tamizar, es decir se utilizó todo el material obtenido en el proceso de activación.

Recomendaciones

En base a los resultados obtenidos en esta investigación se recomienda:

- Realizar nuevas investigaciones aplicando otras técnicas de carbonización y activación diferentes tamaños de partículas, temperatura y tiempo, debido al incremento en la demanda de este producto realizado por las empresas nacionales dedicadas a la obtención de alimentos, bebidas y tratamiento de aguas.
- Utilizar tamices moleculares de diferentes tamaños de micrones que permitan seleccionar el carbón activado de acuerdo a su tamaño para las pruebas de absorción.
- Rediseñar el filtro de carbón activado con material poroso para viabilizar mejores resultados de absorción.

- Hacer pruebas utilizando carbón prelavado para evitar el paso de sales en el proceso de purificación

CAPITULO VI

BIBLIOGRAFÍA

Literatura Citada

1. Frausto Martínez Ó, Ihl T, Rojas López J. Acceso al agua potable Indicador c de desarrollo humano. Teoría y Prax. 2006;(2):171–180.
2. Ruiz AA. La biofiltración , una alternativa para la potabilización del agua. Lasallista Investig. 2004;
3. Girbau Garcia MR. La contaminación del agua. Ciencias la Tierra y del Medio Ambient. 2002;1–5.
4. Alfaro E, Esmeraldas PDE. Secretaria nacional del agua. 2011;
5. No Title. 2012;
6. Baque R, Simba L, Gonzalez B, Suatunce P, Diaz E, Cadme L. Calidad del agua destinada al consumo humano en un cantón de Ecuador / Quality of water intended for human consumption in a canton of Ecuador. Cienc Unemi [Internet]. 2016;9(20):109–17. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5774767.pdf>
7. Stella L, Quintana N. Fitorremediación : Una alternativa para mitigar los procesos de contaminación ambiental. 2008;(October 2014).
8. Carriazo JG, Saavedra MJ, Molina MF. Propiedades adsorptivas de un carbón activado y determinación de la ecuación de Langmuir empleando materiales de bajo costo. Educ Química. 2010;
9. Berdonces JL. La problemática del tratamiento del agua potable. Med Natur. 2008;2:69–75.
10. Enfermería EPDE, Mamani G, Vanessa F, Contreras M, Marina LUZ. Universidad católica de santa maría. 2017;1–87.
11. Comisión Nacional del Agua “CONAGUA.” Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento “Datos básicos para proyectos de agua potable y alcantarillado.” Libr 4. 2015;1–92.
12. Arnáiz C, Isac L, Lebrato JM. Tratamiento biológico de aguas residuales. Tecnol del Agua. 2000;
13. Ing D, Orellana J a, N° UT, Cuentas A. Características del agua potable. Ing Sanit. 2005;
14. Cárdenas G, Cárdenas J. Agricultura, Urbanización y Agua. Serie de C. Montevideo; 2009. 14 p.
15. Chimbo V. El agua de consumo humano y su incidencia en el bienestar de los

- habitantes de la comunidad Elena Andi de Uglan del Cantón Arajuno, Provincia de Pastaza. Universidad Tecnica de Ambato; 2011.
16. Korbust S. Contaminacion en agua. Korbust, Stella. 2008;
 17. Reina A. Evaluación de la Calidad de Agua en la Microcuenca del Río Bejuco mediante la aplicación de indicadores Físico - Químicos y Microbiológicos. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí; 2013.
 18. Registro Oficial del Ecuador. Acuerdo No. 061 Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria. 2015;80.
 19. Ingeniero en gestión ambiental. 2017;
 20. ST $\Delta \approx 550 \pm 50^{\circ}\text{C}$ Filtrar ensayo Imhoff STf Filtrado $\Delta \approx 105^{\circ}\text{C}$ Residuo $\Delta \approx 105^{\circ}\text{C}$ Sedimento Ss $\Delta \approx 550 \pm 50^{\circ}\text{C}$ SDf. 2(23).
 21. Ramirez. Manual de Carbon Activado. Artículo. 2009;
 22. E.GONZALES. La Construcción de un Sistema de Tratamiento de Agua Portátil Usando Materiales Locales. Rev Arch Med. 2011;1(1):1–16.
 23. Sierra C. Calidad del Agua: evaluación y diagnóstico. Medellin, Colombia: Mc Graw-Hill; 2016. 145 p.
 24. Navarrete Aguirre DF, Quijano Arteaga NR, Vélez Sancán CD. Elaboración De Carbón Activado a Partir De Materiales No Convencionales, Para Ser Usado Como Medio Filtrante. Fac Ing en Ciencias la Tierra. 2014;177.
 25. Manuel A, Nieves R. Purificación de agua mediante carbón activo proveniente de la cáscara de arroz. Water purification using activated carbon from rice husk. :767–77.
 26. A MC. RENDIMIENTO DE ARROZ EN CÁSCARA , PRIMER CUATRIMESTRE 2017. 2017;09.
 27. MORALES HFH, AVENDAÑO EFP. No Title. 2017;1–66.
 28. Prada A, Cortés CE. La descomposición térmica de la cascarilla de arroz : una alternativa de aprovechamiento integral Thermal decomposition of rice husk : an alternative integral use. 2010;3(1):155–70.
 29. Diseño , construcción y puesta a punto de un prototipo de quemador para la combustión continua y eficiente de la cascarilla de arroz. 2005;
 30. Carrillo C, Albarracin J, Pereira X. Producción de carbón activado y sílice a partir de cascarilla de arroz - una revisión. Sci Tech. 2013;
 31. Ensuncho AE, Robles JR. Adsorción del colorante amarillo anaranjado en sunset yellow dye adsorption from aqueous solutions using activated carbons derived

