

COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD DE REMOCIÓN DE CROMO⁺⁶ CON CARBÓN
ACTIVADO ELABORADO A PARTIR DE CÁSCARA DE PAPA (*solanum tuberosum*)
ACTIVADA QUÍMICAMENTE CON NaOH Y ZnCl₂ EN UNA MUESTRA DE AGUA
RESIDUAL PROVENIENTE DEL RIO PASTO

VANESSA ESTEFANÍA RODRÍGUEZ PANTOJA

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS, TECNOLOGÍA E INGENIERA
PROGRAMA DE QUÍMICA
SAN JUAN DE PASTO

2019

COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD DE REMOCIÓN DE CROMO⁺⁶ CON CARBÓN
ACTIVADO ELABORADO A PARTIR DE CÁSCARA DE PAPA (*solanum tuberosum*)
ACTIVADA QUÍMICAMENTE CON NaOH Y ZnCl₂ EN UNA MUESTRA DE AGUA
RESIDUAL PROVENIENTE DEL RIO PASTO

Vanessa Estefanía Rodríguez Pantoja

Trabajo de Grado Presentado para Optar al Título de Químico

Director: Mg. Mabel Margarita Tupaz

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS, TECNOLOGÍA E INGENIERA
PROGRAMA DE QUÍMICA
SAN JUAN DE PASTO

2019

Tabla De Contenido

Resumen.....	8
Abstract.....	9
Introducción.....	10
1. Planteamiento del problema.....	13
2. Justificación.....	16
3. Objetivos.....	18
3.1 General.....	18
3.2 Especificos.....	18
4. Marco de referencia.....	19
4.1 Marco contextual.....	19
4.2 Marco de antecedentes.....	21
4.3 Marco legal.....	27
4.4 Marco teórico.....	30
5. Metodología.....	40
5.1 Objetivo 1. Elaborar y caracterizar el carbón proveniente de la cáscara de papa activado químicamente con NaOH (40%) y ZnCl ₂ (3M).....	40
5.2 Objetivo 2. Determinar la concentración de metales pesados presentes en una muestra de agua residual tomada del Rio Pasto, enfatizando la concentración de cromo.....	44
5.3 Objetivo 3. Evaluar la capacidad de remoción del carbón activado obtenido, sobre cromo ⁺⁶ presentes en la muestra de agua residual.....	46
5.4 Objetivo 4. Comparar la efectividad de los carbones activados con NaOH (40%) y ZnCl ₂ (3M), en la remoción de cromo ⁺⁶ de la muestra de agua residual teniendo en cuenta las variables tiempo de contacto y temperatura de activación.....	46
6. Resultados y discusión.....	48
6.1 Objetivo 1. Elaborar y caracterizar el carbón proveniente de la cáscara de papa activado químicamente con NaOH (40%) y ZnCl ₂ (3M).....	48

6.2 Objetivo 2. Determinación de la concentración de metales pesados presentes en una muestra de agua residual tomada del rio pasto, enfatizando la concentración de cromo.....	63
6.3 Objetivo 3 evaluación de la capacidad de remoción del carbón activado obtenido, sobre cromo ⁺⁶ presentes en la muestra de agua residual.	65
6.4 Objetivo 4. Comparar la efectividad de los carbones activados con NaOH (40%) y ZnCl ₂ (3M), en la remoción de cromo ⁺⁶ de la muestra de agua residual teniendo en cuenta las variables tiempo de contacto y temperatura de activación.....	70
7. Conclusiones	74
8. Recomendaciones.....	76
9. Bibliografía	776
10. Anexos	87

Lista de Anexos

Anexo 1. Resultados determinación de la concentración de metales pesados presentes en agua residual del Rio Pasto.....	87
Anexo 2. Resultados remoción de cromo ⁺⁶ en la muestra de agua residual del rio Pasto....	88

Lista De Ilustraciones

Ilustración 1 Distribución sectorial de la demanda de agua cuenca del rio Pasto.....	14
Ilustración 2 Ubicación geográfica del lugar de muestreo.....	19
Ilustración 3 Estación hidrológica del IDEAM.....	20
Ilustración 4 Localización general cuenca del río Pasto.....	30
Ilustración 5 Zona media del cauce del río Pasto.....	32
Ilustración 6 Tipo de poros formados con la activación química.....	35
Ilustración 7 Principales grupos superficiales que se pueden encontrar en un carbón Activado.....	37
Ilustración 8 Rio Pasto.....	45
Ilustración 9 Proceso de carbonización.....	49
Ilustración 10 Maceración del carbón.....	50
Ilustración 11 Lavados efectuados a los carbones activados.....	51
Ilustración 12 Reposo y determinación del peso del crisol vacío.....	53
Ilustración 13 Proceso de incineración carbones activados.....	53
Ilustración 14 Determinación de densidad aparente.....	56
Ilustración 15 Curva de calibración.....	59
Ilustración 16 Muestras de azul de metileno con carbón.....	60
Ilustración 17 Muestras en agitación.....	60
Ilustración 18 Proceso de filtrado de muestras.....	61
Ilustración 19 Muestras de agua residual.....	65
Ilustración 20 agua residual y adición de carbón activado al agua residual.....	65
Ilustración 21 Agitación de las muestras.....	66
Ilustración 22 Filtración por gravedad.....	66
Ilustración 23 Filtración por recipientes.....	67
Ilustración 24 Medias y 95,0% de Fisher LSD.....	72

Lista De Tablas

Tabla 1 Condiciones de Activación.....	42
Tabla 2 Determinación de cenizas	54
Tabla 3 Densidad Aparente.....	57
Tabla 4 Absorbancia del carbono en el azul de metileno.....	58
Tabla 5 Remoción de azul de metileno.....	61
Tabla 6 Porcentaje de remoción del carbón en el azul de metileno	62
Tabla 7 Análisis inicial. Determinación de metales pesados en la muestra de agua residual.....	64
Tabla 8 Remoción de cromo ⁺⁶ con los tratamientos aplicados a la muestra de agua residual.....	67
Tabla 9 Análisis comparativo capacidad de remoción Carbon activa.....	70
Tabla 10 Análisis de Varianza para Remoción - Suma de Cuadrados.....	71

RESUMEN

El cromo⁺⁶ es un residuo tóxico altamente cancerígeno, se encuentra en aguas del Río Pasto proveniente de la industria del curtido de pieles; Con la presente investigación se logró comparar la capacidad de remoción de cromo⁺⁶, presente en una muestra de agua residual tomada del Río Pasto, por medio de carbón elaborado con cascara de papa y activado químicamente con NaOH y ZnCl₂. En la etapa de activación se evaluaron los factores: temperatura de activación de 50°C y 100°C, el tiempo de contacto de 30 y 60 minutos y los agentes activantes como NaOH (40%) y ZnCl₂ (3M), obteniendo así ocho tratamientos por diseño experimental factorial 2³ (T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8), adicionalmente se incluyó un tratamiento el cual no tenía ninguna activación (T9). Estos nueve tratamientos fueron evaluados por el método de adsorción azul de metileno para tener un estimado de su capacidad de adsorción, donde se obtuvo un porcentaje de remoción comprendido entre el 98% y 99%, comprobando la eficiencia de los tratamientos, posteriormente se realizó el ensayo con la muestra de agua residual del Río Pasto, partiendo de con una concentración inicial de Cromo⁺⁶ de 0,07 mg/L; De lo anterior se evidenció que la mayor capacidad de remoción se alcanzó con los carbones activados con NaOH, resaltando que el carbón (T4) que tuvo 60 minutos de contacto con el activante y una temperatura de activación 50°C fue el que presentó un mayor porcentaje de remoción de Cromo⁺⁶ correspondiente a 92,85%. Se concluye que la cascara de papa es un buen precursor para la elaboración de carbón activado, el cual puede ser utilizado como un mecanismo alternativo a los tratamientos convencionales de descontaminación y eliminación de Cromo⁺⁶ en aguas residuales.

Palabras clave: adsorción, contaminación, cromo hexavalente, cascara de papa, carbón activado

ABSTRACT

Chromium⁺⁶ is a highly carcinogenic toxic residue, it is found in Pasto River waters from the leather tanning industry; With the present investigation, it was possible to compare the chromium⁺⁶ removal capacity, present in a sample of wastewater taken from the Pasto River, by means of coal made with potato peel and chemically activated with NaOH and ZnCl₂. In the activation stage the factors were evaluated: activation temperature of 50 ° C and 100 ° C, the contact time of 30 and 60 minutes and the activating agents such as NaOH (40%) and ZnCl₂ (3M), thus obtaining eight treatments by factorial experimental design 2³ (T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8), in addition a treatment was included which had no activation (T9). These nine treatments were evaluated by the methylene blue adsorption method to have an estimated adsorption capacity, where a removal percentage between 98% and 99% was obtained, checking the efficiency of the treatments, subsequently the test with the sample of residual water of the Pasto River, starting with an initial concentration of Chromium⁺⁶ of 0.07 mg / L; From the above it was evidenced that the highest removal capacity was achieved with the NaOH activated carbons, highlighting that the carbon (T4) that had 60 minutes of contact with the activator and an activation temperature 50 ° C was the one that presented a higher Chromium⁺⁶ removal percentage corresponding to 92.85%. It is concluded that the potato peel is a good precursor for the production of activated carbon, which can be used as an alternative mechanism to conventional treatments for decontamination and removal of Chromium⁺⁶ in wastewater.

Keywords: adsorption, contamination, hexavalent chromium, potato peel, activated carbon

INTRODUCCIÓN

En la época actual se ha denotado que las afluentes hídricas han sido constantemente contaminadas con gran cantidad de agentes dañinos, uno de ellos y quizá uno de los más contraproducentes es el cromo hexavalente, es necesario aclarar que el hecho de que las aguas de los ríos y mares se contaminen perjudica sobre manera la vida y actuar de las personas, denotando esta problemática y con la intención de generar descontaminantes que resulten ser fáciles de tratar se propone la presente investigación.

En principio y basándose en los preceptos anteriores la presente investigación se compone de diez acápites, haciendo alusión al primero de estos, se encuentra alojado en este mismo el problema de investigación denotando los principales conflictos que se asocian tanto a la producción de contaminantes por parte del hombre como a las posibles soluciones que se han formulado.

El segundo acápite está compuesto por la justificación, en esta se asocian tanto los motivantes personales, como los profesionales y sociales, denotando que la contaminación es un problema que atañe a la totalidad de la población y que atrae muchas veces el interés tanto del estado como de la sociedad, posterior a ello se presentan en el acápite tercero los objetivos de la investigación, en donde se expone el objetivo general, el cual establece realizar la comparación de la capacidad de remoción de cromo⁺⁶ a través de la aplicación de carbón activado a base de cascara de papa y el cual se activó con diferentes tratamientos químicos y fue aplicado a una muestra de agua obtenida del río Pasto y dentro de los objetivos específicos de la investigación abarca la elaboración, caracterización y aplicación de los tratamientos en la muestra de agua, previamente se analizó la concentración de los metales en dicha muestra y finalmente una evaluación de la remoción del cromo⁺⁶ en las muestras para establecer el más eficiente.

Posteriormente en el acápite cuarto se presentan los marcos de referencia en él se expone el marco contextual de la investigación, estableciendo que esta investigación se realizó en la

ciudad de Pasto, ubicada al sur occidente de Colombia. Así como también el marco de antecedentes, vital para realizar el contraste de los resultados, donde se evidencia que existen diversos precursores orgánicos como maderas exóticas, cascaras o residuos provenientes del coco, plátano, papa, nuez, naranja, entre otros, que han sido ampliamente utilizados para elaboración de carbón activado, a través de procesos químicos y físicos de activación, con el fin de mejorar su desempeño de adsorción y de este modo contribuir en la descontaminación de afluentes principalmente con metales pesados; Existen diversos referentes bibliográficos de gran importancia en esta investigación resaltando a Mutongo, Kuipa, & Kuipa, (2014) quien trabajó remoción de cromo hexavalente con cascara de papa, ajustando las soluciones a un pH de 2,5 con HCl y usando 4 g/L de biomasa, los resultados de dicha investigación confirmaron que las cáscaras de papa son un biosorbente eficaz para la eliminación del cromo hexavalente del efluente. El marco legal, asociado al tema de la contaminación en aguas conformado por leyes y decretos que regulan todo tipo de vertimientos domésticos e industriales en favor de la protección del ambiente; Y finalmente el marco teórico donde se aborda conceptos claves como activación química, adsorción, cromo hexavalente, entre otros. Posterior a esto en el acápite quinto se presenta la metodología, en esta se exponen los procedimientos que se realizó para la concreción de cada uno de los objetivos investigativos, iniciando con la elaboración y caracterización del carbón activado, la aplicación del mismo a una muestra de agua del rio Pasto, previamente recolectada y analizada determinado los valores de concentración de cromo hexavalente para tener un valor de referencia luego del proceso de remoción, dentro de esta investigación se elaboraron 9 tratamientos químicos, para los cuales se usaron dos agentes activantes como hidróxido de sodio y cloruro de zinc, variación tiempo de contacto adsorbente – adsorbato de 30 y 60 minutos y temperatura de activación de 50°C y 100°C.

A continuación, en el acápite sexto y séptimo se relacionan la totalidad de los resultados investigativos, análisis y discusión de los mismos, en donde se confirma que la capacidad de adsorción que tiene el carbón activado es bastante importante cuando se trata de eliminar el cromo hexavalente de las aguas residuales. Finalmente se logró comprobar la eficiencia de

remoción del carbón activado, destacando que dentro de nuestra investigación los tratamientos activados con NaOH fueron los que registraron mejor remoción de cromo⁺⁶.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Uno de los campos que preocupa al desarrollo humano y su relación con el ambiente es la generación de residuos por actividades antropogénicas y su adecuado tratamiento para que el impacto no sea negativo. Algunos de estos residuos son clasificados como peligrosos y pueden afectar el ecosistema, por lo que el ser humano tiene la responsabilidad de realizar las acciones correctivas necesarias para que no ocasionen daños a su entorno (Gómez, 2012).

Las aguas residuales que contienen metales pesados y compuestos orgánicos tóxicos representan una fuente importante de contaminación (Otero, Zabkova, & Rodríguez, 2005) (Roostaei & Tezel, 2004), causa numerosos problemas debido a la toxicidad intrínseca, a su bioacumulación, y a su persistencia en la naturaleza (Elangovan & Ligy Philip, 2008); Uno de los metales pesados que genera un mayor impacto ambiental sobre los recursos hídricos dada su alta concentración en desechos de tipo industrial es el cromo. En el ambiente las formas de cromo predominantes son el trivalente Cr^{+3} y el hexavalente Cr^{+6} según sea su estado de oxidación. La forma Cr^{+6} es la más contaminante debido a su alta solubilidad en agua, elevada oxidación y amplio poder para permear membranas biológicas produciendo alteraciones en el genoma de los organismos acuáticos.

Por las condiciones de calidad y cantidad hídrica apta para consumo doméstico, industrial y productivo, el río Pasto y sus afluentes ubicados en la parte alta son las únicas fuentes de importancia que abastecen a la ciudad de san Juan de Pasto y centros poblados como veredas y corregimientos, (Corponariño, 2011), En la ilustración 1, la demanda de agua se establece para diferentes sectores en gran medida para uso doméstico (71,56%), mientras que para el sector pecuario la demanda del recurso tiene una participación porcentual mínima (0,47%); del mismo modo que la cuenca del río aportan al desarrollo de cada uno de los sectores, estos generan grandes índices de contaminación por diferentes factores tales como vertimiento directo de aguas residuales, domesticas e industriales, la ganadería, uso de fungicidas, pesticidas y fertilizantes agrícolas, y el mal manejo y disposición de residuos sólidos que afectan en gran medida la contaminación de la cuenca, causando principalmente

deterioro en la calidad del agua y pérdida de la vida acuática.

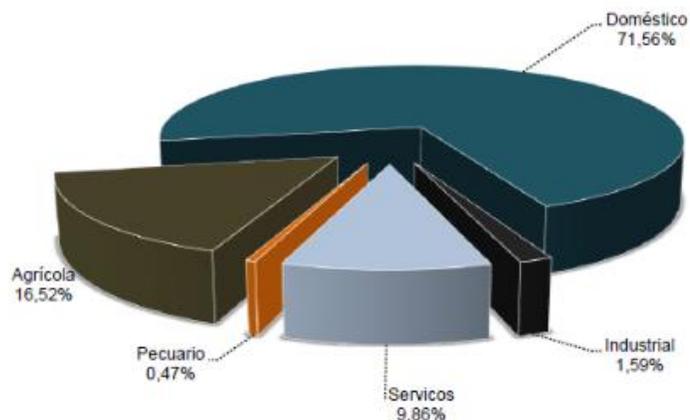


Ilustración 1 Distribución sectorial de la demanda de agua cuenca del río Pasto.

(Corponariño, 2011)

En el municipio de Pasto la actividad que se encuentra ligada a la contaminación por Cr^{+6} y que tiene que ver estrechamente con el grave proceso de contaminación del río Pasto es el curtido de pieles. En la localidad las sales de cromo son ampliamente usadas en la industria del curtido. Sus residuos son vertidos a las corrientes hídricas causando graves desequilibrios ambientales a nivel de los ciclos biogeoquímicos. Investigaciones realizadas por Arango y Alzate (2004) citados por Guerrero, Pinta, Fernández, Iburguen, Hidalgo y Burbano, (2017) en el sector de Pandiáco de la ciudad de Pasto, encontraron una concentración de 59 mg/L de Cr^{+6} en los puntos de vertimiento donde se ubican las curtiembres.

Por lo anterior, surge la necesidad de buscar alternativas de solución para mitigar los daños causados a la cuenca del río Pasto generados por la contaminación principalmente por cromo^{+6} , ya que el medio ambiente se ve deteriorado por la disminución de la fertilidad de los suelos, disminución de la cantidad y calidad de agua potable para los diferentes sectores que se requiere en la ciudad; Esta investigación se presenta como alternativa para la eliminación de cromo^{+6} presente en aguas residuales, por medio de adsorción con carbones activados químicamente elaborados con la cascara de papa, de este modo aportar en nuevos

conocimientos a nuevas y futuras investigaciones y proyectos para la remediación de una problemática ambiental.

¿Cuál de los tratamientos de activación NaOH (40%) y ZnCl₂ (3 M) aplicados al carbón obtenido a partir de la cáscara de papa alcanza mayor porcentaje de remoción de cromo⁺⁶ presente en la muestra de agua residual del río Pasto?

2. JUSTIFICACIÓN

El desecho de sustancias tóxicas, es un tema en el cual se ha dedicado especial atención debido a la importancia que posee desde el punto de vista tanto del aprovechamiento de recursos disponibles, como de la protección del ambiente. La eliminación de sustancias químicas o remoción de metales pesados a través de procesos de “adsorción empleando carbón activado, ha demostrado ser una excelente manera de tratar efluentes residuales industriales, que ofrecen importantes ventajas como el bajo costo, disponibilidad, rentabilidad, facilidad de operación y eficiencia en comparación con los métodos convencionales, especialmente desde los puntos de vista ambiental y económico” (Purkaita, Maiti, & DasGupta, 2007). Los carbones activados comerciales son preparados a partir materiales orgánicos con alto contenido de carbono como madera, hueso, cáscaras de semillas de frutos como también carbón mineral, breas, turbas y coque (Luna, Gonzales, Gordon, & Martin, 2007).

En el Municipio de Pasto, el tratamiento aguas contaminadas con cromo⁺⁶ es un desafío importante ya que es necesario plantear alternativas para disminuir la alta tasa de contaminación por vertimientos de este metal a las corrientes hídricas. Particularmente en el sector de Pandíaco, la industria de la curtiembre de pieles permite que una gran cantidad de residuos tóxicos que contienen cromo sean vertidos al río Pasto. En los procesos de oxidación la forma inicial de cromo⁺³ cambia a cromo⁺⁶ en los afluentes hídricos, esto genera la presencia de cromo hexavalente con la consecuente contaminación por metales de tipo pesado. En la actualidad en las curtiembres del Municipio, no existen métodos adecuados y eficientes para la depuración de las aguas residuales los cuales garanticen una adecuada remoción del cromo y aunque a nivel nacional e internacional existen procedimientos específicos para la depuración de aguas contaminadas como la electrodiálisis, nano filtración, intercambio iónico, precipitación química, coagulación-floculación (Caviedes, Muñoz, Perdomo, Rodriguez, & Sandoval, 2015), son altamente costosos y su tecnología es mínimamente generalizada.

Con esta investigación se pretende brindar una alternativa para reducir el daño que genera el vertimiento directo al río Pasto de estas sales de cromo usadas en la curtiembre de piel, se propone una técnica sencilla y practica que puede ser utilizada por los propietarios de las curtiembres para la disposición final de los residuos de este proceso, utilizando carbón activado con NaOH y/o ZnCl₂ y de este modo evaluar que tan eficiente es la remoción de cromo⁺⁶ y comparar los diferentes tratamientos de activación propuestos, con lo anterior se podría contribuir en la solución a problemas de tipo económico, social y ambiental

Para la producción del carbón activado es necesario disponer de una materia prima que cumpla con requisitos tales como abundancia y alto contenido de carbono (Bastidas, Buelvas, Márquez, & Rodríguez, 2010), motivo por el cual se seleccionó la cáscara de papa, producto agrícola importante y abundante en el departamento de Nariño, además por ser un tubérculo rico en almidón, en su composición elemental prima el carbono, igualmente la cáscara de papa es un subproducto tanto de las industrias como del hogar que no es bien aprovechado y que al desecharse de manera inadecuada generar más contaminación al medio ambiente.

3. OBJETIVOS

3.1 GENERAL

Comparar la capacidad de remoción de cromo⁺⁶ en una muestra de agua residual del río Pasto, utilizando carbón de cáscara de papa activado químicamente con NaOH (40%) y ZnCl₂ (3M).