from. 2015;81(45).

CAPITULO VII

ANEXOS



Anexo 1. Lavado de la materia prima



Anexo 2. Molienda de la materia prima



Anexo 3. Tamizado de la materia prima



Anexo 4. Carbonización



Anexo 5. Lavado y secado del Carbón Activado.



Anexo 6. Pesado del Carbón Activo



Anexo 7. Preparación de la curva con azul de metileno



Anexo 8. Prueba de absorción con papel filtro



Anexo 9. Filtro de Carbón Activado



SEDE SANTO DOMINGO
LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO
REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS DE AGUA

641

SOLICITANTE:	ING. MARIA LORENA CADME	FECHA DE MUESTREO:	octubre 23, 2018
TIPO DE MUESTRA:	AGUA DE POZO	FECHA DE RECEPCION:	octubre 23, 2018
SITIO DE MUESTREO:		FECHA DE ANALISIS:	octubre 24, 2018
TIPO DE ANALISIS:	FISICO -QUIMICO	FECHA DE ENTREGA:	octubre 30, 2018

CARACTERISTICAS FISICAS			MUESTRA #1
PARAMETRO	UNIDAD	MAX LIMITE	RESULTADO
CARACTERIST. TURBIDEZ	(NTU)	< 5	7,85
pH		6.5 - 8.5	6,96
CARACTERISTICAS QUIMICAS			
PARAMETRO	expresado como	MAX LIMITE mg/l	RESULTADO mg/l
SOLIDOS TOTALES			
DISUELTOS	mg/Lt		124
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	mg/Lt		118,0
SOLIDOS TOTALES	mg/Lt	1000	242
FOSFATOS	ppm de PO_4^{3-}	<0,50	1,33
SULFATOS	ppm de SO_4^{2-}	<200	0,2
NITRATOS	ppm de NO_3^{-1}	10	2,45
OXIGENO DISUELTO	mgO ₂ /L	4.1 - 7.9 = ACEPTABLE	5,83
DEMANADA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO ₅)	mg/ L	2	0,31

Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieran desinfección "TULSMAN 2015"

ING. ELSA BURBANO
JEFE DE LABORATORIO UTE S. D



Anexo 10. Analisis de agua 15 días antes



SEDE SANTO DOMINGO
LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO
REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS DE AGUA

643

SOLICITANTE:	ING. MARIA LORENA CADME	FECHA DE MUESTREO:	noviembre 22, 2018
TIPO DE MUESTRA:	AGUA DE POZO	FECHA DE RECEPCION:	noviembre 23, 2018
SITIO DE MUESTREO:		FECHA DE ANALISIS:	noviembre 23, 2018
TIPO DE ANALISIS:	FISICO -QUIMICO	FECHA DE ENTREGA:	noviembre 27, 2018

CARACTERISTICAS FISICAS			MUESTRA #1
PARAMETRO	UNIDAD	MAX LIMITE	RESULTADO
CARACTERIST. TURBIDEZ	(NTU)	< 5	6,96
pH		6.5 - 8.5	4,04
CARACTERISTICAS QUIMICAS			
PARAMETRO	expresado como	MAX LIMITE mg/l	RESULTADO mg/l
SOLIDOS TOTALES			
DISUELTOS	mg/Lt		136
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	mg/Lt		104,0
SOLIDOS TOTALES	mg/Lt	1000	240
FOSFATOS	ppm de PO_4^{3-}	<0,50	1,68
SULFATOS	ppm de SO_4^{2-}	<200	0,20
NITRATOS	ppm de NO_3^{-1}	10	0,11
OXIGENO DISUELTO	mgO ₂ /L	4.1 - 7.9 = ACEPTABLE	4,37
DEMANADA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO ₅)	mg/ L	2	1,47

Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieran desinfección "TULSMAN 2015"

ING. ELSA BURBANO
JEFE DE LABORATORIO UTE S. D



Anexo 11. Analisis de agua antes de pasar por el filtro



SEDE SANTO DOMINGO

LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO

REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS DE AGUA

644

SOLICITANTE:	ING. MARIA LORENA CADME	FECHA DE MUESTREO:	noviembre 22, 2018
TIPO DE MUESTRA:	AGUA DE POZO	FECHA DE RECEPCION:	noviembre 23, 2018
SITIO DE MUESTREO:		FECHA DE ANALISIS:	noviembre 23, 2018
TIPO DE ANALISIS:	FISICO - QUIMICO	FECHA DE ENTREGA:	noviembre 27, 2018

CARACTERISTICAS FISICAS		MUESTRA: DESPUES DEL FILTRO	
PARAMETRO	UNIDAD	MAX LIMITE	RESULTADO
CARACTERIST.			
TURBIDEZ	(NTU)	< 5	96,60
pH		6.5 - 8.5	5,90

CARACTERISTICAS QUIMICAS			
PARAMETRO	expresado como	MAX LIMITE mg/l	RESULTADO mg/l
SOLIDOS TOTALES			189
DISUELTOS	mg/Lt		675,0
SOLIDOS SUSPENDIDOS	mg/Lt	1000	864
SOLIDOS TOTALES			
FOSFATOS	ppm de PO_4^{3-}	<0,50	11,6
SULFATOS	ppm de SO_4^{2-}	<200	61,7
NITRATOS	ppm de NO_3^{-1}	10	0,15
OXIGENO DISUELTO	mgO ₂ /L	0,0 - 4,0 = CONTAMINADA	0,625
DEMANADA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO ₅)	mg/ L	2	2,05

Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieran desinfección "TULSMAN 2015"


ING. ELSA BURBANO
JEFE DE LABORATORIO UTE S. D



Anexo 12. Agua depurada con carbón activado después del filtro

Quevedo, 13 de diciembre del 2018.

Sra. Ing.

Mercedes Moreira

DECANA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES-UTeq

Presente.-

De mis consideraciones:

ING. MARÍA LORENA CADME, M. Sc., en calidad de Director de la Tesis cuyo tema es: “**APLICACIÓN DE CARBON ACTIVADO PROVENIENTE DE LA CASCARILLA DE ARROZ COMO FILTRO PURIFICADOR DE AGUA**”, me permito manifestar a usted que la **ESPINOZA BARRAGAN DANIEL ARMANDO**, ha cumplido con las correcciones pertinentes, de acuerdo al reglamento establecido para la defensa de tesis previa la obtención de su titulación como Ingeniería en Gestión Ambiental de la Facultad de Ciencias Ambientales de la UTEQ y he ingresado su trabajo investigativo al sistema URKUND, por lo que tengo bien certificar que el sistema ha reflejado un porcentaje del 6 % de similitud.

Ing. María Lorena Cadme

Director de Tesis

URKUND

Documento: [TESIS C.A.D.ESPINOZA.docx](#) (D42855740)

Presentado: 2018-10-21 18:57 (-05:00)

Presentado por: mcadme@uteq.edu.ec

Recibido: mcadme.uteq@analysis.orkund.com

Mensaje: tesis D.Espinoza [Mostrar el mensaje completo](#)

6% de estas 18 páginas, se componen de texto presente en 4 fuentes.

Lista de fuentes Bloques

Categoría	Enlace/nombre de archivo
	TESIS ALBARRADA DE MOCACHE - SAA-1.docx
	CALIDAD DEL AGUA DE LAS ALBARRADAS DEL CANTÓN MOCACHE.docx
	TESISS EMELY 5 AGOSTO 2018 URKUND.docx
100%	Los ríos, riachuelos, arroyos y quebradas son ecosistemas acuáticos de aguas corrientes o lóti...
98%	Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibr...

93% #1 Activo

PORTADA

UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES CARRERA INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero en Gestión Ambiental.

TEMA:

APLICACIÓN DE CARBÓN ACTIVADO PROVENIENTE DE LA CASCARILLA DE ARROZ COMO FILTRO PURIFICADOR DE AGUA

AUTOR: ESPINOZA BARRAGÁN DANIEL ARMANDO

DIRECTOR DE TESIS: Ing. María Lorena Cadme, MSc.

2018-2019

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Archivo de registro Urkund: UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO / TESIS ALBARRADA DE M... 93%

PORTADA

UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES CARRERA INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniera en Gestión Ambiental.

datos de la huellaxlsx

Borrador de la te....docx

calculo de la huella....xlsx

TESIS CARBÓN A....docx

datos de la huellaxlsx

Mostrar todo

19:06 21/10/2018

Urkund Analysis Result

Analysed Document: TESIS C.A.D.ESPINOZA.docx (D42855740)
Submitted: 10/22/2018 1:57:00 AM
Submitted By: mcadme@uteq.edu.ec
Significance: 6 %

Sources included in the report:

TESIS EMELY RAMOS 28 JUN18.docx (D40444179)
TESIS MARITA.pdf (D11436615)
Tesis.docx (D9962280)
PROYECTO QUIMICA DEL AGUA(RIO QUEVEDO) - CORREGIDO.docx (D35946388)

Instances where selected sources appear:

13