3.2 ESPECIFICOS

- Elaborar y caracterizar el carbón proveniente de la cáscara de papa activado químicamente con NaOH (40%) y ZnCl₂ (3M).
- Determinar la concentración de metales pesados presentes en una muestra de agua residual tomada del río Pasto, enfatizando la concentración de cromo.
- Evaluar la capacidad de remoción del carbón activado obtenido, sobre cromo⁺⁶ presentes en la muestra de agua residual.
- Comparar la efectividad de los carbones activados con NaOH (40%) y ZnCl₂ (3M), en la remoción de cromo⁺⁶ de la muestra de agua residual teniendo en cuenta las variables tiempo de contacto y temperatura de activación.

4. MARCO DE REFERENCIA

4.1 MARCO CONTEXTUAL

La presente investigación se realizó en diferentes puntos de la ciudad de Pasto – Nariño, al sur occidente del País.

La muestra de agua residual fue tomada directamente del rio Pasto, en el sector norte de la ciudad, en el barrio Juan Pablo XXIII. En la estación que corresponde al IDEAM del municipio de Pasto, como se identifica en la ilustración 2 y 3:



Ilustración 2 Ubicación geográfica del lugar de muestreo. Tomado de:

<https://www.google.com.co/maps>



Ilustración 3 Estación hidrológica del IDEAM, lugar de muestreo.

Mientras que la parte experimental se realizó en el laboratorio de fisicoquímica del SENA, regional Nariño, en el sector suroriental de la capital, barrio Santa Mónica.

4.2 MARCO DE ANTECEDENTES

La contaminación por metales pesados en afluentes colombianos es una situación crítica por los daños ocasionados en la salud de los seres humanos, animales, vegetación y al ambiente en general. Se conoce que ríos del bajo Cauca, Chocó y Nariño registran los casos más críticos, estimándose que a nivel nacional de un total de 300 millones de toneladas anuales de sedimentos son vertidos en los diferentes afluentes del territorio nacional, de los cuales, un total de 205 toneladas representan el mercurio. Según lo informó Omar Franco, director del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), (El país, 2015).

Corponariño como entidad pública que ejerce el rol de autoridad ambiental, administrando los recursos naturales renovables y protegidos, implementó un plan de ordenación del río Pasto en el año 2011, con el objetivo de identificar los principales fuentes contaminantes y de deterioro de la cuenca del río Pasto tanto en la zona alta, media y baja del río, haciendo un diagnóstico general del área, acciones socio participativas que contribuyen a su contaminación y deterioro de la misma, demanda hídrica, cargas contaminantes, e instrumentos de control y planificación para lograr la meta de descontaminación de esta área; en esta investigación, nos establece que debido a la industrias lácteas, bebidas y curtiembres presentes en gran parte de la ciudad, la cuenca se ve afectada por contaminantes tales como sólidos suspendidos, amonio, nitratos, cromo hexavalente, grasas, aceites y coliformes totales, para las los cuales se establecen unos instrumentos de control y planificación para mitigar el daño ocasionado, por otra parte en el cuaderno de gestión integral del riesgo de la Alcaldía de Pasto (2013) define que Pasto, como ciudad capital, es un centro productivo de gran importancia económica e industrial, que además genera amenazas de tipo tecnológico generado por las industrias, distribución de sustancias químicas y combustibles, expendios de gas y agroquímicos, y transporte de materiales o sustancias peligrosas; las consecuencias que se generan por este tipo de fenómeno dependen básicamente de las causa de las sustancias involucradas, las cuales pueden ocasionar pérdida de la vida humana, enfermedades, pérdidas económicas y principalmente contaminación ambiental generada por

eventos como incendios, fugas, explosiones y derrames, que empeoran la contaminación del río.

Hoy en día se han intensificado los estudios y medidas tanto preventivas como de tratamiento para la contaminación de tan preciado recurso que es el agua, para ello se ha propuesto diferentes técnicas y procedimientos para disminuir la contaminación por diferentes factores, como mal desecho de residuos sanitarios y vertimientos de aguas residuales domésticas e industriales sin previo tratamiento. En este caso se ha propuesto el uso de carbón activado para dicho fin.

Existen diversos estudios e investigaciones relacionadas con la producción de carbón activado a partir de diferentes materias primas, como es el caso de Villegas, Dévora, Bucki, & Mollineda (2004) en su investigación denominada obtención de carbones activados para la protección ambiental a partir de maderas exóticas tropicales, estudian la factibilidad de la eliminación de los iones metálicos pesados Cd^{2+} , Co^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{6+} y Zn^{2+} , presentes en aguas contaminadas los cuales se intentaron remover a través de la aplicación de carbón activado elaborado a partir de maderas como brasilete y palo bronco y activado térmicamente por acción del vapor de agua, manejando como variables del proceso la temperatura (600-800°C) y tiempo de contacto al momento de la activación, obteniendo mejor resultado el carbón activado elaborado a partir del palo de bronco a 700°C y un tiempo de activación de 120 minutos, mientras que el carbón activado obtenido a partir de brasilete a una temperatura de 800°C y tiempo de activación de 90 minutos logro mejor rendimiento finalmente se determinó que estos últimos dos tratamientos lograron remover aproximadamente el 100% de los iones metálicos presentes en medio acuoso.

Vázquez, Mejía, Carrasquilla, López, & Garcés (2007), proponen la cáscara de coco como buen precursor de carbón activado, estableciendo un pre-tratamiento con vapor de agua a la materia prima para incrementar su contenido relativo de lignina y su accesibilidad química para posteriormente proceder a la carbonización y activación química con ácido fosfórico, reportando un 77 % de rendimiento global en el proceso realizados; por otra parte en la investigación experimental realizada por Castro, Flores, & Martínez (2009) elaboraron

carbón activado utilizando el mismo precursor orgánico, empleando activación física por medio de la calcinación de la biomasa a 600°C en un mufla y activación química con ácido fosfórico a una temperatura de 100°C en proporción y tiempo variado comprobando la efectividad del carbón activado en una muestra de agua con colorante vegetal, empleando espectrofotometría para determinar que el carbón activado que se obtuvo es de una calidad medianamente adecuada para su producción.

Delgadillo & Sun Kou (2009) en su trabajo preparan carbones activados (CAs) a partir de pepas de níspero de palo, por activación química con H_3PO_4 y KOH, se evaluó la influencia de la razón de impregnación (agente activante/ precursor, p/p), y de la temperatura de activación, en la capacidad de adsorción de fenol, donde los carbones activados con KOH mostraron una mayor capacidad de adsorción de fenol que los tratados con H_3PO_4 , lo cual está relacionado con la presencia de grupos básicos. A partir de una solución de 100 ppm de fenol, se logró adsorber 93,3 y 61,6% con los carbones activados con KOH y con H_3PO_4 , respectivamente, frente a un 7,6% de remoción logrado con el carbón comercial (Merck); se logró concluir que la pepa de níspero de palo resultó ser un buen precursor para preparar carbón activado, debido a su bajo contenido de cenizas (0,46 %) y azufre (0,14%), alto contenido de volátiles y carbono fijo (81,3 y 58%), además los métodos de preparación de carbón activado y la naturaleza del precursor influyen en el rendimiento, las características texturales y adsorbentes del carbón activado. El tipo de agente activante, la razón de impregnación y la temperatura resultaron ser los parámetros más importantes en esta investigación, entre tanto Velázquez, Bolaños, & Pliego (2010) en su trabajo denominado optimización de la producción del carbón activado a partir del bambú, donde además de la elaboración y activación del carbón obtenido del bambú, se optimiza las condiciones de producción en el momento de la activación química, modificando la temperatura y tiempo de activación química, logrando un rendimiento del carbón activado obtenido del 80% gracias a las variables de producción. Del mismo modo Peña, Giraldo, & Moreno, (2012) proponen la elaboración de carbón activado químicamente con ácido fosfórico a diferentes concentraciones, el material lignocelulósico escogido para esta obtención es la cáscara de naranja, concluyendo que el incremento en la concentración de la solución de ácido

fosfórico, agente activante, desarrolla en las muestras una mayor área superficial y una tendencia similar en cuanto al volumen de microporo; Además de ello tiene una influencia sobre la química superficial del material carbonoso; Mutongo, Kuipa, & Kuipa (2014) propusieron que los residuos industriales de cáscara de papa como bioadsorbente en remoción de cromo hexavalente, encontrando que una dosificación de adsorbente de 4 g/L fue eficaz en la eliminación completa del ion metálico a pH 2,5 en 48 minutos con un porcentaje de eliminación del 74,84% y de 87,79% a partir de concentraciones de 100 mg/L y 60 mg/L de Cr (VI) respectivamente.

Torres & Soria (2015) proponen como una solución alternativa el aprovechamiento de residuos agrícolas como la cáscara de nuez, para la transformación en carbón activado, como mecanismo de solución para la remoción de colorantes como la tartrazina en soluciones acuosas, para tales procesos el material precursor es sometido a diferentes temperaturas (600 y 857 °C) y condiciones de carbonización y activación para ser empleado en la remoción de dicho colorante. Los resultados obtenidos arrojaron que la activación con vapor de agua resultó ser determinante para incrementar la capacidad de adsorción de los materiales carbonosos, observándose un aumento en la cantidad de poros presentes en la superficie de éstos, así como mejores resultados en la remoción del colorante amarillo número 5 (tartrazina). Sin embargo, el tiempo en que el material carbonoso alcanzó el equilibrio fue de 7 días, lo que implica que el material fabricado podría ser aplicado en procesos de remoción lenta de colorante y a bajas concentraciones del mismo.

Por otra parte en la investigación realizada en la universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, liderada por Ramírez, Giraldo, Flores, & Aselas (2016) donde preparan carbón activado a partir de biomasa residual generada en la producción de palma de aceite (fibra y cáscara), y al aplicar un tratamiento de activación química con $ZnCl_2$ y empleándolo en la remoción de colorantes como el azul de metileno en diferentes concentraciones, arrojando buenos resultados en cuanto al desarrollo del poro por el método de activación, catalogando el carbón activado obtenido como buen adsorbente del azul de metileno y

concluyendo que los residuos de palma son precursores potenciales para la producción de carbón activado y aplicado en la adsorción de contaminantes orgánicos.

Navarro, y otros (2016) proponen desechos agroindustriales como la coronta de maíz o pepa de ciruela, mezclados con $ZnCl_2$ como agente químico activador, en solución acuosa; con las masas pastosas se hicieron pallets, los cuales fueron secados y carbonizados, sometido a tratamiento de activación química y finalmente lavados con solución de HCl para después ser molidos y tamizados. Estos carbones obtenidos fueron aplicados en la remoción de azul de metileno en soluciones acuosas, por tanto, los estudios cinéticos de adsorción con azul de metileno mostraron que el carbón activado procedente de la coronta de maíz mejora su proceso cinético con la presencia de la radiación UV. Ramírez, Giraldo, Flores, & Aselas (2016) donde preparan carbón activado a partir de biomasa residual generada en la producción de palma de aceite (fibra y cáscara), y al aplicar un tratamiento de activación química con $ZnCl_2$ y empleándolo en la remoción de colorantes como el azul de metileno en diferentes concentraciones, arrojando buenos resultados en cuanto al desarrollo del poro por el método de activación, catalogando el carbón activado obtenido como buen adsorbente.

Narváez (2016) plantea la obtención de carbón vegetal funcionalizado (FVC), tomando como materia prima el bagazo de caña de azúcar y aplicado a la remoción de aluminio presente en suelos, donde toma como variables el pH, cantidad de carbón aplicado y concentración del metal, donde finalmente se determinó que las condiciones óptimas para la máxima eliminación del metal en solución acuosa fueron con pH 5, tiempo de 6 horas y la concentración de FVC 10 mg / l. Se concluyó que, al ser aplicado al suelo, al aumentar de la concentración de carbón vegetal funcionalizado, así mismo aumentaba la cantidad de aluminio retenido, concluyendo que el carbón funcionalizado (FVC) es una buena opción para acondicionar los suelos.

Mohammed & Mohammad (2017) por su parte, proponen el polvo de cáscara de patata como biosorbente de bajo costo para eliminar el cromo hexavalente de soluciones acuosas, para ello se estudiaron diferentes parámetros como el tiempo de contacto en equilibrio, la concentración inicial de iones metálicos, la dosis de cáscara de patata, el pH y la temperatura

a través de varios experimentos de adsorción discontinua, concluyendo que la cáscara de papa posee una alta eficiencia en la remoción de Cr^{+6} .

4.3 MARCO LEGAL

A nivel internacional, surge el Enfoque Estratégico para la Gestión Internacional de Sustancias Químicas, como producto de la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro (1992), la tercera Cumbre de la Tierra, desarrollada en Johannesburgo en 2002, La última Cumbre de la Tierra desarrollada en New York en 2005 y La Conferencia Internacional sobre la Gestión de Productos Químicos, llevada a cabo en Dubái en 2006, las cuales lograron establecer marcos de acción para que los países generen políticas encaminadas a una gestión racional de los productos químicos tóxicos peligrosos y la prevención de su tráfico internacional (López, Suares, Hoyos, & Montes, 2012).

En Colombia existe una legislación ambiental que agrupan una serie de normas que busca la protección, administración, mejoramiento y aprovechamiento racional de los recursos naturales; para lo cual el estado designa al ministerio de ambiente y desarrollo sostenible (MADS) la función de establecer reglas y criterios de ordenamiento ambiental, que a su vez el MADS delega la ejecución de las políticas, planes, programas y proyectos sobre el medio ambiente y recursos renovables a las Autoridades Ambientales Regionales existentes en el País. En este contexto, la Corporación Autónoma Regional de Nariño CORPONARIÑO, quienes en conjunto buscan la protección los recursos naturales renovables y no renovables (Corponariño, 2011).

Constitución Política de Colombia Consagra derechos y obligaciones para proteger los recursos y garantizar un medio ambiente sano. Asigna competencias a diferentes entes estatales para adelantar las tareas de administración, planeación, prevención y defensa del medio ambiente (Corponariño, 2011).

La Ley 23 de 1973 le otorga al presidente de la República facultades extraordinarias para expedir un Código de recursos naturales renovables y fija los lineamientos de la política y normativa ambiental colombiana. El objetivo principal de esta norma es prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente con el fin de preservar la salud y el bienestar de las personas, calificando el medio ambiente como patrimonio común de la humanidad y dejando

en cabeza del Estado y los particulares su mejoramiento y conservación (López, Suares, Hoyos, & Montes, 2012).

Ley 99 de 1993, esta norma establece entre las funciones del Ministerio del Medio Ambiente algunas que están directamente relacionadas con las sustancias químicas tal como la obligación de establecer los límites máximos permisibles de emisión, descarga, transporte o depósito de sustancias, productos, compuestos o cualquier otra materia que pueda afectar el medio ambiente o los recursos naturales (art. 5 núm. 25), función que también se establece para las Corporaciones Autónomas Regionales (art. 31 núm. 10 y núm.12) (López, Suares, Hoyos, & Montes, 2012).

Decreto 1575 de 2007 establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano.

Decreto 3930 de 2010, establece que todo usuario que realice descargas de aguas residuales al suelo, aguas superficiales, aguas subterráneas y aguas marinas deberá tramitar y legalizar el Permiso de Vertimientos o Planes de Cumplimiento. Está pendiente por parte del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible MADS la elaboración de los nuevos criterios de calidad del agua para los usos asignados y las normas de vertimiento, para derogar en su totalidad el Decreto 1594 de 1984 (Corponariño, 2011).

Decreto 4728 de 2010 modifica parcialmente el decreto 3930 de 2010 principalmente en lo que respecta a la ampliación de los plazos estipulados por el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible para la elaboración y entrega de los criterios de calidad, normas de vertimientos y demás compromisos adquiridos en la norma (Corponariño, 2011).

Resolución 631 de 2015 expedida según el diario Oficial N 49.486 el 17 de marzo de 2015 por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible, tiene la finalidad de establecer los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones, en este se tiene en cuenta que el pH mínimo que puede tener un vertimiento

de agua doméstica o de agua residual esta entre 6.00 y 900, así mismo se identifica que el agua puede contener como máximo Aluminio en 0.10 mg/L, Cadmio 3.00 mg/L, Cinc 1.00mg/L, Cobre 1.00 mg/L, Cromo 0.50 mg/L, Hierro 0.02 mg/L, Mercurio 0.50 mg/L, Níquel 0.50 mg/L y Plomo 0.50 mg/L. Cabe acotar que en esta resolución se tiene en cuenta aquellas actividades relacionadas con la curtiembre de pieles.

4.4 MARCO TEÓRICO

Inicialmente es necesario conocer que la cuenca del río Pasto comprende una longitud aproximada de su cauce de 57.60 km hasta su desembocadura en el río Juanambú como se observa en la ilustración 4, la cual se divide en tres sectores denominados: sector alto, medio y bajo; sobre el sector medio se localiza gran parte de la ciudad, abarca desde la bocatoma hasta la estación del IDEAM ubicada antes de la universidad de Nariño, (Corponariño, 2011) sector sobre el cual se enfocará la investigación.

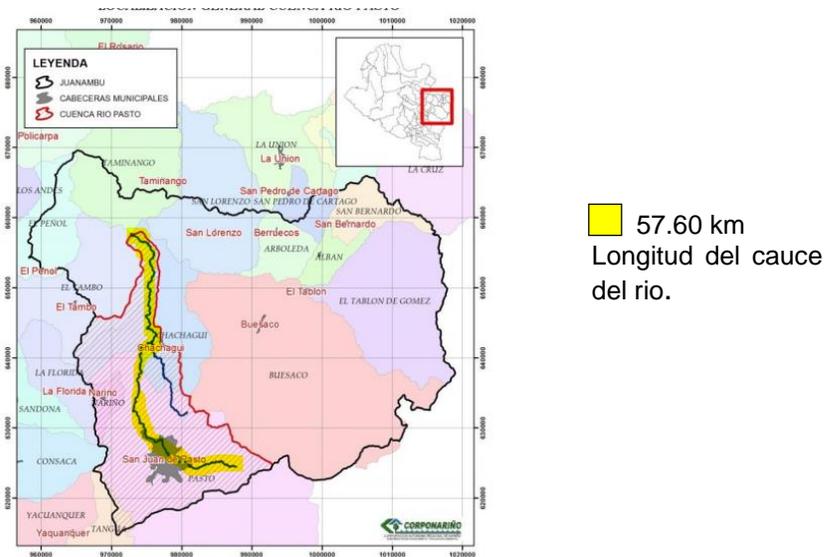


Ilustración 4 Localización general cuenca del río Pasto. (Corponariño, 2011)

El sector medio de la cuenca del río Pasto marcado en la ilustración 5, se ve afectada directamente por las descargas de aguas residuales domésticas e industriales generadas en el área urbana, el paso del afluente por esta zona, atraviesa el barrio popular que no cuenta con algún sistema de tratamiento de aguas residuales, además de una red de alcantarillado combinado de aproximadamente 450 casa que descarga sobre el río; continua por el barrio pinar del rio el cual cuenta con un alcantarillado sanitario de 34 viviendas las cuales cuentan con un cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales formado por una trampa de

grasas, un tanque séptico y un filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA), y su descarga se realiza directamente al cauce principal; atraviesa el barrio la estrella que no cuenta con un sistema de alcantarillado por lo que las 24 viviendas evacuan sus aguas residuales directamente sobre río; avanza por el corregimiento de Buesaquillo (287 viviendas) que cuenta con un sistema de alcantarillado combinado que descarga sobre el río; atraviesa la correccional Santo Ángel, institución que genera carga contaminante teórica en DBO de 7,5 Kg/día producto de cocina, servicios generales, entre otros, además no cuenta con permiso de vertimientos y carece de un sistema de tratamientos de aguas residuales: continua por el SENA, institución que vierte agua residual generada por 2134 estudiantes provenientes de las zonas agroindustrial, administrativa y de distintas formaciones, sigue su paso por el conjunto residencial Pucalpa II, vertimientos domésticos de 10 residencias; continua con la unión con la quebrada Miraflores, que es la que atraviesa el área rural de Catambuco y atraviesa la ciudad de sur a suroeste, esta recibe descargas del parque ambiental y recreativo Chapalito, avanza por el estadio Libertad y la avenida las lunas y Chile, esta quebrada trae vertimientos de industrias de procesamiento de alimentos como pollo al día, arenera Armenia 2000 y otras.

Su recorrido avanza por el barrio Centenario, el colegio pedagógico, hospital infantil y parte de la zona del barrio Morasurco donde se generan vertimientos de tipo doméstico hasta llegar a la zona norte al restaurante Míster pollo donde se identificó vertimientos de residuos industriales directos al río producto de la preparación de alimento, residuos de cocina y sanitario sin ningún tipo de tratamiento, siguiendo hacia el barrio San Antonio se identificó descargas de tipo doméstico y dos curtiembres predominantes en el sector, avanza hacia el Barrio Figueroa se encontró vertimientos que realizan algunas viviendas que se encuentran asentadas a la rivera del cauce principal como también de algunas curtiembres artesanales y finalmente al llegar al barrio Pandiáco se localizan 9 curtiembres que descargan sus residuos directamente sobre el río sin ningún tipo de permiso ambiental, los vertimientos generados por estos procesos son conducidos a trampas de grasas, sedimentadores y tanques sépticos los cuales se encuentran en mal estado, ya que fueron construidos de manera provisional y artesanal, incrementando de manera alarmante la carga contaminante del río, principalmente

por cromo y sulfuros (Corponariño, 2011).

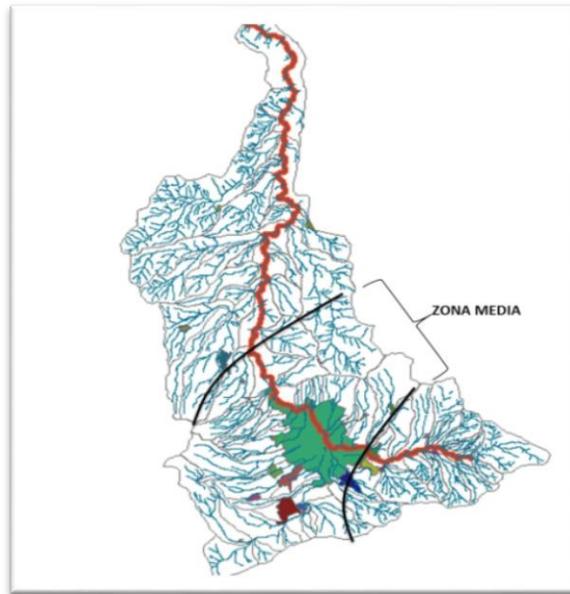


Ilustración 5 Zona media del cauce del río Pasto. (Corponariño, 2011)

Por otra parte, en la construcción de los conceptos propios para la presente investigación es necesario determinar que la papa es una herbácea anual que alcanza una altura de un metro y produce un tubérculo, la papa misma, con tan abundante contenido de almidón que ocupa el cuarto lugar mundial en importancia como alimento, después del maíz, el trigo y el arroz. (FAO, 2008).

La parte exterior del tubérculo se denomina Periderma, después se ubica una franja estrecha que es la corteza, ambas secciones forman la cáscara. Además, tiene un tallo modificado que se ramifica hacia los ojos o yemas, denominado médula. El espacio entre la médula y la corteza este relleno de un tejido conocido como parénquima vascular de almacenamiento, dicho tejido está separado en dos porciones por el anillo vascular. El tubérculo está constituido por aproximadamente 2% de cáscara, 75% a 85% de parénquima vascular de almacenamiento y de 14% a 20% de médula. (Ospina, 2012).

Los compuestos presentes en los tubérculos de papa con potencial antioxidante son: ácido ascórbico, α -tocoferol, carotenoides, diferentes polis fenoles y ácidos fenólicos como el ácido clorogénico, principal representante de este grupo.

Tanto la carne como la cáscara de la papa contienen sustancias antioxidantes, se ha demostrado que la mayoría de los compuestos fenólicos se encuentran en la cáscara, derivados mayoritariamente del ácido caféico y ácido ferúlico, estimulando así el aprovechamiento de este subproducto en la industria alimentaria (Lasso, Arbeláez, Rojano, & Ñuztez-Lopez, 2018)

Los compuestos fenólicos son moléculas que tienen uno o más grupos hidroxilo unidos a un anillo aromático. Los compuestos fenólicos están relacionados con la calidad sensorial de los alimentos de orígenes vegetales, frescos y procesados. Actualmente este grupo de compuestos fitoquímicos es de gran interés nutricional por su contribución al mantenimiento de la salud humana.

Además estos compuestos intervienen como antioxidantes naturales en alimentos, este comportamiento parece estar relacionado con su capacidad para separar metales, ya sea mantenido o incrementando su actividad catalítica o reduciéndolos. (Porrás & López, 2009)

Por su parte el ácido caféico es el ácido hidroxicinámico de mayor distribución en la naturaleza. Los hidroxinámicos pertenecen al grupo de compuestos fenólicos simples (C3-C6) que tienen un anillo aromático con uno o más sustituyentes hidroxilo (OH). Algunos ejemplos pueden ser ácido caféico (3,4- dihidrocinámico), ácido ferúlico, ácido pumarínico, ácido sináptico y ácido clorogénico. (Sánchez Luna, 2016)

También es pertinente considerar que el ácido ferúlico como componente de la papa es un compuesto que forma parte del grupo de los ácidos hidroxicinámicos, entre ellos es el más abundante en la pared celular vegetal. Este se encuentra enlazado covalentemente a polisacáridos, incluyendo glucoarabinosilanos (GAXs) y pectinas, a través de enlaces ésteres. (Sánchez, 2016).

Una proporción considerable del ferulato forma dímeros (dehidrodímeros y ciclodímeros) a través de su anillo aromático o del grupo alifático, resultando en una unión polisacárido-polisacárido y polisacárido-lignina. La dimerización es catalizada por peroxidasas (Sandoval, Quintana, Baldessari, & Plou, 2012)

Ahora bien, como parte sustancial de los conceptos que se adhieren al proceso investigativo es necesario considerar al carbón activado el término se refiere a carbones muy porosos producidos a partir de materiales ricos en carbono, mediante diversas formas de activación química o física (Rouquerol & Rouquerol, 1999). La obtención de carbones activados a partir de material lignocelulósico es ampliamente usada en la industria química debido al bajo costo y a la abundancia de este tipo de materiales en la naturaleza (Carriazo, Saavedra, & Molina, 2010). El nombre de carbón activado se aplica a una serie de carbones porosos preparados artificialmente, a través de un proceso de carbonización, para que exhiban un elevado grado de porosidad y una alta superficie interna (Prías, Rojas, Echeverry, Fonthal, & Ariza, 2011). El carbón activado es un adsorbente muy versátil ya que el tamaño y la distribución de sus poros en la estructura carbonosa pueden ser controlados para satisfacer las necesidades de tecnología actual y futura. (Luna, Gonzales, Gordon, & Martin, 2007).

La biomasa es una mezcla compleja de polímeros naturales tales como celulosa y hemicelulosa, y lignina y cantidades menores de otras sustancias, tales como sustancias extractivas y cenizas. Cada material presenta una característica particular cuando piroliza debido a la gran variabilidad de la relación de estos componentes en diferentes especies de plantas, por lo tanto se define que la obtención del carbón consiste en una serie de procesos térmicos, que implican la pérdida de humedad y descomposición de la hemicelulosa, donde se pueden desprender gases como CO y CO₂, seguido de la descomposición de la celulosa y finalmente cambios en la estructura de la lignina para obtener “carbón puro”, su proceso de activación se da por la interacción con un medio altamente ácido o básico que favorezca la oxidación de la superficie del carbono que promueve la interacción con algunos metales y compuestos inorgánicos (Narváez, 2016).

Considerando la necesidad de realizar una activación al carbón es necesario considerar que la activación química es un proceso aplicado para mejorar las características y condiciones del carbón como medio adsorbente o filtrante, El proceso consiste en oxidar la superficie del carbón con agentes químicos ácidos, los cuales contribuye en la modificación estructural del carbón, La oxidación favorece la interacción con algunos metales y compuestos inorgánicos, y el producto de la oxidación sería el carbón activado para el tratamiento de efluentes (Narváez, 2016). El objetivo de la activación del carbón obtenido es incrementar el número de poros y ensanchar su tamaño y del mismo modo aumentar la capacidad de adsorción. La porosidad de los carbones que se obtiene por activación química es generada por reacciones de deshidratación química, que tienen lugar a temperaturas mucho más bajas. En este proceso el material a base de carbón se impregna con un agente químico, principalmente ácido fosfórico (o cloruro de cinc) y el material impregnado se calienta en un horno a 500–700 °C. Los agentes químicos utilizados reducen la formación de materia volátil y alquitranes (Robau Sánchez, 2006). El carbón elaborado después de su activación incrementa su área superficial debido a la formación de poros internos de diferentes dimensiones (Prías, Rojas, Echeverry, Fonthal, & Ariza, 2011) como indica a continuación:

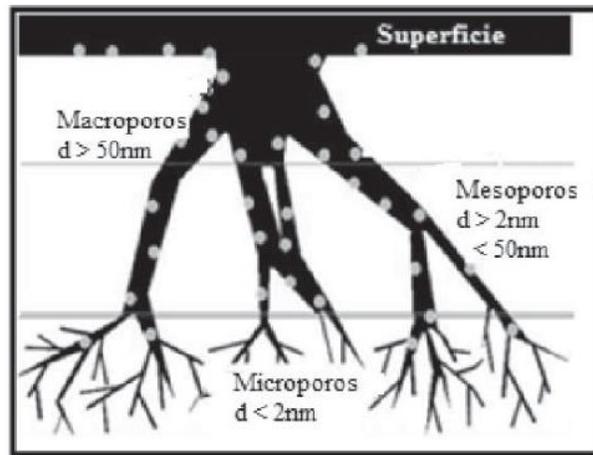


Ilustración 6 Tipo de poros formados con la activación química. (Prías, Rojas, Echeverry, Fonthal, & Ariza, 2011)

Teniendo en cuenta la activación química que se debe realizar en el presente proyecto es necesario considerar a los diferentes compuestos con los que se pretende hacer la activación, en ese sentido se considera al hidróxido de sodio, cuya fórmula química es NaOH, es un sólido translucido, inodoro que absorbe humedad del aire (higroscópico), además presenta un pH aproximado de 14. El hidróxido de sodio es muy corrosivo e irritante al contacto. No se clasifica como peligroso para el medio ambiente acuático (Carl Roth, 2015).

Por su parte el cloruro de Zinc es un compuesto químico cuya fórmula es $ZnCl_2$, el cual es una sustancia sólida incolora o blanca, inodoro, muy soluble en agua, presenta pH comprendido entre 4,5 y 5,5. El $ZnCl_2$ es altamente tóxico, corrosivo e irritante por contacto y además es peligroso para el medio ambiente acuático (Carl Roth, 2015).

La adsorción refiere a la capacidad que tiene el carbón activado de atraer y retener moléculas de otros compuestos. A este mecanismo de atracción se le denomina adsorción, al sólido se le denomina "adsorbente" y a la molécula atrapada, "adsorbato". La unión entre el carbón y el adsorbato se lleva a cabo por medio de fuerzas de London, que son una de las clases de fuerzas de Van Der Waals (Prías, Rojas, Echeverry, Fonthal, & Ariza, 2011), en este proceso los átomos en la superficie de un sólido, atraen y retienen moléculas de otros en sitios específicos del sólido llamados centros activos (Gómez, 2012). Por lo tanto, al ser un fenómeno que ocurre en la superficie mientras mayor área superficial disponible tenga un sólido, mejor adsorbente podrá ser (E.U. politecnica, s.f).

El proceso de adsorción involucra una fase sólida (biomasa) y una fase líquida (agua) que contiene los contaminantes a ser adsorbidas, por la afinidad entre adsorbente y el adsorbato para ser enlazados, se presentan diferentes mecanismos de adsorción que se basan en las interacciones fisicoquímicas entre las moléculas de los contaminantes y los grupos funcionales presentes en la superficie del carbón (Delgadillo, 2015), dichos grupos se observan a continuación en la ilustración 7, que explican cómo puede darse la retención de metales en el adsorbente, entre los cuales se encuentra la quelación, adsorción física, intercambio iónico y precipitación (Tejada, Herrera, & Núñez, 2015).

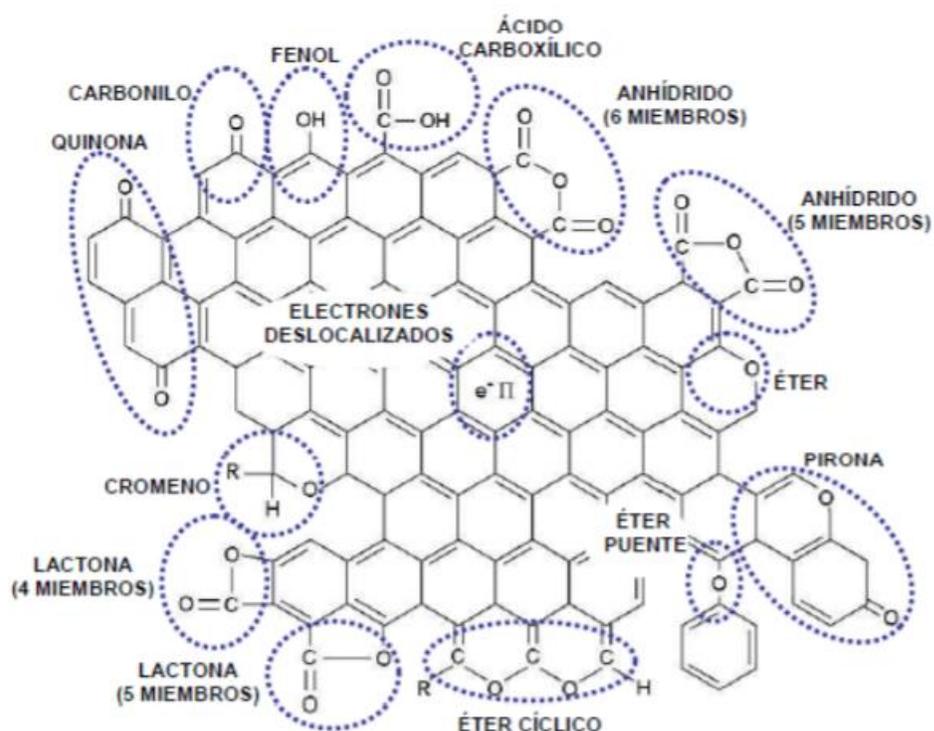


Ilustración 7 Principales grupos superficiales que se pueden encontrar en un carbón Activado (Martinez, 2012)

La quelación se da cuando el metal se une a los centros activos de la pared de la biomasa por enlaces químicos, formando algunos complejos; En la adsorción física intervienen las fuerzas de Van der Waals; Así mismo, el intercambio iónico, se dará entre iones metálicos divalentes propiciados con iones provenientes de los polisacáridos de la biomasa; En la precipitación se dará la formación de un complejo que finalmente se hidrolizará (Tejada, Herrera, & Núñez, 2015).

Por su parte el término de metal pesado se refiere a cualquier elemento químico metálico que tenga una relativa alta densidad y sea tóxico o venenoso en concentraciones bajas. Los ejemplos de metales descritos por Gaitán (2002) son el cromo, el mercurio, el cadmio, el arsénico, el talio y el plomo. Los metales pesados son componentes naturales de la corteza terrestre, Así como el hierro y el manganeso, que, al entrar en contacto con los afluentes,

generan un alto impacto contaminante al no poder ser degradados o destruidos. La peligrosidad de los metales es mayor al no ser química ni biológicamente degradables además y algunos de ellos con efectos de bioacumulación. Una vez emitidos, pueden permanecer en el ambiente durante cientos de años. Además, su concentración en los seres vivos aumenta a medida que son ingeridos por otros (biomagnificación), por lo que la ingesta de plantas o animales contaminados puede provocar síntomas de intoxicación (Gaitán, 2002).

Teniendo en cuenta el presente proyecto investigativo es necesario considerar al principal contaminante en nuestro medio, el cromo hexavalente (Cr^{+6}), que se reconoce como la forma tóxica del metal cromo. Mientras que algunas formas menos tóxicas del cromo ocurren naturalmente en el ambiente (suelo, rocas, polvo, plantas, y animales), el Cr^{+6} se produce principalmente por procesos industriales. El Cr^{+6} se utiliza en galvanoplastia, fabricación y soldadura de acero inoxidable, pigmentos y colorantes, revestimientos de superficies y curtido de cuero (Oficina de Evaluación de Peligros de Salud Ambientales, 2016).

De acuerdo con el Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS), la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) Los compuestos de cromo hexavalente son altamente carcinógenos (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 2012 citada por Guerrero, Pinta, Fernández, Ibarguen, Hidalgo y Burbano, 2017). Por esta razón, a nivel mundial la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), establece un nivel máximo permisible por contaminación con cromo en agua potable equivalente a 0.1 mg/L.

El tratamiento fisicoquímico utilizado más frecuentemente para el tratamiento de efluentes contaminados con Cr^{+6} consta de dos etapas: en la primera, el Cr^{+6} es reducido a Cr^{+3} mediante el empleo de agentes químicos como FeSO_4 , FeCl_2 , NaHSO_3 o SO_2 . En una segunda etapa, el Cr^{3+} formado es precipitado como $\text{Cr}(\text{OH})_3$ o Cr_2O_3 a pH 8, siendo en ocasiones necesaria la adición en este paso de algún agente coagulante/floculante para favorecer la precipitación del Cr^{3+} . Una de las principales desventajas de esta técnica, sin embargo, es que los agentes reductores utilizados son tóxicos, por lo que tiene mucho interés el desarrollo de procedimientos capaces de solventar este inconveniente (Muñoz, 2016).

Al igual que el Cromo hexavalente se encuentra al manganeso con símbolo químico Mn y masa atómica de 54.938 g/mol, es un compuesto que se encuentra en la naturaleza que se descompone en el agua, se presenta en forma de sulfuro o de óxidos, es bastante ocupado en la producción de hierro, como tal este compuesto es poco abundante y por tanto la ingesta humana que debe realizarse de este compuesto es mínima, por ser un derivado de muchas producciones el manganeso se encuentra de manera común en las aguas de ríos y lagos. (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (ATSDR), 2000)

Es necesario aclarar que como tal el manganeso no se presenta de manera aislada en las aguas, este generalmente se combinado con el oxígeno o con otros componentes, además de que por ser peligroso en cantidades imprecisas este es ocupado en pesticidas otra forma de contaminación. Tiene una apariencia blanco grisáceo, duro y muy frágil, refractario y fácilmente oxidable.

El hierro por su parte es un elemento químico que tiene de numero atómico el 26 que se encuentra situado en el grupo 8 de la tabla periódica y su símbolo es Fe, tiene una masa atómica de 55.845 g/mol, como características particulares se encuentra que este es un metal que tiene un color negro lustroso o que también se presenta como gris azulado, dúctil, maleable y tenaz, es duro y pesado y tiene propiedades ferromagnéticas. El hierro es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre, representado en un 5%, es así que entre los metales solo el aluminio es mayormente abundante, se encuentra en la composición esencial de los seres vivos y toma tres formas esenciales: Ferroso que es llamado hierro de agua transparente este no es visible en el agua, este se presenta en las aguas que no tienen oxígeno, como pozos o agua debajo de la tierra; también se encuentra como férrico es conocido como agua roja de hierro y es básicamente el tipo de hierro que se ha expuesto al oxígeno; y finalmente el hierro bacteria este es un tipo de hierro que ataca a los pozos y sistemas de agua en cualquier ambiente acuífero. (Valencia, 2013)

5. METODOLOGÍA

5.1 OBJETIVO 1. ELABORAR Y CARACTERIZAR EL CARBÓN PROVENIENTE DE LA CÁSCARA DE PAPA ACTIVADO QUÍMICAMENTE CON NAOH (40%) Y ZNCL₂ (3M).

5.1.1 Preparación de la materia prima y carbonización.

1. La cáscara de papa, materia prima utilizada como fuente de carbono fue recolectada de los desechos del restaurante “Coma rico” del barrio Villaflor II de la ciudad de Pasto - Nariño, al cual se dio un tratamiento de selección, lavado y cortado aproximadamente del mismo tamaño (± 1 cm x 2 cm).

2. Una vez en el laboratorio, las cáscaras de papa fueron secadas en una estufa marca Bender a una temperatura de 115°C por un tiempo de 24 horas, siguiendo con la metodología propuesta por McCabe (s.f.), para eliminar toda la humedad posible, transcurrido este tiempo se inició el proceso de carbonización partiendo de 388.22 gramos de material seco.

3. Se realizó la carbonización del material vegetal en fracciones de 10 gramos, las cuales fueron introducidas a la mufla Termodigeno a una temperatura de 740 °C por un tiempo de 10 a 15 minutos, que posteriormente permita una activación y adsorción adecuada siguiendo la metodología de Aboua, Yaboutet, Yao, Goné, & Trokourey (2015).

4. El producto obtenido fue macerado y tamizado para tener un tamaño de partícula homogéneo con una malla numero 200 (0,75 μ m) (Espinosa & Mera, 2015) y almacenado en Beaker dentro de la estufa de secado marca Binder hasta su proceso de activación, se almacena herméticamente tapado, y se usa en la menor cantidad de tiempo posible.

5.1.2 Activación química.

1. Se inició con la impregnación del agente activante, en una relación de 2:1 activante: carbón para optimizar el proceso y generar un buen contacto tal como lo indica Prías, Rojas, Echeverry, Fonthal, & Ariza (2011), en los tiempos establecidos, seguido a la

variación de temperatura (estufa) estipulados en la tabla 1, según Carrillo, Albarracin, & Pereira (2013), se establece que la temperatura y tiempo de contacto en la activación son factores que influyen en la calidad del carbón obtenido.

5.1.2.1 Diseño Experimental. Cuando se quiere investigar la influencia de tres factores (A, B y C) sobre una o más variables de respuesta, y el número de niveles de prueba en cada uno de los factores es a, b y c, respectivamente, se puede construir el arreglo factorial $a \times b \times c$, que consiste de $a \times b \times c$ tratamientos o puntos experimentales (Gutiérrez & De la Vara, 2008).

Las variables involucradas en el proceso de elaboración de carbón activado son: la temperatura de activación de 50°C y 100°C, el tiempo de contacto de 30 y 60 minutos y los agentes activantes como NaOH y ZnCl₂ (Prías, Rojas, Echeverry, Fonthal, & Ariza, 2011). Por lo tanto, se implementó un diseño factorial 2³, el cual permitirá observar y analizar los factores involucrados en el proceso y de este modo determinar las condiciones más favorables (Medina & López, 2011).

Tabla 1 Condiciones de Activación

Tratamientos	Agente activante	Tiempo de contacto con el agente activante (minutos)	Temperatura de activación °C
T1	NaOH 40%	30	100
T2			50
T3		60	100
T4			50
T5	ZnCl ₂ 3M	30	100
T6			50
T7		60	100
T8			50
T9	No aplica	No aplica	No aplica

4. Se realizó un montaje de filtración para aplicar varios lavados con agua destilada a los carbones activados obtenidos después del tratamiento aplicado, hasta que el filtrado indique un pH neutro, de este modo se eliminaron los residuos del agente activante (Bastidas, Buelvas, Márquez, & Rodríguez, 2010).

En caso de que el pH no sea neutro (6.5 – 7) se efectuó lavados con NaOH 0,1 N o HCl 0,1 M, dependiendo del resultado obtenido, posteriormente se continua los lavados con agua destilada. (Grisales & Rojas, 2016)

5. Finalmente, el carbón activado obtenido fue secado en estufa de secado marca Binder durante 24 horas a una temperatura de 100°C (Carrillo, Albarracin, & Pereira, 2013), posteriormente se deja enfriar en desecado para así evitar que absorban humedad del

ambiente durante dicho proceso, a continuación, se envasaron en recipientes herméticos hasta su utilización.

5.1.3 Caracterización:

5.1.3.1 Contenido de cenizas:

1. Se colocó a peso constante un crisol o capsula de porcelana, sometiéndolo a temperaturas de 550- 600°C por 15 minutos, al enfriarse se dejará en reposo por 15 a 20 minutos en un desecador y se registró el peso.
2. se pesó 0.5 gr carbón activado sobre el crisol o capsula y se registra el peso exacto.
3. Se realizó una incineración previa directamente sobre el mechero.
4. Se incineraron completamente la muestra a una temperatura de 500-600°C por un tiempo de dos horas o hasta que la muestra no este de color negro.
5. Se pesó el crisol con las cenizas en la misma balanza y registro el peso.
6. Utilizando la siguiente formula, se calcula el porcentaje de cenizas:

$$\% \text{ cenizas} = \frac{\text{Peso de las cenizas}}{\text{Peso de la muestra}} * 100$$

5.1.3.2 Densidad aparente:

1. Se midió en una probeta de 5 ml colocando el carbón activado hasta una altura de aproximadamente 1 ml.
2. se registró el peso exacto de la muestra y la probeta para los cálculos respectivos, empleando la siguiente formula:

$$\text{Densidad aparente} = \frac{\text{Masa de la Muestra}}{\text{Volumen de la muestra}}$$

5.1.3.3 Desempeño de adsorción (técnica de adsorción de soluciones coloreadas) (Muñoz, Alcántara, Noh, & Sandoval, s.f). Para analizar el desempeño de adsorción de los carbones activados provenientes de la cáscara de papa, se ocupará la técnica de índice de azul de metileno a partir de la cual se evidencia que la cantidad de colorante se dirime a partir del contacto de carbono, este método definido por Muñoz, Alcántara, Noh y Sandoval (s.f.) permite a través del uso de espectrofotómetro medir la capacidad de adsorción, entendiendo que el carbón se ocupa de atrapar iones. Para ello se ocupará el siguiente procedimiento:

1. Se realizó la curva de calibración en azul de metileno para definir la longitud de onda.
2. Se estableció una solución madre a 50 ppm de azul de metileno ocupando una pipeta y agua destilada y des ionizada.
3. En 9 frascos de vidrio se adicionó una alícuota de azul de metileno con la misma concentración (50 ppm) y las muestras de los 9 tipos de carbón.
4. Se colocó la mezcla en agitación durante 24 horas.
5. Se filtró la mezcla y después de 10 minutos se mide absorbancia al filtrado en espectrofotómetro marca Hitachi con celda de 1 cm a una longitud de onda de 663 nm.

5.2 OBJETIVO 2. DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS PRESENTES EN UNA MUESTRA DE AGUA RESIDUAL TOMADA DEL RIO PASTO, ENFATIZANDO LA CONCENTRACIÓN DE CROMO.

La muestra de agua residual fue recolectada por muestreo simple en la estación hidrológica del IDEAM en la parte anterior a la Universidad de Nariño, en el barrio Juan XXIII, sector norte del municipio de Pasto – Nariño, lugar por donde atraviesa el río, teniendo en cuenta la guía de toma y preservación de muestras del IDEAM (Instituto de Hidrología, meteorología y estudios Ambientales, IDEAM, s.f) indicado en la ilustración 8, la

recolección de la muestra de agua residual se realizó el día 28 de agosto de 20018 hacia las dos y media de la tarde, correspondiente a un día de normal operación de encurtido y lavado de pieles, además por indagación a los residentes del lugar se conoció que los lavado del cuero se realizaban entre las dos y tres de la tarde.



Ilustración 8 Rio Pasto.

1. La muestra puntual fue recolectada en un recipiente de vidrio color ámbar con capacidad de 1000 ml y un recipiente plástico con capacidad de 2500 ml, los recipientes se almacenaron en una nevera plástica con hielo para mantener una temperatura cercana a 5°C.

2. El recipiente de vidrio fue llevado inmediatamente al Laboratorio Especializado en Química de la Universidad de Nariño para realizar la determinación de concentración de metales pesados presentes en la muestra de agua por la técnica de espectrofotometría de absorción atómica.

3. El recipiente plástico se refrigeró y ajustó el pH a 2,5 usando HCl 0,1 M, para evitar la precipitación de iones metálicos (Mutongo, Kuipa, & Kuipa, 2014), proceso que se realizó

en campo continuo a su recolección; El recipiente fue trasladado al laboratorio y se mantuvo en refrigeración hasta su utilización.

5.3 OBJETIVO 3. EVALUAR LA CAPACIDAD DE REMOCIÓN DEL CARBÓN ACTIVADO OBTENIDO, SOBRE CROMO⁺⁶ PRESENTES EN LA MUESTRA DE AGUA RESIDUAL.

1. Se tomó 100 ml de la muestra del agua de río y trasvasó a Erlenmeyer diferentes y se rotulo de acuerdo a los tratamientos que se aplicaron (Tabla 1).

2. Se adicionó 0.1 gr de carbón activado de cada uno de los tratamientos en cada uno de los Erlenmeyer con la muestra de agua residual, evaluando las muestras por duplicado.

3. Se colocó las muestras en agitador orbital marca Stuart a 180 rpm durante 30 minutos y se deja en reposo para generar un contacto adsorbente - adsorbato, teniendo en cuenta la metodología propuesta por Grisales y Rojas (2016), después ello se filtró y se almacenaron en recipientes de vidrio color ámbar, para el presente caso se especifica la ocupación de estos mismos tiempos.

4. Finalmente las muestras se enviaron al laboratorio, el análisis se efectuó en los laboratorios especializados de la universidad de Nariño, para determinar la concentración de Cromo⁺⁶ por técnica de absorción atómica. Los resultados obtenidos se analizaron para determinar el porcentaje de remoción de los carbonos analizados, tomando como referencia el primer análisis realizado a la muestra de agua residual.

5.4 OBJETIVO 4. COMPARAR LA EFECTIVIDAD DE LOS CARBONES ACTIVADOS CON NaOH (40%) Y ZnCl₂ (3M), EN LA REMOCIÓN DE CROMO⁺⁶ DE LA MUESTRA DE AGUA RESIDUAL TENIENDO EN CUENTA LAS VARIABLES TIEMPO DE CONTACTO Y TEMPERATURA DE ACTIVACIÓN.

1. Con los resultados entregados se realizó una comparación entre los tratamientos aplicados en la remoción de cromo⁺⁶ presentes en la muestra de agua residual, tomando como referencia su concentración inicial.

2. Se elaboró una tabla comparativa de los resultados obtenidos y verificar con los análisis estadísticos realizados, teniendo en cuenta las variables estipuladas.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 OBJETIVO 1. ELABORAR Y CARACTERIZAR EL CARBÓN PROVENIENTE DE LA CÁSCARA DE PAPA ACTIVADO QUÍMICAMENTE CON NaOH (40%) Y ZnCl₂ (3M).

6.1.1. Preparación de la materia prima y carbonización. Inicialmente se preparó la cáscara de papa, efectuando varios lavados a mano, con el fin de retirar la mayor cantidad de impurezas; estas fueron seleccionadas y continuamente sometidas a secado en una estufa marca Binder por un tiempo de 24 horas a una temperatura constante de 115°C con el objetivo de eliminar la humedad que estas contenían, seguido esto se pesó la cantidad total de muestra seca, obteniendo 388.22 gramos.

En el proceso de carbonización se fraccionaron la cantidad total de cáscara de papa para ser introducidos en la mufla en porciones de 10 gramos en capsulas de porcelana de 30 ml como lo muestra la ilustración 9, a una temperatura de 740°C por un tiempo de 10 minutos obteniendo que por cada 10 gramos de muestra se obtuvo aproximadamente 1 gramo de carbón, es decir, consiguiendo obtener aproximadamente 38,5 gramos de carbón.

$$\text{Rendimiento del proceso} = \frac{\text{carbón obtenido}}{\text{materia prima}} \times 100$$

$$\text{rendimiento del proceso} = \frac{38.5 \text{ gramos}}{388.22 \text{ gramos}} \times 100$$

$$\text{rendimiento del proceso} = 9.9 \%$$

Por lo anterior se pudo establecer que el rendimiento del proceso fue del 9.9%. El porcentaje de rendimiento del carbón está relacionado con el tiempo y temperatura de carbonización tal como lo indica Prías, Rojas, Echeverry, Fonthal, & Ariza, (2011) donde se establece que, para altas temperaturas y mayor tiempo de carbonización, se presenta un menor rendimiento, pero un mayor porcentaje de carbono fijo.

Por otra parte, según Alvarado (2011) reporta un alto contenido de humedad para la cascara de papa con un porcentaje de 79.80% lo que en este caso indica que existió un mayor desprendimiento de material volátil en comparación con la cantidad de carbono fijo.



Ilustración 9 Proceso de carbonización.

Finalizando la carbonización el producto obtenido fue macerado con ayuda de un mortero como se muestra a continuación y tamizado con una malla numero 200 (0,75 μm) para obtener un tamaño de partícula homogéneo, de este modo se garantiza una mayor superficie de adsorción según propone Espinosa & Mera (2015) en su estudio de granulometría de la cascara de plátano verde y con ello reducir posibles variables que puedan afectar el proceso de adsorción de cromo⁺⁶, del mismo modo García (2001) establece que al disminuir el tamaño de partícula del carbón mineral activado su área superficial fue mayor, presentándose la misma tendencia para el volumen de poro.



Ilustración 10 Maceración del carbón.

Continuando con el proceso necesario para la ocupación del carbón obtenido de la cascara de papa se da paso a la fase de activación.

6.1.2. Activación química. En el proceso de activación se inició pesando aproximadamente 4 gramos de carbón para cada tratamiento:

Se prepara 200 ml de solución de NaOH al 40%, pesando 80 gramos de soluto para ser disueltos en dicho volumen.

$$\% \frac{\text{masa}}{\text{volumen}} \times 100 \rightarrow \frac{80 \text{ gramos NaOH}}{200 \text{ ml}} \times 100 = 40\%$$

Esta solución se agregó a los tratamientos T1, T2, T3 Y T4, para iniciar su proceso de activación.

Para la solución de ZnCl₂, se prepararon 200 ml en una concentración 3M teniendo en cuenta los siguientes cálculos:

$$3M = \frac{X \text{ moles de ZnCl}_2}{0,2L} = 0,6 \text{ moles de ZnCl}_2$$

$$0,6 \text{ moles ZnCl}_2 \left(\frac{122,65 \text{ gramos ZnCl}_2}{1 \text{ mol ZnCl}_2} \right) = 73,59 \text{ gramos ZnCl}_2$$

Esta solución fue utilizada para la activación de los tratamientos T5, T6, T7 Y T8.

Para la etapa de activación cada uno de los tratamientos fueron sometidos a las condiciones de tiempo de contacto y temperatura de activación tal como se indica en la tabla 1: condiciones de activación; transcurrido esta etapa cada uno de los carbones obtenido fueron lavados con suficiente agua destila hasta lograr alcanzar un pH neutro como se observa en la ilustración 11, en el caso de los tratamientos T1, T2, T3 Y T4, se les aplico lavados con HCl 0,1 N para neutralizar la solución.

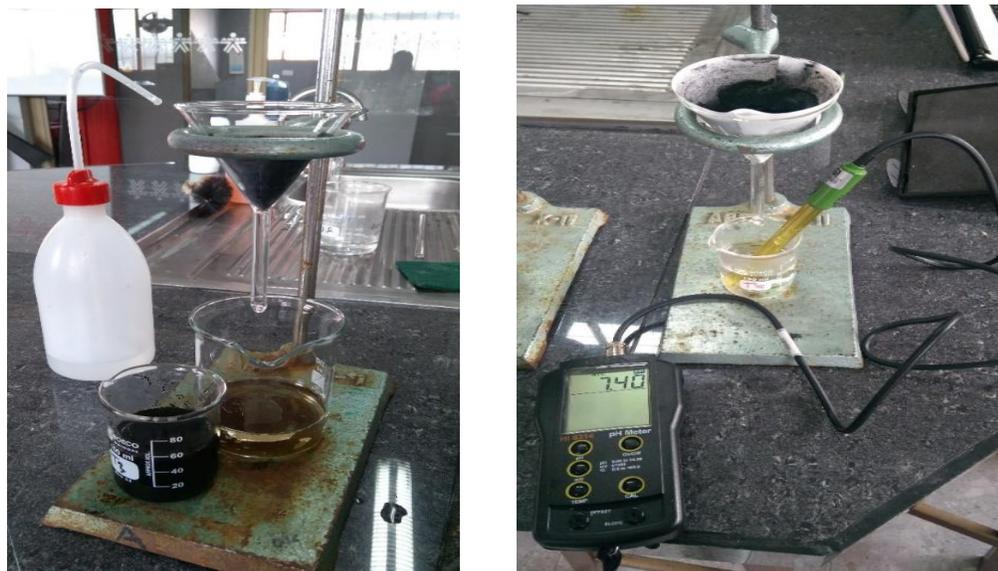


Ilustración 11 Lavados efectuados a los carbones activados.

En esta etapa del proceso se utilizó NaOH al 40% y ZnCl₂ 3M como agentes activantes, es decir estos reactivos van a aumentar y ensanchar la cantidad de poros del carbón de cascara papa con el fin de mejorar la adsorción de cromo⁺⁶ existente en la muestra de agua.

El ZnCl₂ es una sal altamente toxica para medios acuáticos lo que limita su uso, sin embargo, existe muy pocas investigaciones en las que se emplea este compuesto como agente activante de ahí la decisión de emplearlo para esta investigación. Prías, Rojas, Echeverry, Fonthal, & Ariza (2011) establecieron que la concentración indicada para usar el ZnCl₂ como agente activante es 3 molar; A continuación, Martínez (2012) obtuvo que el ZnCl₂ al ser un ácido de Lewis actúa como un agente deshidratante sobre la celulosa y lignina del material precursor, generando una micro porosidad ($r < 2$ nm) de tamaño uniforme y un pequeño desarrollo de la mesoporosidad ($r \approx 2-50$ nm).

Por otra parte, la activación con NaOH produce una serie de reacciones químicas en la superficie del carbón, como la generación de H₂O_{vapor} y CO₂ promoviendo el ensanchamiento del tamaño de los microporos ($r < 2$ nm) (Martinez, 2012).

Mientras tanto Grisales & Rojas (2016) trabajan su investigación con NaOH 40%, en el cual trabajan la remoción de colorantes en aguas residuales industriales logrando una remoción de 99.81% de la concentración de colorante de una muestra del 10 ml, es de resaltar que en su investigación logró establecer que a medida que se aumenta el volumen y la concentración de la muestra, el porcentaje de remoción tiende a disminuir.

6.1.3. Caracterización

6.1.3.1 Contenido de Cenizas. Para determinar el contenido de ceniza en primera medida se pesa el crisol a ocupar y se somete a una temperatura de 550°C por un tiempo de 15 minutos posterior a este proceso se deja enfriar en un desecador como se aprecia en seguida y se tomó nota del peso:



Ilustración 12 Reposo y determinación del peso del crisol vacío

Una vez establecido el peso del crisol se procede a pesar 0.5 gr de carbón activado de las muestras T1, a T9, y se disponen sobre el crisol, posterior a esto se realiza la incineración en la mufla Termodigeno a una temperatura de 550°C como se muestra en la ilustración siguiente, fue suficiente solamente el tiempo de una hora para que desaparezca el color negro y poder determinar el peso final.



Ilustración 13 Proceso de incineración carbones activados

Después del proceso de incineración durante dos horas se pesan las muestras y teniendo en cuenta la fórmula:

$$\% \text{ cenizas} = \frac{\text{Peso de las cenizas}}{\text{Peso de la muestra}} * 100$$

Con base a la aplicación de la formula se establecen los siguientes datos:

Tabla 2 Determinación de cenizas

Muestra	peso crisol (g)	peso muestra (g)	peso cenizas + crisol (g)	peso cenizas (g)	% cenizas
T1	21,7173	5,0000	21,7174	0,0001	0,000002
T2	20,9826	5,0000	20,9829	0,0003	0,0060
T3	22,3373	5,0000	22,3410	0,0037	0,0740
T4	21,8429	5,0000	21,8450	0,0021	0,0420
T5	22,1143	5,0004	22,1271	0,0128	0,2559795
T6	22,1926	5,0000	22,2051	0,0125	0,24998
T7	20,4347	5,0000	20,4372	0,0025	0,0500
T8	20,2150	5,0000	20,2150	0,0000	0,0000
T9	22,9875	5,0000	22,9981	0,0106	0,2119915

A partir de los datos anteriores se puede afirmar que la cantidad de cenizas en las muestras de carbón analizadas es disímil de una a otra, en ese sentido las muestras expuestas al tratamiento con NaOH (T1, T2, T3 y T4) tienen una menor cantidad de cenizas con respecto a las muestras expuestas a ZnCl₂, T5 y T6 tienen un porcentaje de cenizas que llega a 0.25%, las muestras T7 y T8, con un mayor tiempo de exposición tienen un comportamiento particular pues la cantidad de cenizas es mínima, y en el caso T8 llega a ser de cero, cabe aclarar que la muestra de carbón T9 tiene un porcentaje de cenizas del 0.21%, no tiene ningún tipo de activación química.

El contenido de cenizas hace referencia al contenido mineral del carbón activo (E.U. politecnica, s.f), los principales constituyentes de las cenizas son las sales de los metales alcalinos y alcalinotérreos, en su mayoría carbonatos y fosfatos, junto con óxidos de sílice, hierro y aluminio (Rodriguez & Zambrano, 2010).

Martínez (2012) en el desarrollo de su investigación establece que el contenido de cenizas del carbón influye en la porosidad del material precursor, de tal modo que, a mayor contenido de cenizas, menor porcentaje de porosidad, debido a que la porosidad de los carbones se genera con el proceso de carbonización, y en las zonas donde hay cenizas no se desarrolla porosidad.

Lo anterior, se pudo establecer gracias a que en su investigación se utilizó dos tipos de precursores, lignina Kraft (LK) y lignina de sosa (LP), después de la carbonización se obtuvieron los porcentajes de cenizas de 19,6% y 1,3% respectivamente. Para el caso de LK fue necesario realizar unos procedimientos adicionales, como lavados con H_2SO_4 y un precarbonizado para disminuir el contenido de cenizas, pasando a 12% y 6%, considerando este último un valor óptimo (Martinez, 2012).

Finalmente, con el desarrollo de isotermas se pudo establecer que los carbones con 6 % en cenizas, presentaron los valores más altos de área BET (Medición de Porosidad y Área de Superficie) (Martinez, 2012).

6.1.3.2 Densidad aparente. Haciendo una salvedad de las condiciones de análisis es necesario especificar que se realizan conversiones sobre la muestra inicial por cantidad de solución requerida para establecer una muestra de 0.7 ml de carbón, teniendo en cuenta esta claridad se procede a realizar la determinación de la densidad en primera medida se mide en una probeta de 5 ml la muestra de carbón de 0.7ml estableciendo una observación rigurosa

debido a que las cantidades de muestra son mínimas como se indica en la siguiente ilustración:

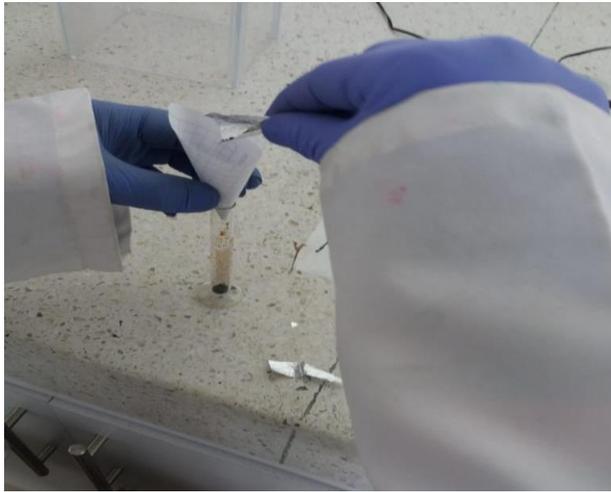


Ilustración 14 Determinación de densidad aparente

Posterior a esta actividad se procede a tomar el peso de la muestra, cabe aclarar que con anterioridad se ha establecido el peso de la probeta sin contenido, finalmente y con los datos obtenidos se procede a desarrollar la formula siguiente:

$$Densidad\ aparente = \frac{Masa\ de\ la\ Muestra}{Volumen\ de\ la\ muestra}$$

Con ello se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 3 Densidad Aparente

	probeta vacía (g)	Probeta + muestra (g)	Volumen (ml)	peso muestra (g)	densidad (g/ml)
T1	10,31	10,47	0,6	0,16	0,267
T2	10,31	10,47	0,6	0,16	0,267
T3	10,31	10,46	0,5	0,15	0,300
T4	10,31	10,45	0,5	0,14	0,280
T5	9,44	9,62	0,6	0,18	0,300
T6	9,44	9,65	0,6	0,21	0,350
T7	9,44	9,64	0,6	0,20	0,333
T8	9,44	9,70	0,7	0,26	0,371
T9	9,44	9,63	0,5	0,19	0,380

De acuerdo a los resultados anteriores es necesario identificar que en general la densidad oscila en los 0.267 g/ml y los 0.380 g/ml destacando que las muestras con menor densidad son las tratadas con NaOH, y la muestra que presenta una mayor densidad es aquella que no tiene tratamiento alguno con una densidad de 0.380g/ml, se considera en la misma medida que los carbonos tratados con una $ZnCl_2$ tienen una densidad superior a los carbonos activados con NaOH, contando con medidas tales como 0.300 g/ml, 0.371 g/ml, y 0.380 g/ml.

Burgos & Jaramillo (2015) refiere que la densidad aparente de un material está relacionada con el volumen y el peso en seco (g/ml), incluyendo huecos y poros que este tenga, por ello se deduce que entre más poros presente el carbón activado, menos peso y por tanto menor densidad, favoreciendo de este modo el proceso de adsorción.

6.1.3.3 Desempeño de adsorción a partir de la técnica de soluciones coloreadas propuesta por Muñoz, Noh y Sandoval. En este caso fue necesario emplear el índice de azul de metileno a partir del cual se evidencia la cantidad de colorante, como un indicador, que se dirime cuando este tiene contacto con el carbón, esto con la intención de especificar

un contraste entre la adsorción que tiene el carbón activado con respecto al azul de metileno, y por tanto con el cromo⁺⁶ de las aguas residuales.

Preparación de la Curva de calibración. Con la ayuda de un espectrofotómetro UV – Vis marca Hitachi se preparó una curva de calibración para el azul de metileno, teniendo en cuenta las consideraciones de Muñoz, Alcántara, Noh y Sandoval (2016), se inició con un barrido para establecer la mejor longitud de onda, marcando un su pico más alto a 663 nm, para realizar las diferentes lecturas en las concentraciones preparadas. De lo anterior se obtuvo los resultados contemplados en la tabla 4 e ilustración 15:

Tabla 4 Absorbancia del carbono en el azul de metileno

Concentración del azul de metileno (ppm)	Absorbancia (nm)
0	0,000
0,15	0,242
0,2	0,324
0,25	0,376
0,3	0,480
0,35	0,547
0,4	0,610

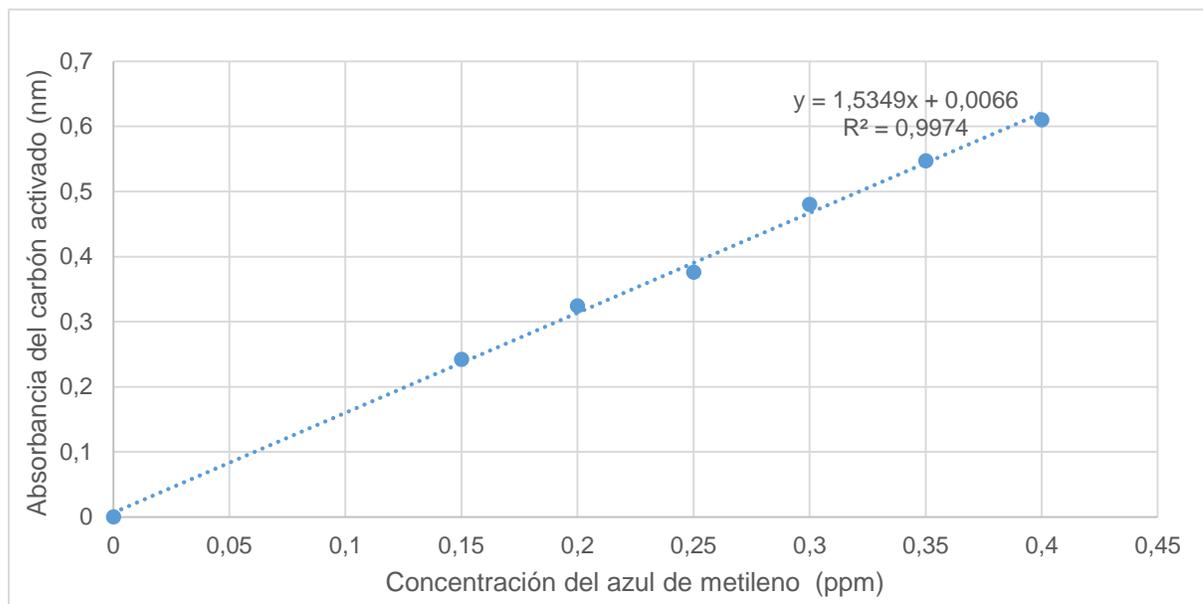


Ilustración 15 Curva de calibración

Después de realizar la curva de calibración con azul de metileno, se obtiene la ecuación $y = 1,5349x + 0,0066$ por regresión lineal con un coeficiente de determinación (R^2) de 0.9974, valor que da certeza a que se tiene una recta directamente proporcional y que permite la cuantificación del azul de metileno en una muestra, observando que, a mayor absorbancia, mayor concentración de azul de metileno.

A continuación, se preparó una solución madre de azul de metileno a una concentración de 50 ppm, se adiciono sobre 9 frascos de vidrios previamente rotulados, una alícuota de la solución y el carbón activado T1 al T9 en cada frasco como se muestra a continuación:

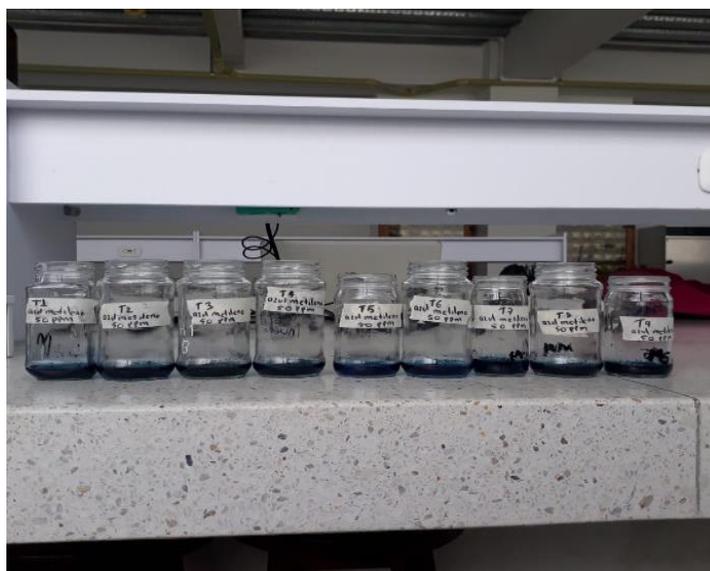


Ilustración 16 Muestras de azul de metileno con carbón

Como parte del procedimiento se forran los frascos de vidrio con papel aluminio, para evitar interferencias de la luz solar, los nueve frascos se colocaron en un agitador Stuart durante 24 horas a 156 rpm como se muestra en la ilustración 17.



Ilustración 17 Muestras en agitación

Una vez pasadas 24 horas se inicia el proceso de filtración con papel filtro cuantitativo a cada una de las muestras como se identifica en las siguientes ilustraciones

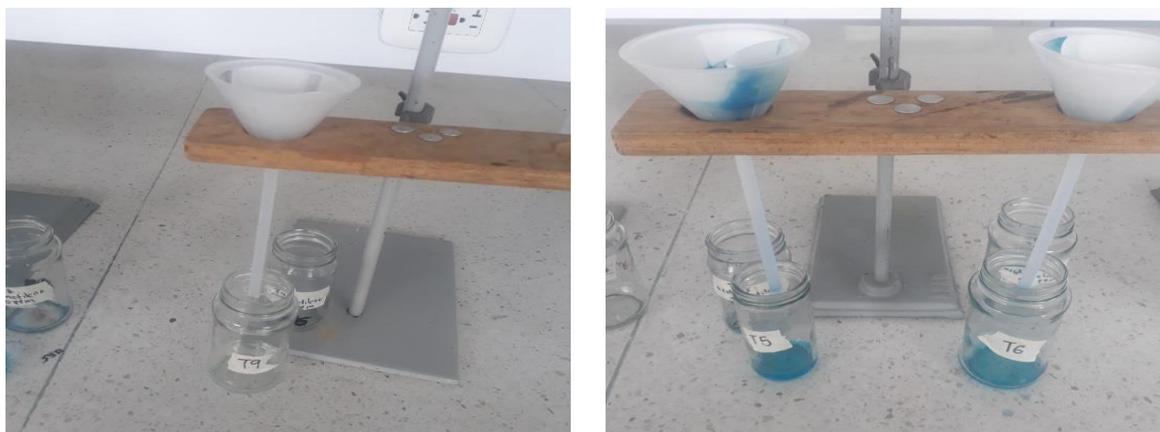


Ilustración 18 Proceso de filtrado de muestras

Una vez realizado este proceso se emplea nuevamente el espectrofotómetro marca Hitachi para determinar la cantidad de azul de metileno absorbido por el carbón en cada una de las muestras (T1 a T9), se obtienen los resultados contemplados en la tabla continua:

Tabla 5 remoción de azul de metileno

Muestra	Absorbancia	Factor de dilución	Ppm Concentración inicial de azul de metileno	ppm adsorbidos de azul de metileno
T1	0,00677569	-	50	49,9932
T2	0,0080787	-	50	49,9919
T3	0,01719982	-	50	49,9828
T4	0,01263926	-	50	49,9874
T5	0,60290573	4	50	49,3971
T6	0,87653919	4	50	49,1235
T7	0,78532803	4	50	49,2147
T8	0,96514431	4	50	49,0349
T9	0,0080787	-	50	49,9919

Dados los datos anteriores es necesario denotar el porcentaje de remoción final que tiene el carbono activado en el azul de metileno, los cuales se muestran en la tabla 6:

Tabla 6 Porcentaje de remoción del carbón en el azul de metileno

Muestra	% de remoción
T1	99,9864486
T2	99,9838426
T3	99,9656004
T4	99,9747215
T5	98,7941885
T6	98,2469216
T7	98,4293439
T8	98,0697114
T9	99,9838426

Después de analizar la tabla anterior es necesario reconocer que las muestras T1, T2, T3, T4, carbonos que han sido activados con NaOH tienen una capacidad de remoción establecida en porcentajes superior, en el mismo sentido la muestra T9 tiene estas mismas condiciones, se aclara que esta muestra no fue sometida a ningún proceso de activación.

Se entiende basándose en Prías y Otros (2011) que la capacidad de adsorción del carbón activado en base a la papa, se debe a que este tiene un grado alto de porosidad y una amplia superficie interna, cabe reconocer que el hecho de que se presente este tipo de características hace que el carbono se convierta en uno de los removedores de particular grandes por excelencia, a partir de las pruebas realizadas para la presentación de la investigación actual es necesario afirmar que como tal el carbón que demostró una mayor capacidad de adsorción analizado a partir del azul de metileno fue el que no tenía ningún tipo de tratamiento con un 99%, seguido por el carbón que sufrió tratamiento con NaOH fue también del 99%.

Contrastando los resultados obtenidos anteriormente con los de Castellar, Angulo, Zambrano, & Charris (2013) en su estudio “Equilibrio de adsorción del colorante azul de

metileno sobre carbón activado” donde se evalúa la adsorción del azul de metileno en solución sobre carbón activado granular y tomando en cuenta variables como la concentración de azul de metileno ($300-1100\text{mg dm}^{-3}$) y el pH de la solución (4 - 8), en dicha investigación se logró comprobar porcentajes de remoción comprendidos desde 99,9% a 80,2%, porcentajes que disminuyen al aumenta la concentración de azul de metileno, del mismo modo resaltan que el aumento de pH determina una buena adsorción del azul de metileno. Hay que tener en cuenta que durante el ensayo anterior se manejó la misma concentración (50 ppm) lo que podría relacionarse con la mínima diferencia que se logró en cuanto a los porcentajes de remoción que alcanzo cada tratamiento.

El índice de azul de metileno es un ensayo de decoloración que indica la capacidad de un sólido poroso de adsorber una molécula (Giraldo, Garcia, & Moreno, 2006), con esto se consiguió tener una buena expectativa sobre la capacidad de adsorción de los carbones que se obtuvieron para la presente investigación, considerando que el carbón activado es eficiente en la adsorción del azul de metileno, con cualquiera de los tratamientos.

6.2 OBJETIVO 2. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS PRESENTES EN UNA MUESTRA DE AGUA RESIDUAL TOMADA DEL RIO PASTO, ENFATIZANDO LA CONCENTRACIÓN DE CROMO

Continuando con el diseño experimental, el día 28 de agosto del año 2018, fue recolectada de manera simple la muestra de agua residual del rio Pasto en dos recipientes teniendo en cuenta la guía de toma y preservación de muestras del IDEAM: (Instituto de Hidrología, meteorología y estudios Ambientales, IDEAM, s.f) uno de vidrio color ámbar de capacidad de un litro el cual fue refrigerado y transportado directamente al Laboratorio especializado en Química de la Universidad de Nariño y entregado para la realización de análisis de metales pesados por espectrofotometría.

Los resultados entregados por el Laboratorio especializado en Química de la Universidad de Nariño sobre las muestras fue el siguiente (ver anexo A):

Tabla 7. Análisis inicial. Determinación de metales pesados en la muestra de agua residual.

Metales encontrados	Técnica.	Concentración (mg/L)
Manganeso	Espectrofoto. A.A	0,248
Plomo	Espectrofoto. A.A	<0,001
Cromo	Espectrofoto. A.A	<0,078
Cromo hexavalente	Espectrofoto. A.A	0,070
Hierro	Colorimétrica	4,380
Cobre	Espectrofoto. A.A	<0,077
Cadmio	Espectrofoto. A.A	<0,001

El segundo recipiente plástico con capacidad de 2,5 litro, el cual fue estabilizado a un pH de 2,5 usando HCl 0,1 N este fue refrigerado para posteriormente aplicar los tratamientos e identificar la adsorción de cromo⁺⁶.

La muestra de agua recolectada presentaba un color amarillento y mucha turbiedad como se puede observar a continuación:



Ilustración 19 Muestra de agua residual.

6.3 OBJETIVO 3 EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE REMOCIÓN DEL CARBÓN ACTIVADO OBTENIDO, SOBRE CROMO⁺⁶ PRESENTES EN LA MUESTRA DE AGUA RESIDUAL.

Teniendo las muestras de agua residual se procedió a realizar el análisis de la capacidad de remoción con los tratamientos que fueron preparados anteriormente, en ese sentido a cada una de las muestras de agua residual (100 ml) se le aplican 0.1 gramos de carbón activado como se evidencia en la siguiente ilustración, cabe acotar que para ello se realiza un comparativo en donde se incluye un análisis inicial de la cantidad de Cromo que se presenta en el anexo A y después de la aplicación de los tratamientos también se aplica el mismo análisis por espectrofotometría de A.A:

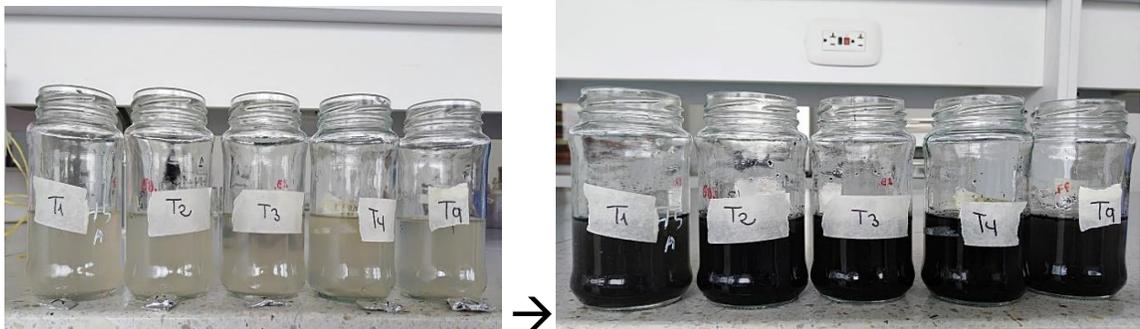


Ilustración 20 Agua residual y adición de carbono activado

Una vez agregado el carbono activado estos agitaron con la ayuda de un agitador orbital Stuart por un tiempo de 30 minutos a 180 rpm como lo indica la ilustración 20 y luego se dejaron en reposo por un tiempo de 7 horas.



Ilustración 21 Agitación de las muestras.

Transcurrido este tiempo las muestras fueron filtradas a gravedad y embazadas en recipientes de vidrio como se indica a continuación en la ilustración 22 y 23:



Ilustración 22 Filtración por gravedad



Ilustración 23 Filtración por recipientes

Las muestras obtenidas de este proceso fueron refrigeradas para ser transportadas y entregadas al Laboratorio especializado en Química de la Universidad de Nariño para análisis de cromo hexavalente por el método de espectrofotometría A.A para posteriormente determinar con base en estos datos el porcentaje de remoción de cromo⁺⁶.

Tabla 8 Remoción de cromo⁺⁶ con los tratamientos aplicados a la muestra de agua residual.

Valor de referencia: 0,07 mg/L					
Tratamiento	Concentración final de Cromo VI (mg/L)		Promedio (mg/L)	Cromo adsorbido (mg/L)	Porcentaje de remoción de cromo VI
	Replica				
	A	B			
T1	0,033	0,034	0,033	0,037	52,85 %
T2	0,044	0,040	0,042	0,028	40,00 %
T3	0,039	0,042	0,040	0,030	42,85 %
T4	0,000	0,010	0,005	0,065	92,85 %
T5	0,052	0,043	0,047	0,023	32,85 %
T6	0,039	0,050	0,044	0,026	37,14%
T7	0,046	0,050	0,048	0,022	31,42 %
T8	0,046	0,045	0,045	0,025	35,71 %
T9	0,052	0,048	0,050	0,020	28,57 %

De acuerdo con los datos obtenidos en la tabla anterior se puede observar que el agente activante que logro mejores porcentajes de remoción de cromo⁺⁶ fueron los tratamientos con NaOH (T1, T2, T3 Y T4), en comparación a los tratamientos con ZnCl₂ (T5, T6, T7 Y T8) y el carbón sin tratamiento químico (T9) el cual alcanzo la menor remoción de cromo⁺⁶ con un 28.57%. Es de resaltar que T4 fue el tratamiento que logro el más alto porcentaje de remoción 92,85%, este se activó a una temperatura de 50°C en un tiempo de contacto de 60 minutos, Grisales & Rojas, (2016) avala la eficiencia del NaOH como agente activante, ya que en su investigación logró la adsorción de 77,9% del colorante marino Bh (Colorante directo para fibras de algodón) en aguas residuales industriales empleando carbón activado con NaOH al 20% proveniente de la cascara de café.

Teniendo en cuenta las investigaciones realizadas por Kartohardjono, Ali, Utami, & Manik, (2009) en su artículo titulado *Biosorption of Cr(VI) by Psidium guajava*, concluyen que la capacidad de adsorción de los adsorbentes, es decir de los carbones activados, disminuye a medida que aumenta temperatura de activación de los mismos, respaldan los resultados que se obtuvieron en la tabla anterior.

Por otra parte, Espinosa & Mera (2015) y Mohammed & Mohammad (2017) concuerdan en que la remoción de cromo⁺⁶ aumenta con una mayor cantidad de adsorbente empleado, atribuyendo este comportamiento a un mayor número de sitios disponibles de adsorción. Para este caso se podría decir que este fue un factor que pudo interferir en los resultados obtenidos, dado la poca cantidad de carbón activado que se obtuvo, se empleó apenas 0,1 g por cada 100 ml de agua residual, según los autores mencionados anteriormente lo más factible era emplear entre 2 y 3 gramos por cada 100 ml de solución.

Mutongo, Kuipa, & Kuipa (2014) afirma que la eliminación de cromo⁺⁶ de una solución aumenta de manera constante con el aumento de dosis adsorbente y tiempo de contacto, lo que coincide con las condiciones de tiempo de contacto (60 minutos) para T4 quien fue el tratamiento que logro mejor remoción de cromo⁺⁶ (92,85%) a una temperatura de 50°C.

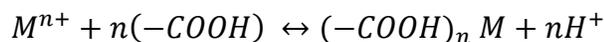
Cabe reconocer que como tal la utilización NaOH en esta investigación se especifica como un compuesto adecuado para la activación de carbón y remoción de Cromo⁺⁶ es necesario inferir que este puede ser ocupado consecuentemente en procesos a gran escala, adicionalmente este proceso resulta viable precisamente porque el precio de este compuesto es realmente bajo.

Finalmente, se puede decir que las diferencias de los porcentajes de remoción de cromo⁺⁶ entre los agentes activantes, se deben a la naturaleza de los compuestos, el NaOH al ser un hidróxido y el ZnCl₂ una sal que se comporta como un ácido de Lewis, reaccionan de manera diferente al momento de la activación.

Para el caso del hidróxido, Marsh, Yan, O'Grady, & Wennerberg (1984) establece que la activación se produce mediante reacciones redox, donde el carbón se oxida a CO ó CO₂, generándose la porosidad del material; Del mismo modo, Lillo, Juan, Cazorla, & Linares (2004) afirma que durante la activación generan agentes gasificantes como H₂O_{vapor} ó CO₂ que reaccionan con la matriz del carbón, generando microporosidad en el carbón activado.

Por otra parte, el ZnCl₂ durante el proceso de activación, actúa como un catalizador, generando el desprendimiento de H₂, que junto con la temperatura de activación desarrollan una estructura porosa (Martinez, 2012).

Anteriormente se observó en la *Ilustración 7 Principales grupos superficiales que se pueden encontrar en un carbón Activado*, presentada en el marco teórico, la presencia de grupos que contienen oxígeno (carboxilo, carbonilo, lactona, hidroxilo, etc.) dan propiedades ácidas que permiten la adsorción de cationes (Vitela, 2011). Estos grupos funcionales específicos son esenciales en la adsorción de metales pesados debido a su cualidad quelante formando complejos como se indica en la siguiente reacción, donde se produce debido al mecanismo de intercambio catiónico, donde el ion de hidrógeno previamente como un grupo carboxílico, intercambia su sitio con el catión del metal. (Castellar & García, 2011):



6.4 OBJETIVO 4. COMPARAR LA EFECTIVIDAD DE LOS CARBONES ACTIVADOS CON NaOH (40%) Y ZnCl₂ (3M), EN LA REMOCIÓN DE CROMO⁺⁶ DE LA MUESTRA DE AGUA RESIDUAL TENIENDO EN CUENTA LAS VARIABLES TIEMPO DE CONTACTO Y TEMPERATURA DE ACTIVACIÓN.

Se puede definir en la tabla siguiente (véase Tabla 9) se presenta el comparativo a partir del cual se define la capacidad de adsorción que tienen los carbones, cabe acotar que para este proceso fue fundamental el uso del proceso de remoción y la entrega de los resultados de los Laboratorio especializados en Química de la Universidad de Nariño.

Tabla 9 Análisis comparativo capacidad de remoción del Carbón activado

		Temperatura					
		50°C			100°C		
			Tiempo (minutos)	% Remoción		Tiempo (minutos)	% Remoción
Agente activante	NaOH	T2	30	40,00%	T1	30	52,85%
		T4	60	92,85%	T3	60	42,85%
	ZnCL ₂	T6	30	37,14%	T5	30	32,85 %
		T8	60	35,71%	T7	60	31,42%
Carbón sin tratamiento químico		T9	28,57%				

Considerando los resultados de remoción de cromo⁺⁶ que se encuentran en la tabla anterior es conveniente afirmar que el mayor porcentaje de remoción se encuentra en el carbón activado a partir de NaOH sometida a 60 minutos de contacto y 50°C de temperatura,

reconociendo que remueve el 92.85% de las cantidades de cromo⁺⁶, concluyendo que están correlacionadas en forma positiva el porcentaje de remoción con el tiempo de contacto, mas no con la temperatura de activación.

Por otra parte, es conveniente afirmar que el carbón que se obtiene de la cascara de papa y que no contiene ningún tipo de activación (T9), remueve un porcentaje de cromo⁺⁶ del 28.3%, evidenciando que la activación química incrementa la capacidad de adsorción de la materia prima, tomando que el porcentaje de remoción del carbón sin activar registra el porcentaje más bajo en comparación con los otros tratamientos que sí tuvieron activación química.

6.4.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para realizar la ANOVA multifactorial se tomó como variable dependiente el % de remoción de cromo⁺⁶ y como factores el agente activante, tiempo de contacto y temperatura de activación, de lo anterior se analizó los resultados de los ocho tratamientos, los cuales se evidencian en la tabla 10, con la utilización del software estadístico *StatGraphic*.

Tabla 10 Análisis de Varianza para Remoción - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
<i>A:Activante</i>	1043,79	1	1043,79	2,11	0,3838
<i>B:Tiempo</i>	199,4	1	199,4	0,40	0,6398
<i>C:Temperatura</i>	261,976	1	261,976	0,53	0,5995
INTERACCIONES					
<i>AB</i>	260,604	1	260,604	0,53	0,6003
<i>AC</i>	102,388	1	102,388	0,21	0,7282
<i>BC</i>	494,551	1	494,551	1,00	0,5
RESIDUOS	494,551	1	494,551		
TOTAL (CORREGIDO)	2857,26	7			

La tabla 10 *Análisis de Varianza para Remoción - Suma de Cuadrados Tipo III* nos indica la relación entre los factores que contribuyeron para alcanzar el porcentaje de remoción, cada uno de los factores tiempo, temperatura y activante se analizaron en forma independiente y con sus respectivas interacciones. Con ello se observa que los factores mencionados ni sus

interacciones no presentan una diferencia significativa entre ellos sobre el porcentaje de remoción, puesto que ningún valor-P es menor que 0,05, con un 95,0% de nivel de confianza.

Cabe resaltar que según lo indica Tabla 8 *Remoción de cromo⁺⁶ con los tratamientos aplicados a la muestra de agua residual* donde se observa que T4 fue quien logro el mayor porcentaje de remoción con un 92,85% sin embargo se resalta que entre las réplicas de las lecturas después del proceso de adsorción no hay mayor diferencia entre las concentraciones finales de cromo⁺⁶ en concordancia con lo expresado en la ANOVA.

Por otra parte, es importante expresar que, al no existir diferencias significativas entre cada uno de los factores con el porcentaje de remoción, las gráficas de medias son muy similares entre cada grupo como se observa a continuación en la ilustración 23. Es necesario aclarar que para graficas de medias del agente activantes se emplea la numeración 1 y 2 para referirse al NaOH y ZnCl₂ respectivamente.

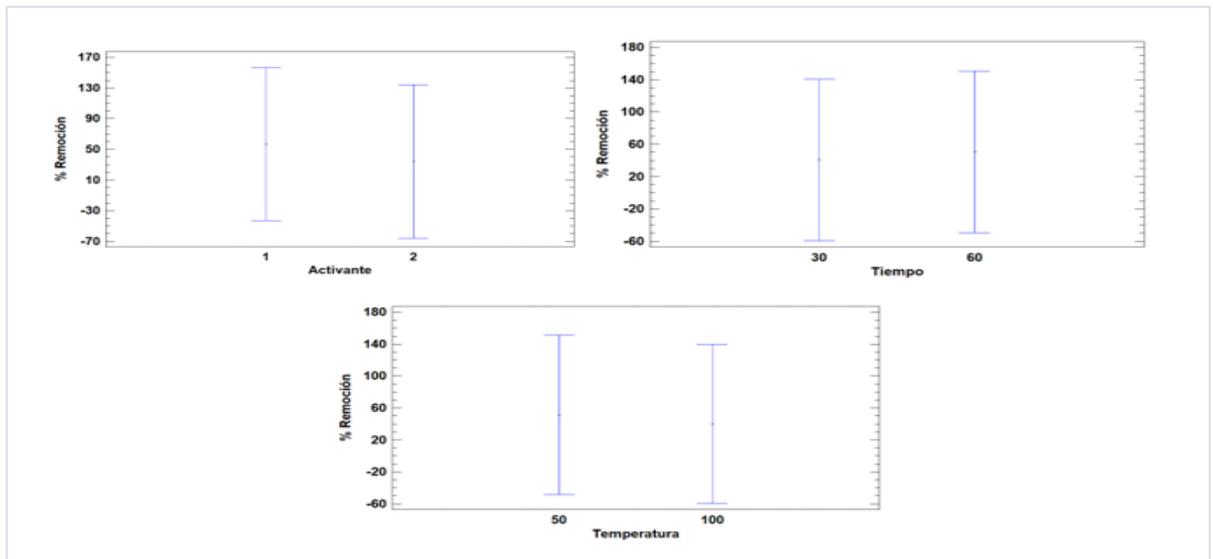


Ilustración 24 Medias y 95,0% de Fisher LSD

Tiempo: Minutos; **Temperatura:** Grados Celsius.

La vista de la anterior ilustración donde se muestra la tendencia central de las medias de los factores: activante (NaOH y ZnCl₂), tiempo (30 y 60 minutos) y temperatura (50°C y 100°C) se puede decir que para el caso del tiempo y la temperatura presentan datos muy similares indicando que estos dos factores no tienen mayor significancia en cuanto al porcentaje de remoción de cromo⁺⁶.

Sin embargo para el caso del agente activante existe una pequeña diferencia en el gráfico obtenido, puesto que el activante 1 correspondiente al NaOH presenta una media mayor con respecto al activante 2 correspondiente al ZnCl₂, esto representa que el agente activante NaOH, si tiene influencia sobre el porcentaje de remoción, esto se comprueba en la Tabla 9 *Análisis comparativo capacidad de remoción del Carbón activado* donde se observa claramente que los porcentajes de remoción de cromo⁺⁶ son más altos en los tratamientos donde se utilizó el agente activante NaOH.

7. CONCLUSIONES

En los análisis del agua residual del río Pasto, es conveniente afirmar que hay gran variedad de contaminantes que afectan la inocuidad del líquido vital, es así que se requiere innovar en las formas por medio de las cuales se promuevan diferentes descontaminantes, también es necesario aclarar que dada la cantidad de desechos orgánicos es importante ocupar estos como una fuente de producción de descontaminantes.

La activación química es un proceso efectivo que mejora la adsorción y por tal la remoción de sustancias en soluciones acuosas, sin embargo, con la caracterización de los carbones activados que se obtuvieron se pudo establecer que existieron factores que pudieron alterar la remoción de cromo⁺⁶, los cuales están relacionadas con el contenido de cenizas y la presencia de otros contaminantes en la muestra de agua residual.

En cuanto a los resultados obtenidos del azul de metileno y las muestras de agua de río Pasto, ambos expuestos a la remoción con carbono activado, se denota que la adsorción es superior con el azul de metileno, mientras que para las aguas residuales esta es un tanto inferior, evidentemente se puede especificar que las condiciones que presentaba el agua colorada con azul de metileno y aquella que corresponde a el agua residual son diferenciadas, debido a que ésta tiene compuestos con un elevado peso molecular y una baja solubilidad que se absorben más fácilmente.

Concretamente desde el análisis comparativo de los tipos de activación de los carbones es necesario establecer que no existe diferencia significativa en las variables tiempo y temperatura, sin embargo, el agente activante demostró ser un factor que si influyente en el porcentaje de remoción, que para el caso el NaOH demostró ser mejor activante.

Dado al rendimiento que tiene la cascara de papa es necesario especificar que se requiere de una gran cantidad de materia prima para tratar mayores volúmenes de agua residual, ante esta situación se hace menester establecer que esta materia prima se encuentra en cualquier

parte y tiene un bajo costo, lo que se identifica como una ventaja para con el tratamiento de aguas residuales.

La cascara de papa es un buen precursor para la elaboración de carbón activado, el cual puede ser utilizados como un mecanismo alternativo a los tratamientos convencionales de descontaminación y eliminación de Cr^{+6} en aguas residuales.

8. RECOMENDACIONES

En principio se recomienda innovar en la construcción de las estrategias para promover la descontaminación del agua, si bien el carbón activado puede considerarse un elemento importante para esta investigación, por consiguiente, busca nuevas formas para descontaminar que además sean relativamente económicas.

La metodología empleada si bien fue adecuada, requiere de ajustes, en ese sentido se recomienda continuar con la experimentación con otros tiempos y temperaturas, cabe acotar que si bien el azul de metileno es un referente adecuado para medir la adsorción este no se comporta de la misma manera que los agentes contaminantes en aguas residuales.

Es conveniente en la misma medida establecer la capacidad de remoción que tiene el carbón a partir de cascara de papa activado con NaOH en metales pesados como Hierro y Manganeseo y la misma materia orgánica que se encuentran en altas concentraciones en el agua residual del Rio Pasto que causan daño a la calidad de las afluentes de la ciudad.

Bajo los resultados obtenidos con la presente investigación y como procedimiento para la depuración de aguas residuales contaminadas con cromo⁺⁶ se recomienda el empleo de carbón activado químicamente con hidróxido de sodio al 40%, con un tiempo de contacto con el agente activante de 60 minutos a una temperatura de 50°C.

Debido al bajo rendimiento del carbón obtenido en la carbonización es necesario disponer de una cantidad considerable de materia prima, y una vez realizado la activación se pueda utilizar durante los procesos de adsorción entre dos y tres gramos de carbón activado por cada 100 ml de solución.

Para evitar interferencias en el proceso de remoción en aguas residuales, es prudente después de establecer las concentraciones iniciales de los contaminantes presentes en la muestra, trabajar con muestras sintéticas para que se pueda garantizar mejores resultados.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Aboua, k., Yaboutet, Y., Yao, K., Goné, D., & Trokourey, A. (2015). Investigation of dye adsorption onto activated carbon from the shells of Macoré fruit. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25791232>
- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (ATSDR). (2000). *Reseña Toxicologica del manganeso*. Atlanta G.A.
- Alcaldia de Pasto. (2013). *Cuaderno diagnostico de gestion integral del riesgo*. Pasto. Obtenido de http://www.pasto.gov.co/index.php/component/phocadownload/category/397-cuadernos-diagnosticos-pot-2015-2027?download=7982:cuaderno_diagnostico_gestion_de_riesgo_v4
- Alvarado, L. (2011). Uso de la cascara de papa como coagulante natural en el tratamiento de aguas potables de la planta "La Diana". *REvista especializada en ingenieria de procesos de alimento y biomateriales*. Obtenido de <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/publicaciones-e-investigacion/article/view/1115>
- Arango, M., & Alzate, A. (2004). Proyecto gestión ambiental en la industria de curtiembre en Colombia. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd30/sirac-cuero.pdf>
- Arapoglou, D., Varzakas, T., Vlyssides, A., & Israilides, C. (2010). Ethanol production from potato peel waste. *waste Management*, 30, 1898 - 1902. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20471817>
- Bastidas, J. (2016). producción de carbón activado físicamente a escala de laboratorio a partir de casca de palma africana y su aplicación en la adsorción de azul de metileno. *Universidad del Valle*.
- Bastidas, M., Buelvas, L., Marquez, M., & Rodriguez, K. (2010). Producción de Carbón Activado a partir de Precursores Carbonosos del Departamento del Cesar, Colombia. *Información Tecnológica*, 21(3), 87-96. Obtenido de <http://www.scielo.cl/pdf/infotec/v21n3/art10.pdf>

- Borba, N. (2008). La papa un alimento basico. Obtenido de <http://www.rapaluruaguay.org/transgenicos/Papa/Papa.pdf>
- Burgos, G., & Jaramillo, J. (2015). Aprovechamiento de los residuos de cacao y coco para la obtencion de carbon activado, en el cantón Milagro, provincia del Guayas. *Universidad de Guayaquil*. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8941/1/BCIEQ-T-0114%20Burgos%20Campuzano%20Gabriela%20Elizabeth%3B%20%20Jaramillo%20Quiroz%20Jomayra%20Lorena.pdf>
- Cardenas, G. L., Lopez, M. L., & Maffla, F. R. (2009). La planificación del río pasto a partir de una modelacion hidrodinamica. *Revista Unimar*. Obtenido de <http://www.umariana.edu.co/ojs-editorial/index.php/unimar/article/view/152/131>
- Carl Roth. (2015). *Ficha de datos de seguridad - Cloruro de Zinc*. Alemania. Obtenido de https://www.carlroth.com/downloads/sdb/es/3/SDB_3533_ES_ES.pdf
- Carl Roth. (2015). *Ficha de datos de seguridad - Hidroxido de sodio*. Alemania. Obtenido de https://www.carlroth.com/downloads/sdb/es/6/SDB_6771_ES_ES.pdf
- Carriazo, J., Saavedra, M., & Molina, M. (2010). Propiedades adsortivas de un carbón activado. *Educacion quimica*, 21(3), 224-229. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/eq/v21n3/v21n3a7.pdf>
- Carrillo, C., Albarracin, J., & Pereira, X. (2013). Producción de carbón activado y sílice a partir de cascarilla de arroz. *Scientia Et Technica*, 18(2). Obtenido de <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/7855/5453>
- Carvalho, T., Palma, D., Ferreira, R., & Franci, M. (2012). Optimization of solid state fermentation of potato peel for the production of cellulolytic enzymes. *food chemistry*, 133, 1299-1304.
- Castellar, G., Angulo, E., Zambrano, A., & Charris, D. (2013). Equilibrio de adsorción del colorante azul de metileno sobre carbon activado. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262013000100030

- Castro, L., Flores, N., & Martinez, A. (2009). Elaboracion de carbon activado a partir de cascara de naranja. *XVII concurso universitario feria de las ciencias*. Obtenido de <http://www.feriadelasciencias.unam.mx/anteriores/feria17/104.pdf>
- Caviedes, D., Muñoz, R., Perdomo, A., Rodriguez, D., & Sandoval, D. (2015). Tratamientos para la remocion de metales pesados comunmente presentes en agua residuales industriales. una revision. *Revista Ingeniería y Región*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5432290.pdf>
- Corponariño. (2011). plan de ordenamiento del cauce principal del rio Pasto. 181. Obtenido de <http://corponarino.gov.co/expedientes/descontaminacion/porhriopasto.pdf>
- Delgadillo, G. (2015). Caracterización de la pepa de níspero de palo (*Mespilus Communi*) y posibilidades de uso como biosorbente de contaminates de agua. Obtenido de <http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/1101/012.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Delgadillo, G., & Sun kou, M. (2009). Adsorción de fenolcon carbonos activados preparados apartir de pepas de níspero de palo por activación química. *Revista de la sociedad quimica del Perú, Vol 75(1), 64-75*. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2009000100009
- Demirbas, A. (2009). Agricultural based activated carbons for the Removal of Dyes from Aqueous solutions: a rewiw . *journal of Hazardous materials* , 1-9.
- E.U. politecnica. (s.f). *Manual del carbon activado*. Máster en ingeniería del agua. Obtenido de <http://www.elaguapotable.com/Manual%20del%20carb%C3%B3n%20activo.pdf>
- El pais. (2015). Cada año se vierten 205 toneladas de mercurio en ríos de Colombia: Ideam. Obtenido de <http://www.elpais.com.co/colombia/cada-ano-se-vierten-205-toneladas-de-mercurio-en-rios-de-ideam.html>
- Elangovan, R., & Ligy Philip, L. &. (2008). Biosorption of Chromium Species by Aquatic Weeds: Kinetics and Mechanism Studies. 100-112. Obtenido de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389407009284?via%3Dihub>

- Espectrometria.com. (2017). Espectrometría ultravioleta-visible. Obtenido de https://www.espectrometria.com/espectrometra_ultravioleta-visible
- Espinosa, G., & Mera, G. (2015). Alternativas ambientales para la remoción de cromo hexavalente en residuos líquidos de los laboratorios especializados de la Universidad de Nariño. *Universidad de Manizales*. Obtenido de http://ridum.umanizales.edu.co:8080/jspui/bitstream/6789/2250/1/Espinosa_Gloria_Mera_Genny_tesisdefinitiva.pdf
- Estadística Descriptiva. (s.f). medidas de dispersion . *Universidad interamericana para el desarrollo* . Obtenido de https://moodle2.unid.edu.mx/dts_cursos_mdj/ejec/AE/ED/S11/ED11_Visual.pdf
- FAO. (2008). Obtenido de Año internacional de la papa: <http://www.fao.org/potato-2008/es/lapapa/index.html>
- Gaitan, M. (2002). Determinacion de metales pesados totales con digestion acida y solubles lectura directa por espectrofotometria de absorcion atomica. *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Metales+en+agua+por+Absorci%C3%B3n+At%C3%B3mica..pdf/e233a63d-378c-4f83-9311-d9375043cf2a>
- Garcia, A. (2001). Influencia del tamaño de partícula de carbon mineral activado sobre la adsorción de fenol y clorofenol. *Instituto tecnologico de Toluca*. Obtenido de <https://www.osti.gov/etdeweb/servlets/purl/20284602>
- Giraldo, L., Garcia, V., & Moreno, J. (2006). Caracterización superficial en fase gas y líquida de carbones activados. *Universidad de los Andes*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n27/n27a2.pdf>
- Golda, T. (2013). Cuantificación del contenido de proteína celular (scp) en la biomasa de la levadura *saccharomyces cerevisiae* producida a partir de residuos de cáscaras de naranja (*citrus sinensis* l var valencia) y papa (*solanum tuberosum*) variedad diacol capiro. *Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD*. Obtenido de http://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/1070/2/TorresVargasGoldaMeyer_2013.pdf

- Gomez, N. (2012). Recubrimientos mesoporosos y mesoestructurados de TiO₂-anatasa por el método sol-gel para aplicaciones en sistemas fotocatalíticos. *Universidad Autónoma de Madrid. Facultad de Ciencias; Universidad Autónoma de Madrid. Departamento de Química Inorgánica*. Obtenido de <https://repositorio.uam.es/handle/10486/11204>
- Grisales, A., & Rojas, W. (2016). Obtencion de carbon activado a partir de activación química de pulpa de café y su aplicación en la remoción de colorantes en aguas residuales industriales. . *Universidad tecnologica de Pereira*. Obtenido de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/6965/628162G869.pdf?sequence=1>
- Guerrero, D., Pinta, J., Fernandez, P., Ibargiñen, E., Hidalgo, S., & Burbano, E. (2017). Eficiencia en la reducción de Cromo por una bacteria silvestre en un tratamiento. *Universidad y salud*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/reus/v19n1/0124-7107-reus-19-01-00102.pdf>
- Gutierrez, H., & De la Vara, R. (2008). *analisis y diseño de experimentos*. Mexico: segunda edicion. Obtenido de <http://biblioteca.soymercadologo.com/wp-content/uploads/2016/05/An%C3%A1lisis-y-Dise%C3%B1o-de-Experimentos-2ed-Guti%C3%A9rrez-Pulido.pdf>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2007). *Toma de muestras de aguas residuales*. Bogotá. Obtenido de http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38158/Toma_Muestras_AguasResiduales.pdf/f5baddf0-7d86-4598-bebd-0e123479d428
- Instituto de Hidrología, meteorología y estudios Ambientales, IDEAM. (s.f). *Toma y preservación de muestras*. Obtenido de <http://files.control-ambiental5.webnode.com.co/200000131-456e54665e/TOMA%20Y%20PRESERVACI%C3%93N%20DE%20MUESTRAS.pdf>

- Kartohardjono, S., Ali, M., Utami, C., & Manik, G. (2009). Biosorption of Cr(VI) by *Psidium guajava*. *Global Journal of Environmental Research*. Obtenido de [http://idosi.org/gjer/gjer3\(3\)09/3.pdf](http://idosi.org/gjer/gjer3(3)09/3.pdf)
- Lasso, M. C., Arbeláez, A. F., Rojano, B. A., & Ñuztez-Lopez, C. E. (Junio de 2018). Composición Fisicoquímica y Propiedades Antioxidantes de Genotipos Nativos de Papa Criolla (*Solanum tuberosum* Grupo Phureja).
- Lillo, M., Juan, J., Cazorla, D., & Linares, A. (2004). About reactions occurring during chemical activation with hydroxides. *Carbón*, 44. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0008622304000466>
- Lopez, A., Suarez, O., Hoyos, M., & Montes, C. (2012). Perfil nacional de sustancias químicas en Colombia. *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Obtenido de http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/sustancias_químicas_y_residuos_peligrosos/Perfil_Nacional_de_Sustancias_Químicas_en_Colombia_2012.pdf
- Luna, D., Gonzales, A., Gordon, M., & Martin, N. (2007). Obtencion de carbon activado a partir de la cascara de coco. Obtenido de http://www.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n64ne/carbon_v2.pdf
- Marsh, H., Yan, D., O'Grady, T., & Wennerberg, A. (1984). Formation of active carbons from cokes using potassium hydroxide. *Carbón*, 22. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0008622384900964>
- Martinez, M. C. (2012). Preparacion y caracterizacion de carbon activo a partir de lignina para su aplicacion en procesos de descontaminacion de aguas. *Universidad Autonoma de Madrid*. Obtenido de https://repositorio.uam.es/xmlui/bitstream/handle/10486/12833/61732_fierro_martinez_cristina.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Medina, P., & Lopez, A. (2011). análisis crítico del diseño factorial 2k sobre casos aplicados. *Scientia et Technica*, 1(47). Obtenido de <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/523/245>

- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). Resolución 631: parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y sistemas de alcantarillado público. Obtenido de https://docs.supersalud.gov.co/PortalWeb/Juridica/OtraNormativa/R_MADS_0631_2015.pdf
- Mohammed, N., & Mohammad, H. (2017). Adsorption of Cr(VI) ion from aqueous solutions by solid waste of potato peels. *Dept. of Chemistry, Faculty of Science, University of Zakho*. Obtenido de <http://sjuo.z.uoz.edu.krd/index.php/sci/article/view/392>
- Muñoz, A., Alcántara, D., Noh, F., & Sandoval, I. (s.f). Determinación del valor de sorción de azul de metileno para fillers mediante espectrofotometría visible. Obtenido de http://www.amaac.org.mx/archivos/eventos/8cma_2013/agregados01.pdf
- Muñoz, M. J. (2016). La contaminación del agua con cromo. Obtenido de <https://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2015/12/09/132418>
- Mutongo, F., Kuipa, O., & Kuipa, P. (2014). Removal of Cr(VI) from Aqueous Solutions Using Powder of Potato Peelings as a Low Cost Sorbent. *Biblioteca nacional de medicina de los Estados Unidos*. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4100450/>
- Narvaez, J. (2016). Estudo do uso do carvão funcionalizado, obtido do bagaço de cana, na retenção de alumínio livre: Uma contribuição no que se refere a sua aplicabilidade no condicionamento de solos. Obtenido de http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/tesesabertas/1422048_2016_completo.pdf
- Navarro, D., Cruz, G., Rimaycuna, J., Solis, J., Keiski, R., & Gomez, M. (2016). Adsorción de azul de metileno en medio acuoso empleando carbones activados y carbones activados modificados con nanopartículas de ZnO. *Revista de la sociedad química del Perú*, 82(1), 61-71. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/3719/371946049007.pdf>
- Oficina de Evaluación de Peligros de Salud Ambientales. (9 de Noviembre de 2016). Efectos del Cromo Hexavalente Sobre la Salud. California. Obtenido de <https://oehha.ca.gov/media/downloads/faqs/sphexchromiumairfact111616.pdf>

- Ospina, R. P. (s.f.). Alternativa de aprovechamiento eficiente de residuos biodegradables: el caso del almidón residual derivado de la industrialización de la papa. Bogota. Recuperado el 2018, de <http://www.scielo.org.co/pdf/ean/n72/n72a12.pdf>
- Otero, M., Zabkova, M., & Rodríguez, A. (2005). Adsorptive Purification of Phenol. *Chem. Eng. Journal*, vol. 110, 101-110. Obtenido de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1385894705001543>
- Peña, K., Giraldo, L., & Moreno, J. (2012). Preparacion de carbon activado a partir de cascara de naranja por activacion quimica. Caracterizacion fisica y quimica. *Revista Colombiana de Quimica*, vol 41. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/3090/309028756010.pdf>
- Porras, A., & Lopéz, A. (2009). Importancia de los grupos fenólicos en los alimentos. *Temas selectos de ingenieri de alimentos*. Obtenido de [https://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No3-Vol-1/TSIA-3\(1\)-Porras-Loaiza-et-al-2009.pdf](https://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No3-Vol-1/TSIA-3(1)-Porras-Loaiza-et-al-2009.pdf)
- Prías, J., Rojas, C., Echeverry, N., Fonthal, G., & Ariza, H. (2011). Identificación de las variables óptimas para la obtención de carbón activado a partir del precursor Guadua angustifolia Kunth. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 35(135). Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-39082011000200004
- Purkaita, M., Maiti, A., & DasGupta, S. (2007). Removal of Congo Red using Activated Carbon and its Regeneration . *J. Hazard. Mater* , 287-295.
- Ramirez, A., Giraldo, S., Flores, E., & Acelas, N. (2016). Preparacion de carbon activado a partir residuos de palma de aceite y su aplicacion para la remocion de colorantes. *Revista Colombiana de Quimica*, vol 46, 33-41. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rcq/v46n1/0120-2804-rcq-46-01-00033.pdf>
- Rodriguez, N., & Zambrano, D. (2010). Los subproductos del café : Fuente de energía renovable. *Centro nacional de investigacion del cafe*. Obtenido de

https://www.cenicafe.org/es/index.php/nuestras_publicaciones/avances_tecnicos/avance_tecnico_0393

- Rojas, J., Gutiérrez, E., & Colina, G. (2016). Obtención y caracterización de carbón activado obtenido de lodos de plantas de tratamiento de agua residual de una industria avícola. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 17(4), 453-462. Obtenido de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1405774316300312>
- Romero, N. (2012). La revolucion en la toma de decisiones estadísticas: el valor P. *TELOS. Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/993/99324907004.pdf>
- Roostaei, N., & Tezel, H. (2004). Removal of phenol from Aqueous Solutions by Adsorption. *J. Environm. Manag*, Vol 70, 157-165. Obtenido de https://ac.els-cdn.com/S0301479703002032/1-s2.0-S0301479703002032-main.pdf?_tid=3885658c-bb29-11e7-8091-00000aab0f02&acdnat=1509117317_659bd9efa9d7804760562ce70769f0d1
- Sánchez, V., Villalobos, V., Arguedas, E., & Monge, a. (2016). estudio de las propiedades antioxidantes del ácido cafeico como agente reductor del riesgo de aterosclerosis a partir de la β -oxidación de las ldlc. Obtenido de <https://unibe.ac.cr/revistafarmacia/wp-content/uploads/2018/01/estudio-de-las-propiedades-antioxidantes-del-%c3%81cido-cafeico-como-agente-reductor-del-riesgo-de-aterosclerosis-a-partir-de-la-%c3%9f-oxidaci%c3%93n-de-las-ldlc.pdf>
- Sandoval, G., Quintana, A., Baldessari, A., & Plou, F. (2012). Síntesis enzimática de ésteres de ácido ferúlico. La Plata.
- Técnicas analíticas. (2017). espectrómetro de absorción atómica de llama (FAAS). *Servicios centrales de apoyo a la investigación*. Obtenido de http://www.uma.es/investigadores/servinv/labea/tec_analiticas/tec_analiticas.html
- Tejada, C., Herrera, A., & Núñez, J. (2015). Adsorción competitiva de Ni (II) y Pb (II) sobre materiales residuales lignocelulósicos. *Investigaciones Andinas*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2390/239040814007.pdf>

- Torres, J., & Soria, L. (2015). caracterizacion de un material carbonoso proveniente de cascara de nuez y su aplicacion en la remocion de tartrazina. *Coleccion Reoportes Tecncos de investigacion*, 14. Obtenido de <http://www.uacj.mx/DGDCDC/SP/Documents/RTI/2015/ICB/-Caracterizaci%C3%B3n.pdf>
- Valencia, C. (2013). *El hierro y el magnesio en el agua, metodos de remoción*. Ecuador: Universidad de Cuenca.
- Vazquez, J., Mejia, L., Carrasquilla, F., Lopez, R., & Garcés, B. (2007). obtencion de carbon activado a partir de cascara de coco pretratada con vapor. *Revista investigaciones aplicadas* N°1. Obtenido de <https://revistas.upb.edu.co/index.php/investigacionesaplicadas/article/view/132>
- Velazquez, A., Bolaños, E., & Pliego, Y. (2010). Optimizacion de la produccion de carbon activado a partir de bambú. *Revista Mexicana de ingenieria quimica*, Vol 9(3), 359-366. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/620/62016236010.pdf>
- Villegas, P., Dévora, Y., Bucki, B., & Mollineda, A. (2004). obtención de carbones activados para la protección ambiental a partir de maderas exóticas tropicales. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 8(1). Obtenido de <http://www.cricyt.edu.ar/asades/modulos/averma/trabajos/2004/2004-t001-a010.pdf>
- Vitela, A. (2011). Remoción de arsénico por medio de carbón activado modificado con nano particulas de hidro (oxido) de hierro. Obtenido de <https://ipicyt.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1010/562/3/TMIPICYTV5R42011.pdf>

10. ANEXOS

Anexo 1. Resultados determinación de la concentración de metales pesados presentes en agua residual del Rio Pasto.

	SECCION DE LABORATORIOS INFORME DE RESULTADOS	Código: LBE- Página: 1 Versión: 03 vigente a partir del 2014-05-19			
Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parametros, pH, GRASAS Y ACEITES, SOLIDOS TOTALES, SOLIDOS SUSPENDIDOS, DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO, DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO, según Resolución No 3566 del 11 de diciembre de 2014					
FECHA EMISION RESULTADOS: 2018-09-18		REPORTE No: LAQ-R-212-18			
LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO Y AGUAS					
DATOS USUARIO					
Solicitante: VANESSA RODRIGUEZ		Tipo de Muestra: AGUA RESIDUAL			
Dirección: PASTO		Tipo de Muestras: SIMPLE			
Teléfono: 32843908		Lugar de Toma: PASTO			
cél: 108595385		Responsable de Muestras: EXTERNO: VANESSA RODRIGUEZ			
e-mail: vanap64@yahoo.es		Fecha de Muestras: 2018-09-28			
Solicitud No: LAQ-C-171-18		Fecha Recepción Muestra en Laboratorio: 2018-09-28			
TIPO DE ANALISIS SOLICITADOS: FISICOQUIMICO					
Codigo Muestra LAQ-485-18		Descripción			
ESTACION HIDROLOGICA IDEAM					
PARAMETRO	METODO	TECNICA	UNIDAD DE MEDIDA	FECHA DE ANALISIS	CODIGO MUESTRA
					LAQ-485-18
MANGANESO	ESTANDAR METODO DE CODON No 17-2009-0	ESPECTROFOTO. A.A	mg/l	2018-09-12	0,248
PLOMO	ESTANDAR METODO DE CODON No 17-2009-0	ESPECTROFOTO. A.A	mg/l	2018-09-12	<0,001
CROMO	ESTANDAR METODO DE CODON No 17-2009-0	ESPECTROFOTO. A.A	mg/l	2018-09-12	<0,078
CROMO HEXVALENTE	ESTANDAR METODO DE CODON No 17-2009-0	ESPECTROFOTO. A.A	mg Cr6/l	2018-09-12	0,07
HERRO	METODO DE MANGANO, METODO DE FENOL	COLORIMETRICA	mg Fe/l	2018-09-12	4,38
COBRE	ESTANDAR METODO DE CODON No 17-2009-0	ESPECTROFOTO. A.A	mg Cu/l	2018-09-12	<0,077
CADMIO	ESTANDAR METODO DE CODON No 17-2009-0	ESPECTROFOTO. A.A	mg Cd/l	2018-09-12	<0,001
OBSERVACIONES					
DEVIACIONES / EXCLUSIONES / ACLARACIONES AL INFORME					
FIN INFORME DE RESULTADOS					

LOS RESULTADO SON VALIDOS UNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA

PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL, SIN PREVIA AUTORIZACION DEL LABORATORIO

Elaboró: LSE TH Q. 18-09-28
 Revizó: 20/09/18 28

original firmado
 RUTH JOHANA RODRIGUEZ L.
 Química PQ -2828 OPQ
 Universidad de Nariño

Nuestro Compromiso Universitario es la Excelencia

Calle 1 Universidad, Tumbaco - Teléfono: 3210800 - 3211448. Fax: 322 - 392. Telefax: 3214473 - 3211321-1132

Anexo 2. Resultados remoción de cromo⁺⁶ en la muestra de agua residual del rio Pasto.

		SECCION DE LABORATORIOS INFORME DE RESULTADOS			Código: LBE- Página: 1 Versión: 03 Vigente a partir de: 2014-05-18	
"Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parámetros, pH, GRASAS Y ACEITES, SÓLIDOS TOTALES, SÓLIDOS SUSPENDIDOS, DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO, DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO, según Resolución No 3566 del 11 de diciembre de 2014"						
FECHA EMISIÓN RESULTADOS:		2018-11-26		REPORTE No:		LAQ- R-309A-18
AREA:		LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO Y AGUAS				
DATOS USUARIO			DATOS MUESTRAS			
Solicitante: VANESSA		Dirección: RODRIGUEZ		Tipo de Muestra: AGUA RESIDUAL		
Teléfono: MZ 56 C 1 TAM		3162552603		Tipo de Muestreo: SIMPLE		
Nit: 1088595385		e-mail: Vaner@yahoo.es		Sitio de Toma: PASTO		
Solicitud No: LAQ-C-258-18				Responsable del Muestreo: EXTERNO: JH		
				Fecha de Muestreo: N.A		JENNY PORTILLA
				Fecha Recepción Muestra en Laboratorio:		2018-11-16
TIPO DE ANÁLISIS SOLICITADOS			FISICOQUÍMICO			
Código Muestra LAQ-711-18		Descripción				
		T1 a				
PARAMETRO	METODO	TECNICA	UNIDAD DE MEDIDA	FECHA DE ANÁLISIS	CÓDIGO MUESTRA	
					LAQ-711-18	
CROMO HEXAVALENTE	ESTANDAR METODOS EDICION No 17 3566Q-3	ESPECTROFOTO. A.A	mg Cr+6/L	2018-11-16	0,033	
OBSERVACIONES						
DESVIACIONES / EXCLUSIONES / ACLARACIONES AL INFORME				FIN INFORME DE RESULTADOS		
LOS RESULTADOS SON VALIDOS UNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA						

		SECCION DE LABORATORIOS INFORME DE RESULTADOS		Código: LBE- Página: 1 Versión: 03 Vigente a partir de : 2014-05-18	
"Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parámetros, pH, GRASAS Y ACEITES, SÓLIDOS TOTALES, SÓLIDOS SUSPENDIDOS, DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO, DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO", según Resolución No 3566 del 11 de diciembre de 2014"					
FECHA EMISIÓN RESULTADOS:		2018-11-26		REPORTE No: LAQ- 1-309A-18	
AREA:		LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO Y AGUAS			
DATOS USUARIO			DATOS MUESTRAS		
Solicitante: VANESSA		Tipo de Muestra: AGUA RESIDUAL			
Dirección: RODRIGUEZ		Tipo de Muestra: SIMPLE			
Teléfono: MZ 56 C 1 TAM		Sitio de Toma: PASTO			
NI: 3162552603		Responsable del Muestreo: EXTERNO: JH			
e-mail: Vanerpyahoo.es		Fecha de Muestreo: N. A.		JNNI PORTILLA	
Solicitud No: LAQ-C-258-18		Fecha Recepción Muestra en Laboratorio: 2018-11-16			
TIPO DE ANÁLISIS SOLICITADOS		FISICOQUÍMICO			
Código Muestra LAQ-712-18		Descripción			
		T1 b			
PARAMETRO	METODO	TECNICA	UNIDAD DE MEDIDA	FECHA DE ANÁLISIS	CODIGO MUESTRA
					LAQ-711-18
CROMO HEXAVALENTE	ESTANDAR METODOS EDICION No 17 3566C-2	ESPECTROFOTO. A.A	mg/CHIL	2018-11-16	0,034
OBSERVACIONES					
DESVIACIONES / EXCLUSIONES / ACLARACIONES AL INFORME			FIN INFORME DE RESULTADOS		

LOS RESULTADOS SON VALIDOS UNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA

 Universidad de Nariño	SECCION DE LABORATORIOS INFORME DE RESULTADOS				Código: LBE- Página: 1 Versión: 03 Vigente a partir de: 2014-06-18
	"Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parámetros, pH, GRASAS Y ACEITES, SOLIDOS TOTALES, SOLIDOS SUSPENDIDOS, DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO, DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO, según Resolución No 3566 del 11 de diciembre de 2014"				
FECHA EMISION RESULTADOS:		2018-11-26		REPORTE No:	LAQ-R-309A-18
AREA:					
LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO Y AGUAS					
DATOS USUARIO			DATOS MUESTRAS		
Solicitante: VANESSA Dirección: RODRIGUEZ Teléfono: MZ 56 C 1 TAM Nit: 3162552803 1088595385 e-mail: Vanerpyahos.es Solicitud No: LAQ-C-258-18	Tipo de Muestra:		AGUA RESIDUAL		
		Tipo de Muestreo:	SIMPLE		
		Sitio de Toma:	PASTO		
		Responsable del Muestreo:	EXTERNO: JH		
		Fecha de Muestreo:	N. A. JNNI PORTILLA		
		Fecha Recepción Muestra en Laboratorio:	2018-11-16		
TIPO DE ANALISIS SOLICITADOS		FISICOQUIMICO			
Código Muestra LAQ-713-18		Descripción			
		T2 a			
PARAMETRO	METODO	TECNICA	UNIDAD DE MEDIDA	FECHA DE ANALISIS	CODIGO MUESTRA
					LAQ-711-18
 Cromo Hexavalente	 ESTANDAR METODOS EDICION No 17 3566Q-0	 ESPECTROFOTO. AA	 mg Cr+6/L	 2018-11-16	 0,044
OBSERVACIONES					
DESVIACIONES / EXCLUSIONES / ACLARACIONES AL INFORME			FIN INFORME DE RESULTADOS		

LOS RESULTADOS SON VALIDOS UNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA



SECCION DE LABORATORIOS
INFORME DE RESULTADOS

Código: LBE-
Página: 1
Versión: 03
Vigente a partir de
2014-06-18

"Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parámetros, pH, GRASAS Y ACEITES, SOLIDOS TOTALES, SOLIDOS SUSPENDIDOS, DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO, DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO", según Resolución No 3566 del 11 de diciembre de 2014"



FECHA EMISION RESULTADOS: 2018-11-26 REPORTE No: LAQ-R-309A-18

AREA: LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO Y AGUAS

DATOS USUARIO		DATOS MUESTRAS	
Solicitante: VANESSA	Tipo de Muestra: AGUA RESIDUAL	Tipo de Muestreo: SIMPLE	
Dirección: RODRIGUEZ	Tipo de Muestreo: SIMPLE	Sitio de Toma: PASTO	
Teléfono: MZ 56 C 1 TAM	Tipo de Muestreo: SIMPLE	Responsable del Muestreo: EXTERNO: JH	
Nit: 3162552803	Tipo de Muestreo: SIMPLE	Fecha de Muestreo: N. A	JNNI PORTILLA
Nit: 1088595385	Tipo de Muestreo: SIMPLE	Fecha Recepción Muestra en Laboratorio:	2018-11-16
e-mail: Vanerpyahoo.es			
Solicitud No: LAQ-C-258-18			

TIPO DE ANALIS SOLICITADOS: FISICOQUIMICO

Código Muestra LAQ-714-18	Descripción
	T2 b

PARAMETRO	METODO	TECNICA	UNIDAD DE MEDIDA	FECHA DE ANALISIS	CODIGO MUESTRA
					LAQ-711-18
CROMO HEXAVALENTE	ESTANDAR METODOS EDICION No 17 3566C2-0	ESPECTROFOTO. A.A	mg Cr+6 /L	2018-11-16	0,042

OBSERVACIONES

DESVIACIONES / EXCLUSIONES / ACLARACIONES AL INFORME: FIN INFORME DE RESULTADOS

LOS RESULTADOS SON VALIDOS UNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA

 Universidad de Nariño	SECCION DE LABORATORIOS INFORME DE RESULTADOS	Código: LBE- Página: 1 Versión: 03 Vigente a partir de : 2014-06-18			
"Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parámetros, pH, GRASAS Y ACEITES, SOLIDOS TOTALES, SOLIDOS SUSPENDIDOS, DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO, DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO, según Resolución No 3566 del 11 de diciembre de 2014"		 IDEAM Instituto Colombiano para el Desarrollo y la Acreditación de la Calidad de los Servicios Sociales y de Salud			
FECHA EMISION RESULTADOS:	2018-11-26	REPORTE No: LAQ-3309A-18			
AREA:	LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO Y AGUAS				
DATOS USUARIO		DATOS MUESTRAS			
Solicitante: VANESSA Dirección: RODRIGUEZ Teléfono: MZ 56 C 1 TAM 3162552803 Nit: 1088595385 e-mail: Vanerpyahoo.es Solicitud No: LAQ-C-258-18	Tipo de Muestra: AGUA RESIDUAL Tipo de Muestreo: SIMPLE Sitio de Toma: PASTO Responsable del Muestreo: EXTERNO: JH Fecha de Muestreo: N. A Fecha Recepción Muestra en Laboratorio: 2018-11-16	JONN PORTILLA			
TIPO DE ANALISIS SOLICITADOS	FISICOQUIMICO				
Código Muestra LAQ-715-18	Descripción				
	T3 a				
PARAMETRO	METODO	TECNICA	UNIDAD DE MEDIDA	FECHA DE ANALISIS	CODIGO MUESTRA
					LAQ-711-18
CROMO HEXAVALENTE	ESTANDAR METODOS EDICION No 17 3566C-D	ESPECTROFOTO. AA	mg Cr+6/L	2018-11-16	0,039
OBSERVACIONES					
DESVIACIONES / EXCLUSIONES / ACLARACIONES AL INFORME			FIN INFORME DE RESULTADOS		

LOS RESULTADOS SON VALIDOS UNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA

	SECCION DE LABORATORIOS INFORME DE RESULTADOS				Código: LBE- Página: 1 Versión: 03 Vigente a partir de 2014-06-18
	"Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parámetros, pH, GRASAS Y ACEITES, SOLIDOS TOTALES, SOLIDOS SUSPENDIDOS, DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO, DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO, según Resolución No 3566 del 11 de diciembre de 2014"				
FECHA EMISION RESULTADOS: 2018-11-26		REPORTE No:		LAQ-3-309A-18	
LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO Y AGUAS					
DATOS USUARIO			DATOS MUESTRAS		
Solicitante: VANESSA Dirección: RODRIGUEZ Teléfono: MZ 56 C 1 TAM 3162552603 Nit: 1088595385 e-mail: Vanerpyahoc.es Solicitud No: LAQ-C-258-18			Tipo de Muestra: AGUA RESIDUAL Tipo de Muestreo: SIMPLE Sitio de Toma: PASTO Responsable del Muestreo: EXTERNO: JH Fecha de Muestreo: N. A. JNNI PORTILLA Fecha Recepción Muestra en Laboratorio: 2018-11-16		
TIPO DE ANALISIS SOLICITADOS		FISICOQUIMICO			
Código Muestra LAQ-716-18		Descripción			
		T3 b			
PARAMETRO	METODO	TECNICA	UNIDAD DE MEDIDA	FECHA DE ANALISIS	CODIGO MUESTRA
					LAQ-711-18
 Cromo hexavalente		 ESTANDAR METODOS EDICION No 17 3566G-D		 ESPECTROFOTO. A.A mg Cr6/L 2016-11-15	
0,042					
OBSERVACIONES					
DESVIACIONES / EXCLUSIONES / ACLARACIONES AL INFORME			FIN INFORME DE RESULTADOS		

LOS RESULTADOS SON VALIDOS UNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA

	SECCION DE LABORATORIOS INFORME DE RESULTADOS				Código: LBE- Página: 1 Versión: 03 Vigente a partir de: 2014-06-18
	"Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parámetros, pH, GRASAS Y ACEITES, SOLIDOS TOTALES, SOLIDOS SUSPENDIDOS, DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO, DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO, según Resolución No 3566 del 11 de diciembre de 2014"				
FECHA EMISION RESULTADOS:		2018-11-26	REPORTE No:	LAQ-R-309A-18	
AREA:					
LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO Y AGUAS					
DATOS USUARIO			DATOS MUESTRAS		
Solicitante: VANESSA Dirección: RODRIGUEZ Teléfono: MZ 56 C 1 TAM Nit: 3162552803 e-mail: 1088595385 Solicitud No: Vanerpyahoc.es LAQ-C-258-18	Tipo de Muestra:		AGUA RESIDUAL		
		Tipo de Muestreo: SIMPLE Sitio de Toma: PASTO Responsable del Muestreo: EXTERNO: JH Fecha de Muestreo: N. A. JNNI PORTILLA Fecha Recepción Muestra en Laboratorio: 2018-11-16			
TIPO DE ANALIS SOLICITADOS		FISICOQUIMICO			
Código Muestra LAQ-717-18		Descripción			
		T4 a			
PARAMETRO	METODO	TECNICA	UNIDAD DE MEDIDA	FECHA DE ANALISIS	CODIGO MUESTRA
					LAQ-711-18
CROMO HEXAVALENTE	ESTANDAR METODOS EDICION No 17 3566C-O	ESPECTROFOTO. A.A	mg Cr6/L	2018-11-16	0,00
OBSERVACIONES					
DESVIACIONES / EXCLUSIONES / ACLARACIONES AL INFORME			FIN INFORME DE RESULTADOS		

LOS RESULTADOS SON VALIDOS UNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA

	SECCION DE LABORATORIOS INFORME DE RESULTADOS		Código: LBE- Página: 1	
			Version: 03 Vigente a partir de 2014-06-19	
"Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parámetros, pH, GRASAS Y ACEITES, SOLIDOS TOTALES, SOLIDOS SUSPENDIDOS, DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO, DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO, según Resolución No 3566 del 11 de diciembre de 2014"				
FECHA EMISION RESULTADOS:		2018-11-26	REPORTE No: LAQ-3-309A-18	
AREA:		LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO Y AGUAS		
DATOS USUARIO		DATOS MUESTRAS		
Solicitante: VANESSA Dirección: RODRIGUEZ Teléfono: MZ 58 C 1 TAM Teléfono: 3162552603 Nit: 1088595385 e-mail: Vanerpyahos.es Solicitud No: LAQ-C-258-18		Tipo de Muestra: AGUA RESIDUAL Tipo de Muestreo: SIMPLE Sitio de Toma: PASTO Responsable del Muestreo: EXTERNO: JH Fecha de Muestreo: N. A. JNNI PORTILLA Fecha Recepción Muestra en Laboratorio: 2018-11-16		
TIPO DE ANALIS SOLICITADOS		FISICOQUIMICO		
Código Muestra LAQ-718-18		Descripción		
		T4 b		
PARAMETRO	METODO	TECNICA	UNIDAD DE MEDIDA	FECHA DE ANALISIS
				CODIGO MUESTRA
				LAQ-711-18
CROMO HEXAVALENTE	ESTANDAR METODOS EDICION No 17 35660-0	ESPECTROFOTO. AA	mg Cr+6 /L	2018-11-16
0,01				
OBSERVACIONES				
DESVIACIONES / EXCLUSIONES / ACLARACIONES AL INFORME		FIN INFORME DE RESULTADOS		

LOS RESULTADOS SON VALIDOS UNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA

	SECCION DE LABORATORIOS INFORME DE RESULTADOS				Código: LBE- Página: 1 Versión: 03 Vigente a partir de: 2014-05-18
	"Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parámetros, pH, GRASAS Y ACEITES, SOLIDOS TOTALES, SOLIDOS SUSPENDIDOS, DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO, DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO, según Resolución No 3566 del 11 de diciembre de 2014"				
FECHA EMISION RESULTADOS:		2018-11-26	REPORTE No:	LAQ-R-309A-18	
AREA:					
LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO Y AGUAS					
DATOS USUARIO			DATOS MUESTRAS		
Solicitante: VANESSA Dirección: RODRIGUEZ Teléfono: MZ 56 C 1 TAM Nit: 3162552603 e-mail: 1088595385 Solicitud No: Vanerpyahoo.es LAQ-C-258-18	Tipo de Muestra:		AGUA RESIDUAL		
		Tipo de Muestreo: SIMPLE Sitio de Toma: PASTO Responsable del Muestreo: EXTERNO: JH Fecha de Muestreo: N. A. JNNI FORTILLA Fecha Recepción Muestra en Laboratorio: 2018-11-16			
TIPO DE ANALIS SOLICITADOS		FISICOQUIMICO			
Código Muestra LAQ-719-18		Descripción			
		T5 a			
PARAMETRO	METODO	TECNICA	UNIDAD DE MEDIDA	FECHA DE ANALISIS	CODIGO MUESTRA
					LAQ-711-18
CROMO HEXAVALENTE	ESTANDAR METODOS EDICION No 17 3566C-O	ESPECTROFOTO. AA	mg Cr+6/L	2018-11-26	0,052
OBSERVACIONES					
DESVIACIONES / EXCLUSIONES / ACLARACIONES AL INFORME			FIN INFORME DE RESULTADOS		

LOS RESULTADOS SON VALIDOS UNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA

		SECCION DE LABORATORIOS INFORME DE RESULTADOS		Código: LBE- Página: 1 Version: 03 Vigente a partir de 2014-06-18	
"Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parámetros, pH, GRASAS Y ACEITES, SOLIDOS TOTALES, SOLIDOS SUSPENDIDOS, DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO, DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO, según Resolución No 3566 del 11 de diciembre de 2014"					
FECHA EMISION RESULTADOS:		2018-11-26		REPORTE No: LAQ-3-309A-18	
AREA:		LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO Y AGUAS			
DATOS USUARIO			DATOS MUESTRAS		
Solicitante: VANESSA		Tipo de Muestra: AGUA RESIDUAL			
Dirección: RODRIGUEZ		Tipo de Muestreo: SIMPLE			
Teléfono: MZ 56 C 1 TAM		Sitio de Toma: PASTO			
NIT: 3162552603		Responsable del Muestreo: EXTERNO: JH			
NIT: 1088595385		Fecha de Muestreo: N. A.		ZONI PORTILLA	
e-mail: Vanerpyahoo.es		Fecha Recepción Muestra en Laboratorio: 2018-11-18			
Solicitud No: LAQ-C-258-18					
TIPO DE ANALIS SOLICITADOS		FISICOQUIMICO			
Código Muestra LAQ-720-18		Descripción			
		T5 b			
PARAMETRO	METODO	TECNICA	UNIDAD DE MEDIDA	FECHA DE ANALISIS	CODIGO MUESTRA
					LAQ-711-18
Cromo hexavalente	ESTANDAR METODOS EDICION No 17 3586G-0	ESPECTROFOTO. A.A	mg Cr+6/L	2018-11-18	0,043
OBSERVACIONES					
DESVIACIONES / EXCLUSIONES / ACLARACIONES AL INFORME			FIN INFORME DE RESULTADOS		

LOS RESULTADOS SON VALIDOS UNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA

	SECCION DE LABORATORIOS INFORME DE RESULTADOS				Código: LBE- Página: 1 Versión: 03 Vigente a partir de: 2014-06-18
	"Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parámetros, pH, GRASAS Y ACEITES, SOLIDOS TOTALES, SOLIDOS SUSPENDIDOS, DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO, DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO", según Resolución No 3566 del 11 de diciembre de 2014"				
FECHA EMISION RESULTADOS: 2018-11-26		REPORTE No:		LAQ-2-309A-18	
AREA: LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO Y AGUAS					
DATOS USUARIO			DATOS MUESTRAS		
Solicitante: VANESSA Dirección: RODRIGUEZ Teléfono: MZ 58 C 1 TAM 3162552803 Nit: 1088595385 e-mail: Vanerpyahoo.es Solicitud No: LAQ-C-258-18			Tipo de Muestra: AGUA RESIDUAL Tipo de Muestreo: SIMPLE Sitio de Toma: PASTO Responsable del Muestreo: EXTERNO: JH Fecha de Muestreo: N. A. JNNI PORTILLA Fecha Recepción Muestra en Laboratorio: 2018-11-16		
TIPO DE ANALISIS SOLICITADOS			FISICOQUIMICO		
Código Muestra LAQ-721-18		Descripción			
		T6 a			
PARAMETRO	METODO	TECNICA	UNIDAD DE MEDIDA	FECHA DE ANALISIS	CODIGO MUESTRA
					LAQ-711-18
CROMO HEXAVALENTE	ESTANDAR METODOS EDICION No 17 3866Q-D	ESPECTROFOTO. AA	mg Cr+6/L	2018-11-16	0,039
OBSERVACIONES					
DESVIACIONES / EXCLUSIONES / ACLARACIONES AL INFORME			FIN INFORME DE RESULTADOS		

LOS RESULTADOS SON VALIDOS UNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA

		SECCION DE LABORATORIOS INFORME DE RESULTADOS			Código: LBE- Página: 1 Versión: 03 Vigente a partir de: 2014-06-18	
"Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parámetros, pH, GRASAS Y ACEITES, SOLIDOS TOTALES, SOLIDOS SUSPENDIDOS, DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO, DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO, según Resolución No 3566 del 11 de diciembre de 2014"						
FECHA EMISION RESULTADOS:		2018-11-26		REPORTE No:		LAQ-2309A-18
AREA:		LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO Y AGUAS				
DATOS USUARIO			DATOS MUESTRAS			
Solicitante: VANESSA		Tipo de Muestra: AGUA RESIDUAL		Fecha de Muestreo: N. A. JNNI PORTILLA		
Dirección: RODRIGUEZ		Tipo de Muestreo: SIMPLE		Fecha Recepción Muestra en Laboratorio: 2018-11-16		
Teléfono: MZ 56 C 1 TAM		Sitio de Toma: PASTO				
Nit: 3162552603		Responsable del Muestreo: EXTERNO: JH				
e-mail: Vanerpyahoo.es		Fecha de Muestreo: N. A.				
Solicitud No: LAQ-C-258-18		Fecha Recepción Muestra en Laboratorio: 2018-11-16				
TIPO DE ANALISIS SOLICITADOS		FISICOQUIMICO				
Código Muestra LAQ-722-18		Descripción				
		T6 b				
PARAMETRO	METODO	TECNICA	UNIDAD DE MEDIDA	FECHA DE ANALISIS	CODIGO MUESTRA	
					LAQ-711-18	
CROMO HEXAVALENTE	ESTANDAR METODOS EDICION No 17 3566C-O	ESPECTROFOTO. A.A	mg Cr+6 /L	2018-11-16	0,050	
OBSERVACIONES						
DESVIACIONES / EXCLUSIONES / ACLARACIONES AL INFORME			FIN INFORME DE RESULTADOS			

LOS RESULTADOS SON VALIDOS UNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA

	SECCION DE LABORATORIOS INFORME DE RESULTADOS				Código: LBE- Página: 1 Version: 03 Vigente a partir de 2014-06-18
	"Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parámetros, pH, GRASAS Y ACEITES, SOLIDOS TOTALES, SOLIDOS SUSPENDIDOS, DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO, DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO", según Resolución No 3566 del 11 de diciembre de 2014"				
FECHA EMISION RESULTADOS:		2018-11-26	REPORTE No:	LAQ-1-309A-18	
AREA: LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO Y AGUAS					
DATOS USUARIO			DATOS MUESTRAS		
Solicitante: VANESSA Dirección: RODRIGUEZ Teléfono: MZ 56 C 1 TAM 3162552803 Nit: 1088595385 e-mail: Vanerpyahoo.es Solicitud No: LAQ-C-258-18	Tipo de Muestra: AGUA RESIDUAL Tipo de Muestreo: SIMPLE Sitio de Toma: PASTO Responsable del Muestreo: EXTERNO: JH Fecha de Muestreo: N. A JNNI PORTILLA Fecha Recepción Muestra en Laboratorio: 2018-11-16				
TIPO DE ANALIS SOLICITADOS		FISICOQUIMICO			
Código Muestra LAQ-723-18		Descripción			
		T7 a			
PARAMETRO	METODO	TECNICA	UNIDAD DE MEDIDA	FECHA DE ANALISIS	CODIGO MUESTRA
					LAQ-711-18
CROMO HEXAVALENTE	ESTANDAR METODOS EDICION No 17 3566C-O	ESPECTROFOTO, A.A	mg Cr+6/L	2018-11-16	0,046
OBSERVACIONES					
DESVIACIONES / EXCLUSIONES / ACLARACIONES AL INFORME			FIN INFORME DE RESULTADOS		

LOS RESULTADOS SON VALIDOS UNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA

	SECCION DE LABORATORIOS INFORME DE RESULTADOS				Código: LBE- Página: 1 Versión: 03 Vigente a partir de : 2014-06-18
	"Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parámetros, pH, GRASAS Y ACEITES, SOLIDOS TOTALES, SOLIDOS SUSPENDIDOS, DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO, DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO", según Resolución No 3566 del 11 de diciembre de 2014"				
FECHA EMISION RESULTADOS:		2018-11-26	REPORTE No:	LAQ-1-309A-18	
AREA: LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO Y AGUAS					
DA IS USUARIO			DATOS MUESTRAS		
Solicitante: VANESSA Dirección: RODRIGUEZ Teléfono: MZ 56 C 1 TAM 3162552803 Nit: 1088595385 e-mail: Vanerpyahoo.es Solicitud No: LAQ-C-258-18	Tipo de Muestra:		AGUA RESIDUAL		
		Tipo de Muestreo: SIMPLE Sitio de Toma: PASTO Responsable del Muestreo: EXTERNO: JH Fecha de Muestreo: N. A. JNNI PORTILLA Fecha Recepción Muestra en Laboratorio: 2018-11-16			
TIPO DE ANALIS SOLICITADOS		FISICOQUIMICO			
Código Muestra LAQ-724-18		Descripción			
		T7 b			
PARAMETRO	METODO	TECNICA	UNIDAD DE MEDIDA	FECHA DE ANALISIS	CODIGO MUESTRA
					LAQ-711-18
CROMO HEXAVALENTE	ESTANDAR METODOS EDICION No 17 3566Q-D	ESPECTROFOTO, A.A	mg Cr6/L	2018-11-16	0,050
OBSERVACIONES					
DESVIACIONES / EXCLUSIONES / ACLARACIONES AL INFORME			FIN INFORME DE RESULTADOS		

LOS RESULTADOS SON VALIDOS UNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA

	SECCION DE LABORATORIOS INFORME DE RESULTADOS				Código: LBE- Página: 1 Versión: 03 Vigente a partir de 2014-06-18
	"Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parámetros, pH, GRASAS Y ACEITES, SOLIDOS TOTALES, SOLIDOS SUSPENDIDOS, DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO, DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO, según Resolución No 3566 del 11 de diciembre de 2014"				
FECHA EMISION RESULTADOS:		2018-11-26		REPORTE No:	LAQ-R-309A-18
AREA:					
LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO Y AGUAS					
DATOS USUARIO			DATOS MUESTRAS		
Solicitante: VANESSA Dirección: RODRIGUEZ Teléfono: MZ 58 C 1 TAM Nit: 3162552803 e-mail: 1088595385 Solicitud No: Vanerpyahoo.es LAQ-C-258-18			Tipo de Muestra: AGUA RESIDUAL Tipo de Muestreo: SIMPLE Sitio de Toma: PASTO Responsable del Muestreo: EXTERNO: JH Fecha de Muestreo: N. A. JNNI PORTILLA Fecha Recepción Muestra en Laboratorio: 2018-11-18		
TIPO DE ANALIS SOLICITADOS		FISICOQUIMICO			
Código Muestra LAQ-725-18		Descripción			
		T8 a			
PARAMETRO	METODO	TECNICA	UNIDAD DE MEDIDA	FECHA DE ANALISIS	CODIGO MUESTRA
					LAQ-711-18
CROMO HEXAVALENTE	ESTANDAR METODOS EDICION No 17 3566Q-O	ESPECTROFOTO. A.A	mg Cr+6/L	2018-11-18	0,046
OBSERVACIONES					
DESVIACIONES / EXCLUSIONES / ACLARACIONES AL INFORME			FIN INFORME DE RESULTADOS		

LOS RESULTADOS SON VALIDOS UNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA

	SECCION DE LABORATORIOS INFORME DE RESULTADOS				Código: LBE- Página: 1 Versión: 03 Vigente a partir de 2014-06-18
	"Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parámetros, pH, GRASAS Y ACEITES, SOLIDOS TOTALES, SOLIDOS SUSPENDIDOS, DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO, DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO", según Resolución No 3566 del 11 de diciembre de 2014"				
FECHA EMISION RESULTADOS:		2018-11-26	REPORTE No:	LAQ-2-309A-18	
ÁREA:					
LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO Y AGUAS					
DATOS USUARIO			DATOS MUESTRAS		
Solicitante: VANESSA Dirección: RODRIGUEZ Teléfono: MZ 56 C 1 TAM 3162552803 NIT: 1088595385 e-mail: Vanerpyahoc.es Solicitud No: LAQ-C-258-18	Tipo de Muestra:		AGUA RESIDUAL		
Tipo de Muestreo: SIMPLE Sitio de Toma: PASTO Responsable del Muestreo: EXTERNO: JH		Fecha de Muestreo: N. A.		JNNI PORTILLA	
Fecha Recepción Muestra en Laboratorio:		2018-11-16			
TIPO DE ANALISIS SOLICITADOS		FISICOQUIMICO			
Código Muestra LAQ-726-18		Descripción			
		T8 b			
PARAMETRO	METODO	TECNICA	UNIDAD DE MEDIDA	FECHA DE ANALISIS	CODIGO MUESTRA
					LAQ-711-18
CROMO HEXAVALENTE		ESTANDAR METODOS EDICION No 17 3566G2-O	ESPECTROFOTO. AA	mg Cr+6/L	2018-11-16
0,045					
OBSERVACIONES					
DESVIACIONES / EXCLUSIONES / ACLARACIONES AL INFORME			FIN INFORME DE RESULTADOS		

LOS RESULTADOS SON VALIDOS UNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA

	SECCION DE LABORATORIOS INFORME DE RESULTADOS				Código: LBE- Página: 1 Versión: 03 Vigente a partir de: 2014-06-18
	"Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parámetros, pH, GRASAS Y ACEITES, SOLIDOS TOTALES, SOLIDOS SUSPENDIDOS, DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO, DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO, según Resolución No 3566 del 11 de diciembre de 2014"				
FECHA EMISION RESULTADOS: 2018-11-26		REPORTE No:		LAQ- 2-309A-18	
AREA: LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO Y AGUAS					
DATOS USUARIO			DATOS MUESTRAS		
Solicitante: VANESSA Dirección: RODRIGUEZ Teléfono: MZ 58 C 1 TAM 3162552803 Nit: 1088595385 e-mail: Vanerpyahoo.es Solicitud No: LAQ-C-258-18			Tipo de Muestra: AGUA RESIDUAL Tipo de Muestreo: SIMPLE Sitio de Toma: PASTO Responsable del Muestreo: EXTERNO: JH Fecha de Muestreo: N. A JNNI PORTILLA Fecha Recepción Muestra en Laboratorio: 2018-11-16		
TIPO DE ANALIS SOLICITADOS		FISICOQUIMICO			
Código Muestra LAQ-727-18		Descripción			
		T9 a			
PARAMETRO	METODO	TECNICA	UNIDAD DE MEDIDA	FECHA DE ANALISIS	CODIGO MUESTRA LAQ-711-18
CROMO HEXAVALENTE	ESTANDAR METODOS EDICION No: 17 358602-0	ESPECTROFOTO. AA	mg Cr+6/L	2018-11-16	0,052
OBSERVACIONES					
DESVIACIONES / EXCLUSIONES / ACLARACIONES AL INFORME			FIN INFORME DE RESULTADOS		

LOS RESULTADOS SON VALIDOS UNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA

 Universidad de Nariño	SECCION DE LABORATORIOS INFORME DE RESULTADOS				Código: LBE- Página: 1 Versión: 03 Vigente a partir de : 2014-06-18
	"Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parámetros, pH, GRASAS Y ACEITES, SOLIDOS TOTALES, SOLIDOS SUSPENDIDOS, DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO, DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO", según Resolución No 3566 del 11 de diciembre de 2014"				
FECHA EMISION RESULTADOS:		2018-11-26		REPORTE No:	LAQ- 3-309A-18
AREA: LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO Y AGUAS					
DATOS USUARIO			DATOS MUESTRAS		
Solicitante:	VANESSA RODRIGUEZ		Tipo de Muestra:	AGUA RESIDUAL	
Dirección:	MZ 56 C 1 TAM		Tipo de Muestreo:	SIMPLE	
Teléfono:	3182552803		Sitio de Toma:	PASTO	
Nit:	1088595385		Responsable del Muestreo:	EXTERNO: JH	
e-mail:	Vanerpyahoo.es		Fecha de Muestreo:	N. A.	JNNI PORTILLA
Solicitud No:	LAQ-C-258-18		Fecha Recepción Muestra en Laboratorio:	2018-11-16	
TIPO DE ANALIS SOLICITADOS			FISICOQUIMICO		
Código Muestra LAQ-728-18			Descripción		
			T9 b		
PARAMETRO	METODO	TECNICA	UNIDAD DE MEDIDA	FECHA DE ANALISIS	CODIGO MUESTRA
					LAQ-711-18
CROMO HEXAVALENTE	ESTANDAR METODOS EDICION No 17 3566D-O	ESPECTROFOTO. AA	mg Cr+6/L	2018-11-16	0,048
OBSERVACIONES					
DESVIACIONES / EXCLUSIONES / ACLARACIONES AL INFORME			FIN INFORME DE RESULTADOS		

LOS RESULTADOS SON VALIDOS UNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA