

**CORNISA: ALTERNATIVA PARA LA RECUPERACIÓN DEL AGUA EN LOS PROCESOS DE CURTIDOS DE  
PIELES**

**ALTERNATIVA PARA LA RECUPERACIÓN DEL AGUA EN LOS  
PROCESOS DE CURTIDOS DE PIELES**

**Andrés, M. Contreras, Fabián Suárez**

**Proyecto de grado para obtener el título de Ingeniero civil**

**Director del proyecto: ING. Felipe Santamaría Alzate**

**Universidad Piloto De Colombia**

**Programa de ingeniería Civil**

**Facultad de Ingeniería**

**2019**

### **Agradecimientos**

Esta tesis está dedicada en primer lugar, a Dios, a nuestros padres, quienes, con su apoyo incondicional, amor y paciencia nos han permitido cumplir nuestros sueños, nuestros hermanos, familiares y profesores que sin su ayuda nada de esto sería posible.

### **Dedicatoria**

A nuestros padres por su apoyo incondicional y sobre todo a su paciencia ya que en cada adversidad que encontramos en nuestros caminos ellos estuvieron presentes.

## RESUMEN

El presente trabajo, quiere plantear y diseñar los procesos de tratamiento de agua usada para el curtido de pieles en Villapinzón, además de mostrar los inconvenientes que se generan por la falta de implementación de una PTAR, o el tratamiento de aguas en las empresas que se radican allí, ya que los mismos son necesarios para disminuir la presencia de químicos y metales pesados. A partir de esta problemática se plantea una solución rápida y económica, que consiste en mezclar una serie de compuestos (coagulante, floculante y decolorante) que al ser dispuestos de una manera adecuada y una exacta dosificación puedan tratar el agua, que al ser filtrada a través de una planta (helecho Filicopsida), servirá de filtro natural. Este proyecto se presentará a CURTINORTE S.A.S, empresa que brindó el acceso a sus instalaciones, además de facilitar los procesos químicos y las cantidades utilizadas, y de igual manera, la muestras que fueron utilizadas en los ensayos químicos.

### **Palabras clave:**

Tratamiento de agua, curtido, helecho, coagulante, filtro natural.

### **ABSTRACT**

This paper intends to propose and design the water treatment processes used for skin tanning in Villapinzón, in addition to showing the disadvantages caused by the lack of implementation of a PTAR or water in the companies that are located there. As they are necessary to reduce the presence of chemicals and heavy metals. From this problem proposed a quick and economical solution which consists in mixing a series of compounds (coagulant, flocculant and decolorizing agent), that arranged in an appropriate and accurate way in dosage can treat water, which by filtered it through a plant (Helecho, Filicopsida), will serve as a natural filter. This project will be presents to CURTINORTE SAS, company that provides access and facilitating the processes, chemicals and quantities you use in the same way the samples that we reused in chemical tests.

#### **Key Words:**

**Water treatment, tanning, fern, coagulant, natural filter.**

**ÍNDICE**

1. INTRODUCCIÓN .....	12
2. PRELIMINARES .....	13
2.1. TEMA DEL PROYECTO .....	13
2.2. JUSTIFICACIÓN .....	13
3. OBJETIVOS .....	15
3.1. OBJETIVOS GENERALES .....	15
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	15
4. METODOLOGÍA .....	16
4.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	16
5. MARCO TEÓRICO .....	19
5.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO .....	19
5.2. LOCALIZACIÓN DE VILLAPINZÓN .....	19
5.3. RÍO BOGOTÁ .....	20
5.4. INDUSTRIA DEL CUERO .....	21

5.5. HISTORIA Y DESARROLLO DEL SECTOR DEL CUERO .....	22
6. PROCESO DEL CURTIDO DE PIELES .....	24
6.1. CURTIDA .....	24
6.2. RECURTIDA .....	24
6.3. PROCESO DE CALIBRADO Y REBAJADO DEL CUERO .....	25
6.4. RECURTIDA .....	25
6.5. PROCESO DE CLAVADO .....	25
6.6. HIDRATACIÓN .....	26
6.7. PROCESO DE ENGRASADO .....	26
6.8. ACABADOS .....	26
7. DIAGNÓSTICO DEL SOPORTE DEL PROYECTO .....	27
7.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	27
7.2. CONDICIONES SOCIO ECONÓMICAS .....	32
7.3. CONDICIONES INSTITUCIONALES .....	32
7.4. CONDICIONES AMBIENTALES .....	33

7.5. ESTRUCTURA HIDRÁULICA .....	34
7.6. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) - NTC-3629 .....	34
7.7. DETERMINACIÓN DE LA TURBIEDAD - NTC-4707 .....	35
7.8. DETERMINACIÓN DEL PH-NTC-3651 .....	35
7.9. DETERMINACIÓN DEL COLOR-NTC-5844 .....	36
7.10. DETERMINACIÓN DE LA ACIDEZ Y DETERMINACIÓN DE LA ALCALINIDAD-NTC-4803 .....	36
8. MATERIALES Y MÉTODOS USADOS PARA EL ESTUDIO .....	38
8.1. MEDIDOR DE PH .....	38
8.2. TEST DE JARRAS .....	39
8.3. MUESTRAS DE SOLUCIÓN .....	40
8.4. TURBIEDAD .....	41
8.5. ALCALINIDAD .....	42
8.6. COLOR .....	42
8.7. CROMO .....	43
8.8. HELECHO (FILICOPSIDA) .....	44



9. RESULTADOS .....	46
9.1. CONDICIONES INICIALES .....	46
9.2. DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA DE COAGULANTE .....	48
9.3. OBSERVACIONES DE LOS RESULTADOS DE LABORATORIO .....	54
9.4. COMPARACIÓN CON EL FILTRO NATURAL .....	57
9.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	59
10. CONCLUSIONES .....	60
11. REFERENCIAS .....	61

**ÍNDICE DE TABLAS**

TABLA 1. ÁREA DE INFLUENCIA POR LA CUENCA ALTA .....	20
TABLA 2. INTERVENCIÓN Y GRADO DE CONTAMINACIÓN DE ALGUNAS CUENCAS EN VILLAPINZÓN .....	29
TABLA 3. CARGA CONTAMINANTE EN AGUAS RESIDUALES DE LAS CURTIEMBRES DE VILLAPINZÓN 2009 .....	30
TABLA 4. RESULTADO ANÁLISIS DE AGUA POR OPERACIÓN. EN AGUAS RESIDUALES DE LAS CURTIEMBRES DE VILLAPINZÓN 2009 .....	31
TABLA 5. COMBINACIONES Y REFERENCIAS, MUESTRA DE SOLUCIÓN .....	40
TABLA 6. MUESTRA INICIAL .....	46
TABLA 7. DOSIS COAGULANTE Y FLOCULANTE EN LAS PRUEBAS DE JARRAS .....	49
TABLA 8. TES DE JARRAS, RESULTADOS .....	50
TABLA 9. TEST JARRA CON COAGULANTE BDC0906 Y FLOCULANTE PA 0205 .....	55
TABLA 10. MUESTRA IDEAL COAGULANTE BDC0906 Y FLOCULANTE PA 0205 .....	56
TABLA 11. COMPARACIÓN DE JARRA 2 CONTRA EL FILTRO NATURAL DE HELECHO .....	58

**ÍNDICE DE FIGURAS**

FIGURA 1. ILUSTRACIÓN DEL MAPA DE CUNDINAMARCA .....	19
FIGURA 2. PH METRO .....	38
FIGURA 3. TEST DE JARRAS .....	39
FIGURA 4. TURBIEDAD .....	41
FIGURA 5. ALCALINIDAD .....	42
FIGURA 6. COLOR .....	43
FIGURA 7. MUESTRA DE APARIENCIA DE AGUA CRUDA .....	47
FIGURA 8. MUESTRA DE APARIENCIA DEL AGUA DESPUÉS DEL AJUSTE DE PH .....	48
FIGURA 9. MUESTRA DE COAGULANTE BDC0906 .....	51
FIGURA 10. MUESTRA 2, COAGULANTE BDC09610T .....	52
FIGURA 11. MUESTRA 3 Y 4, COAGULANTE DC906 Y I0705 .....	53
FIGURA 12. MODELO FÍSICO .....	57

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo quiere plantear y diseñar los procesos de tratamiento de agua usada para el curtido de pieles en Villapinzón, dentro de la misma, se recopilaron datos cuantitativos que resultan útiles e importantes para la estructuración de un proyecto, donde se muestren los inconvenientes que se generan por la falta de implementación de una PTAR o el tratamiento de aguas en las empresas que se radican allí.

A partir de esto se centra el planteamiento del problema a trabajar, ya que brinda la información necesaria para evaluar los compuestos necesarios para disminuir la presencia de químicos y metales pesados en el agua que es utilizada para el proceso de curtido de pieles.

Por ende, se plantea una solución rápida y económica, que consiste en mezclar una serie de compuestos (coagulante, floculante y decolorante), dispuestos de una manera adecuada y bien balanceada, teniendo en cuenta la prueba de jarras que corroborara la dosificación para que la misma sea filtrarla a través de una planta (helecho Filicopsida), que servirá de filtro natural; este proyecto se realizó con la colaboración de la empresa CURTINORTE S.A.S, quienes brindaron el acceso a sus instalaciones, además de facilitar los procesos químicos, cantidades utilizadas, y de igual manera, las muestras que fueron usadas en los ensayos químicos.

## **2. PRELIMINARES**

### **2.1 Tema del proyecto:**

Tratamiento de aguas

### **2.2. Justificación**

La necesidad de este estudio nace a partir de generar una opción a las industrias, la cual sea asequible para el tratamiento de las aguas residuales, en donde también se busca generar una reducción en el impacto ecológico que estas generan. Para esto, se busca el desarrollo de una alternativa para el tratamiento de aguas residuales en curtiembres con recursos naturales, para la recuperación del agua y los elementos que allí se utilizan, como los metales pesados, además de incentivar el cultivo de flora que servirá como filtro natural para entregar el agua al río BOGOTA.

Ya que Villapinzón es el municipio con la segunda producción más grande en la industria de curtiembres, y que como disposición final de sus desechos tiene a la cuenca alta del río Bogotá, por su alta concentración de metales y químicos que se usan en el tratamiento de curtido, el río desde ese punto ya empieza con una alta concentración de contaminación. Estas industrias, al no tener la facilidad para implementar plantas de tratamiento de aguas residuales, deciden verter los desechos sin ningún tipo de cuidado con el ambiente.

En todo el mundo, la gran mayoría de la industria de curtiembres realiza sus operaciones con buenos controles de contaminación, y no expone a las poblaciones locales a riesgos para la salud. Las grandes fábricas de calzado examinan cuidadosamente, para asegurarse de que sus proveedores cuentan con instalaciones bien administradas. Ciertamente, no existe ningún riesgo para la salud al usar los productos de cuero hechos por los curtidores, sin embargo, uno de los productos químicos más comunes en el mundo, es que se usan para fabricar productos químicos, para broncearse o para curtiduras mal administradas (generalmente pequeñas), o vías fluviales contaminadas con niveles peligrosos de productos químicos; estos lugares representan riesgos significativos para la salud pública de las poblaciones locales.

La industria de fabricación de cuero consiste en varios procesos diferentes, y una de las actividades más importantes es el curtido de las pieles en bruto. El bronceado, consiste en el procesamiento de cuero crudo para que sea más resistente para su uso en una variedad de productos diferentes. El bronceado es una industria mundial y generalizada, que trabaja con tipos de cuero ligero y pesado. El cuero ligero se usa para zapatos y otros productos blandos como bolsos, y el cuero grueso se usa para correas, cinturones y en diversas máquinas. El proceso de curtido se compone de tres fases generales: adquisición y pretratamiento de pieles de animales crudos, tratamiento de las pieles con un agente bronceador y, secando y brillado de las pieles antes de enviarlas a las fábricas de productos. Aunque estos pasos ilustran el proceso general, a menudo hay muchos procesos diferentes

que pueden llevarse a cabo en las instalaciones de bronceado, y cada uno puede proporcionar una variedad de otros servicios, como el blanqueo, el teñido, el acabado y el tejido de las pieles (Tannery Operations, 2011)

### **3. Objetivos**

#### **3.1. Objetivo general**

Plantear y diseñar una alternativa para el tratamiento de aguas residuales en el curtido de pieles, acondicionada a los requerimientos estipulados por el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible.

#### **3.2. Objetivos Específicos**

Identificar los procesos de lavado con agua que tiene el curtido de pieles, para verificar los componentes de esta.

Determinar la dosis óptima de compuestos químicos (coagulante y floculante) para el tratamiento adecuado de las aguas residuales.

Implementar un tratamiento de aguas residuales que involucre un filtro natural para la recolección de metales.

## 4. METODOLOGÍA

### 4.1. Tipo de investigación

En este trabajo se busca implementar la investigación aplicada, la cual está enfocada en el desarrollo de estrategias para el desarrollo de un objetivo concreto, que en este trabajo está orientado al diseño e implementación de un sistema de tratamiento de bajo costo para las aguas residuales de curtiembres en el municipio de Villapinzón.

A partir de la metodología de investigaciones cuantitativas y cualitativas, se obtendrá la información pertinente para la identificación y desarrollo del problema.

#### *Fase 1: Recolección de información.*

En el segundo semestre del año 2018, se realizaron una serie de visitas de campo a las instalaciones de CURTINORTE S.A.S, donde se recolectó la información necesaria de la organización, como son datos y material de consulta útil para el desarrollo del proyecto.

Se realizó la búsqueda de información en fuentes indexadas y soportes normativos en las diferentes instituciones ambientales competentes en el área (Min ambiente, CAR)

Se realizó la consulta específica con la empresa COLQUIMICOS, quienes tienen experiencia y competencia en el trabajo de muestras con aguas residuales, con el fin de verificar la viabilidad del estudio a realizar.



***Fase 2: Recolección de muestras.***

Se realizó una visita al municipio de Villapinzón, donde la empresa CURTINORTE S.A.S., explicó el proceso de curtido de pieles y, a partir del mismo, se recogieron las muestras de agua para su procesamiento, de la siguiente manera:

Primero, se ingresó al área de disposición final con supervisión del personal de la empresa.

Luego, se recogieron las muestras de agua en 2 garrafas de plástico de 5 galones, provenientes de la fase final del proceso de curtido de pieles, como lo indicó la empresa CURTINORTE S.A.S.

Posteriormente, se rotularon los dos envases, mostrando su procedencia para el análisis en laboratorio.

Y finalmente, se realizó el transporte final hasta los laboratorios de la Universidad Piloto de Colombia y la empresa COLQUIMICOS ubicados en la ciudad de Bogotá.

***Fase 3: Análisis inicial***

Con las muestras obtenidas de la planta, se procede a hacer los ensayos de laboratorio para determinar el estado de la muestra.

Se realizan los análisis iniciales que incluyen PH, color, alcalinidad, DQO y turbiedad, descritos ampliamente en el marco teórico.

***Fase 4: Recolección de floculantes y coagulantes***

A partir de las recomendaciones de la empresa que suministró los materiales (COLQUIMICOS), se realiza la compra de floculantes y coagulantes para el análisis adecuado del mismo, este se nombra en el marco teórico.

***Fase 5: Dosificación***

Con los resultados de las muestras iniciales, los floculantes y coagulantes obtenidos, se realizan ensayos y la aplicación del test de Jarras para determinar la combinación ideal.

***Fase 6: Modelo físico***

Según las pruebas y análisis de la muestra, se realiza un ensayo con un filtro natural (helecho, Filicopsida), en donde se pretende demostrar que es viable el tratamiento del agua usando los compuestos descritos.

## 5. MARCO TEÓRICO

### 5.1. Localización del proyecto

### 5.2. Localización de Villapinzón



*Figura 1.* Ilustración del Mapa de Cundinamarca

Villapinzón es un municipio de Cundinamarca, ubicado en la provincia de Almeidas, a 80 km de Bogotá. Desde la capital del país se accede por la Troncal Central del Norte (Ruta Nacional 55), la altitud media de la cabecera municipal es de 2715 m s. n. m., y su temperatura promedio es de 13.2 °C.<sup>4</sup> En Villapinzón se encuentra el nacimiento del río Bogotá.

### 5.3. Río Bogotá

Es uno de los ríos del departamento de Cundinamarca; es el principal cauce fluvial en la sabana de Bogotá, su nacimiento se da en el páramo de Guacheneque, en el municipio de Villapinzón y, este desemboca en el Río Magdalena.

**Tabla 1. Área de influencia por la cuenca alta**

Zonas de influencia directa sobre el río Bogotá				
Zona	Municipio	Población urbana (proyección año 2002)		
		Total	Cabecera	Resto
Cuenca alta	Villapinzón	16.597	5.565	11.032
	Chocontá	18.400	7.173	11.227
	Suesca	14.395	4.379	10.016
	Sesquilé	6.873	1.764	5.109
	Gachancipá	6.890	2.942	3.948
	Tocancipá	15.192	5.545	9.647
	Cajicá	96.083	84.088	11.995
	Chía	64.928	59.541	5.387
	Cota	15.415	7.039	8.376
Cuenca media	Bogotá D.C.	6'865.997 (proyección DANE 2003)		

*Fuente: cálculos con base en proyecciones demográficas DANE.(2002)*

#### **5.4. Industria del cuero**

Colombia, el octavo país en cría de ganado a nivel mundial, produce hoy las pieles más finas del mundo. Así lo confirma la creciente demanda que, sobre las manufacturas de cuero, reclaman mercados exigentes como los de Estados Unidos, Canadá, Europa, Australia y países del Caribe. El liderazgo que hasta hace algunos años ostentaba Argentina, Brasil y Uruguay, en América latina lo han sabido acaparar los fabricantes colombianos.

Por eso, no es raro encontrar en las vitrinas de las principales capitales del mundo los artículos nacionales, despertando el interés y la admiración de propios y turistas que aprecian en ellos, productos finos, cien por ciento cueros. La artesanía de artículos de viaje, marroquinería, bolsas, maletas de mano, porta-documentos, carteras, artículos pequeños y confecciones, constituyen la muestra internacional de lo elaborado en nuestro país.

La industria del cuero y sus derivados tiene, según lo manifestado por Mario Hernández, presidente de la Asociación Nacional de Manufactureros del Cuero, posibilidades excepcionales, no solo para el consumo doméstico, sino para atraer y retener la demanda Internacional que ve en la curtiduría colombiana, técnica, sofisticados diseños y precios competitivos.

### **5.5. Historia y desarrollo del sector del cuero**

Los inicios de la industria de cuero en Colombia, se sitúan en los tiempos precolombinos, cuando con gran habilidad destreza e ingenio, nuestros aborígenes se protegían de las inclemencias del tiempo con las pieles de animales, dejando así las semillas de lo que sería la tradición artesanal. Sin embargo, el desarrollo de las manufacturas con pieles de ganado, ovejas, culebra y conejos despertó el interés de los consumidores. Cada piel, resultaba apropiada para los más diversos productos, desde las suelas, pasando por las correas, bolsos, carteras, sillas de montar, hasta llegar a los de lica dos guantes con piel de conejo.

En los años setenta, la actividad del cuero, en especial del vacuno, floreció al incrementarse la demanda en el mercado interno y externo.

En los años ochenta, la situación no ha sido privilegiada; sólo con grandes esfuerzos, la industria del cuero ha logrado mantenerse estable. La exportación redujo su participación en el año 83, cuando la caída en ventas de artículos de viaje, marroquinería y confecciones la afectó enormemente.

En 1980 se vendieron 57.4 millones de dólares, en 1981 recibió 69.4 millones de dólares; US\$77.8 millones en el 82 ingreso que se rebajaron a US\$44 millones en 1983. Este fenómeno tiene sus causas en la crisis económica de nuestro país vecino, Venezuela, y la disminución de las compras por parte de los Estados Unidos.

La situación comenzó a modificarse solo hasta este año, después de la celebración del Quinto Salón del Cuero o Leather Show, organizado por la Asociación Nacional de Manufactureros del Cuero que cada año, en el mes de febrero, abre el ciclo de ferias a nivel mundial.

La mayor demanda de manufacturas colombianas en este momento está destinada a las diferentes ciudades de los Estados Unidos; le siguen en importancia Alemania y Francia. Se está realizando una agresiva campaña basada en la calidad, diseño y precios competitivos; para finales de 1985, se prevé la recuperación del mercado venezolano, que, por su cercanía y facilidades de transporte, resulta atractivo. Así mismo, se proyecta la ampliación de nuestra participación en el mercado del Caribe.

El europeo es otro de los frentes hacia donde apunta la oferta de manufacturas de cuero colombianas. Existe un acuerdo con Bruselas para que, en "El Foro de las Naciones" (gran feria comercial) que se realizara en este mes, estén representados los pequeños y grandes productores nacionales. (semana)

## 6. PROCESO DEL CURTIDO DE PIELES

### 6.1. Curtida

**Materiales:** Sal marina (160kg), ácido fórmico (18kg), cromo (150kg), grasa (10kg)

Se debe retirar la sal marina de la piel, para ser ingresada en el bombo a un 100% de agua, en donde se vierten los diferentes materiales ya mencionados, durante aproximadamente 6 horas a tapa cerrada.

Se hace un cambio de tapa al bombo, a una tapa denominada tapa de huecos, para escurrir el agua residual que queda dentro del bombo, esta agua es drenada a una alberca, ubicada debajo del respectivo bombo, se vuelve a ingresar agua al 50% con sal y jabón en el bombo, y se deja reposar aproximadamente 6 horas; transcurridas estas 6 horas, se saca el cuero y se debe lavar uno por uno con abundante agua.

Nuevamente se ingresa este cuero al bombo para iniciar el proceso de recurtida.

### 6.2. Recurtida

**Materiales:** BORON LFG (25kg) 4,5kg, Acido oxálico (-) 7,5kg, Cromo (96kg) 29kg, Liquearsoft 5x1 (18kg) 105+132kg, Formiato sodio (16kg) 43kg, Bicarbonato (19kg) 14,5kg, Dióxido, titanio (-) 6+14,5kg, Sellante RL (26kg) 44kg, AC formico (25kg) 22kg+26k



En este proceso, se reingresa el cuero al bombo con estos diferentes materiales, repitiendo el proceso anterior de curtido. Transcurrido este proceso, se procede a escurrir los cueros durante 2 días, colgándolos.

### **6.3. Proceso de calibrado y rebajado del cuero**

En este proceso, se le da el espesor uniforme al cuero, para el fin el cual ha sido destinado ese cuero; en este proceso, es utilizada una maquina llamada rebajadora, que utiliza chuchillas para darle este acabado al cuero.

### **6.4. Recurtida**

Materiales: Agua al 200%, Borrón SAF 6kg 30', Rddar 5 escurrir, Agua 100%, Dióxido titanio 2,5kg 30', Liquarsoft 5x1 46kg 60'

En este proceso, se reingresa el cuero al bombo con estos diferentes materiales, repitiendo el proceso anterior de curtido. Transcurrido este proceso, se procede a escurrir los cueros durante 2 días, colgándolos.

### **6.5. Proceso de clavado**

En este proceso, el cuero es estirado y colgado en unas rejas especiales que soportan este cuero, en donde se deja secando el cuero para eliminar las imperfecciones que hay en ellos.

## **6.6. Hidratación**

Después del proceso de clavado, se reingresa el cuero al bombo con agua al 100%, esto para que el cuero se vuelva a hidratar, y poder continuar con el proceso de engrasado

## **6.7. Proceso de engrasado**

Materiales: Ácido fórmico 5,7kg 20', Acido formico 5,7kg 20', Eulinol KSp 3,5kg 30'

En este proceso, es en donde el cuero va a adquirir suavidad, brillo de pelo y llenado de falda. Luego, se procede a colgar los cueros para que estos sequen, después de secados, los cueros son sometidos a un proceso de paleteo para eliminar los residuos sólidos que adquiere el cuero durante el proceso de secado.

## **6.8. Acabados**

En este proceso, se observa y determina las imperfecciones que tenga el cuero, para así maquillar esas imperfecciones y después hacer un debido desorillado, que consiste en perfilar el cuero, lo cual se lleva a cabo con una cuchilla especial, luego de esto, se pesa y se mide el cuero para su debido almacenamiento, y posteriormente su empaclado y envío.

## **7. DIAGNOSTICO DEL SOPORTE DEL PROYECTO**

### **7.1. Planteamiento del problema**

Villapinzón y Chocontá albergan 120 curtiembres, cifra que los convierte en la segunda zona con mayor producción de cuero en el país, después del barrio San Benito en Bogotá, donde se concentran cerca de 300 (Barros)

El problema por abordar es que el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, estipula que este tipo de industrias deben generar un sistema para la devolución del agua, en condiciones estipuladas por la resolución No. 0631 del 17 de marzo del 2015, las industrias en desarrollo no cuentan con los recursos necesarios para sostener una planta de tratamiento de agua residual enfocada en curtiembres, opta por no realizar ningún tipo de tratamiento de agua antes de devolverla al río. Gran parte de los vertimientos de estas industrias, presentan pH no apto para su manipulación, además que presenta metales pesados que son utilizados en estos procesos.

Existen casos típicos de contaminación del agua a nivel nacional, como, por ejemplo, el que se lleva a cabo en la curtiembre dentro de la cuenca alta del río Bogotá, para iniciar el proceso de manejo del cuero que:

Está distribuida en el municipio de Villapinzón, siendo la concentración más alta del país de este sector y que ha generado un alto impacto ambiental sobre la cuenca debido a la misma naturaleza del proceso de producción; a pesar de

los esfuerzos de las autoridades ambientales por desarrollar y exigir el cumplimiento de la normatividad ambiental, la promoción del uso de tecnologías limpias y el seguimiento que desarrolla la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca se continua generando impactos significativos sobre el recurso hídrico superficial y subterráneo, el suelo, el aire y la salud de la población. (Romero & Bejarano, 2017, p.24).

Según las propias entidades locales, esta contaminación afecta a las cuencas cercanas al municipio, principalmente con agroquímicos, haciendo necesaria su intervención, para mejorar las condiciones de sostenibilidad necesaria dentro de esta industria; en la siguiente tabla, extraída de la página oficial de la alcaldía de Villapinzón, se observa el grado de intervención que se requiere en algunas cuencas aledañas al municipio

**Tabla 2. Intervención y grado de contaminación de algunas cuencas en Villapinzón**

<b>CUENCA</b>	<b>FUENTES TRIBUTARIAS</b>	<b>ESTADO ACTUAL</b>	<b>GRADO DE CONTAMINACIÓN</b>
RÍO BOGOTÁ		Alta intervención	Agroquímicos y curtiembres
Q. EL MOJÓN		Sólo en invierno	Por agroquímicos
Q. EL RAYO		Alta intervención	Por agroquímicos
	LAS PIÑUELAS	Alta intervención	Aguas domésticas y agroquímicos
	EL PERICO	Alta intervención	Por agroquímicos
Q. DE SONSA	ARRAYANES	Alta intervención	Por agroquímicos
	CHUSCAL	Falta cobertura vegetal	Por agroquímicos
Q. DE QUINCHA	EL MASATO	Bien conservada	Sin contaminación parte alta

Fuente: (Alcaldía de Villapinzón. - Cundinamarca, 2017)

Para dar algunas cifras, dentro del proyecto "Fomento a la actividad productiva artesanal en el departamento de Cundinamarca", que se realizó como parte del convenio interadministrativo SCDE-0018 de 2014 – ADC2014 – 276, entre Artesanías de Colombia S.A y la gobernación de Cundinamarca, se presenta un informe donde observan los

siguientes resultados del análisis de las pruebas obtenidas por la CAR en el año 2009 a las aguas de las curtimbres de Villapinzón.

**Tabla 3. Carga contaminante en aguas residuales de las curtimbres de Villapinzón 2009**

<b>CARGA POR m<sup>3</sup> DE AGUA</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>PROMEDIO</b>
Carga de cloruros	Kg Cl/m <sup>3</sup> agua	28,34
Carga de Cromo +3	Kg Cr <sup>+3</sup> /m <sup>3</sup> agua	0,82
Carga de SST	Kg de SST/m <sup>3</sup> agua	13,24
Carga de sulfuros	Kg de sulfuros/m <sup>3</sup> agua	14,89
Carga de N total	Kg de N/m <sup>3</sup> agua	2,32
Carga orgánica de DBO <sub>5</sub>	Kg de DBO <sub>5</sub> /m <sup>3</sup> agua	21,98

Fuente: IDEA & CAR, 2009 en (Moreno Silva, Informe final de ejecución del diagnóstico preliminar y de la formulación de una solución de tratamiento de aguas residuales para pequeños talleres artesanales de cuero en el municipio de Villa Pinzón, 2014)

**Tabla.4 Resultado análisis de agua por operación. En aguas residuales de las curtiembres de Villapinzón 2009**

PARAMETRO (MG/L)	REMOJO	PELAMBRE	DESENCALADO	CURTIDO
DBO 2009	3920	22100		
DBO 2008	10550	5145	3460	564
DQO 2009		27309	9120	4800
DQO 2008	13709	7351	4547	2038
Alcalinidad 2009		1200		
Alcalinidad 2008		5800		
SST 2009	2133	27167	2540	594
SST 2008	8833	4250	672	616
Cloruros 2009	37500			26000
Cloruros 2008	45000	15000		16500
Grasas y aceites 2009	52		982	20
Grasas y aceites 2008	71	15000	156	19
Sulfuros 2009		184	240	
Sulfuros 2008		2710	161,5	
NKT 2009	123	2423	770	
NKT 2008			162,4	
SAAM 2009	0.07	5.76		
SAAM 2008				
Cromo total 2009				1455
Cromo total 2008				2000

Fuente: IDEA & CAR, 2009 en (Moreno Silva, Informe final de ejecución del diagnóstico

preliminar y de la formulación de una solución de tratamiento de aguas residuales para pequeños talleres artesanales de cuero en el municipio de Villa Pinzón, 2014)

Esta alta contaminación, hace prioritario un tratamiento eficiente para lograr la reducción o eliminación de los contaminantes, utilizando plantas de tratamiento donde se implementen métodos químicos, como la dosificación de químicos floculantes, coagulantes y decolorantes, métodos físicos, como la decantación y la filtración, para lograr procesos de remoción de sólidos suspendidos y materia flotante, estabilización de material orgánico biodegradable, eliminación de partículas disueltas y eliminación de organismos patógenos.

## **7.2. Condiciones socioeconómicas**

En esta cuenca, se puede encontrar una de las mayores estructuras económicas del país, principalmente por el uso de sus recursos naturales; de igual forma, el desarrollo de la actividad agrícola, minera y procesos de transformación industrial como lo serían los procesos de las curtiembres.

## **7.3. Condiciones institucionales**

Un conflicto generalizado, que afecta a toda la región y, por tanto, no es susceptible de regionalizar, es la falta de manejo coordinado del territorio, lo cual tiene especial gravedad en ciertos ecosistemas con un alto grado de interdependencia sistémica, como es el caso de la sabana de Bogotá, donde, para el manejo ambiental, confluyen autoridades de diversa naturaleza y con distintos intereses, como el Distrito Capital, el departamento y dos



Corporaciones Autónomas Regionales (la CAR y Corpoguavio), además del propio Min ambiente para la planeación regional minera.

#### **7.4. Condiciones ambientales**

Entre otros, los principales problemas ambientales en esta cuenca se resumen en el avance de la frontera agrícola hacia zonas de páramo, la creciente demanda de agua para consumo humano y actividades socioeconómicas, lo cual ha limitado este recurso tanto en calidad como en cantidad, generando conflictos de manejo y aprovechamiento. La calidad del agua se ve afectada principalmente por el proceso erosivo del suelo, así como por los aportes de sedimentos y de desechos sólidos y líquidos que son vertidos sin ningún tipo de tratamiento a las fuentes hídricas.

En esta cuenca se han generado grados de erosión altos, sus causas se centran básicamente en la deforestación, talas, quemas, transformación del suelo, deficiencias en disponibilidad de agua, fenómenos de heladas, factores históricos de tenencia, baja rentabilidad en las condiciones económicas y tecnologías actuales de producción y aprovechamiento del suelo, lo que implica pérdida en las condiciones físico-químicas y productivas del suelo, agotamiento de la capa vegetal y contaminación tanto del recurso hídrico como del suelo y el aire. ([www.institutodeestudiosurbanos.info](http://www.institutodeestudiosurbanos.info))

### **7.5. Estructura hidráulica**

En todo su cauce, el río recibe las aguas de los ríos Sisga, Neusa, Tibitó, Negro, Teusacá, Chicú, Salitre o Juan Amarillo, Fucha, Tunjuelito, Balsillas y sus afluentes los ríos Subachoque y Bojacá, Calandamia y Apulo e innumerables quebradas como la Santa Marta, Golconda, Riolindo, La Puná, La Heyonda, Acuatá, Los Curos, Fuente Chucho, Tena y Chorros de Santa Lucia y los efluentes azufrados del cerro de Guacaná en Tocaima y demás escorrentías.

### **7.6. Demanda química de oxígeno (DQO)-NTC-3629**

La medición de la demanda química de oxígeno (DQO), se define como la cantidad especificada de un oxidante que reacciona con la muestra, bajo condiciones controladas. La cantidad de oxidante consumida, se expresa en términos de su equivalente de oxígeno. Debido a sus propiedades químicas únicas, el ion dicromato ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ).

Ambos componentes, orgánico e inorgánico de una muestra, están sujetos a la oxidación, pero en la mayoría de los casos, el componente orgánico predomina y es el de mayor interés, si se desea medir la DQO orgánica o inorgánica. El DQO se usa con frecuencia para medir contaminantes en aguas residuales y en aguas naturales. (Icontec, 2016)

### **7.7. Determinación de la turbiedad-NTC-4707**

La claridad del agua es importante en los productos destinados para consumo humano y, en muchas operaciones de fabricación. Los productores de bebidas, procesadores de alimentos y plantas de tratamiento de agua potable extraída de fuentes superficiales, generalmente confían en los procesos de separación de partículas fluidas, como sedimentación y filtración, para aumentar la claridad y asegurar que sus productos sean aceptables. La claridad de un cuerpo de agua natural es un determinante importante de su condición y productividad.

La turbiedad se determina lo más pronto posible después que se toma la muestra. Se agitan suavemente todas las muestras antes de examinarlas, para asegurar una medición representativa. No es práctico conservar las muestras, ya que el análisis se debe iniciar rápidamente. Si se requiere almacenamiento, se deben refrigerar o enfriar a 4 °C para minimizar la descomposición microbiológica de los sólidos. Para obtener mejores resultados se mide la turbiedad inmediatamente, sin alterar las condiciones originales de la muestra, como temperatura o pH. (Icontec, 1999)

### **7.8. Determinación del pH-NTC-3651**

La medición del pH es uno de los ensayos más importantes y frecuentes en la química del agua. Prácticamente todas las fases del suministro de agua y tratamiento de aguas residuales, por ejemplo, neutralización ácido-base, ablandamiento de aguas,

precipitación, coagulación, desinfección y control de corrosión, dependen del pH. El pH se utiliza en mediciones de alcalinidad y de dióxido de carbono, y en muchos otros equilibrios ácido-base. A una temperatura dada, la intensidad del carácter ácido o básico de una solución se indica por la actividad del ion hidrónico o el pH. El pH, como lo define Sorenson, es  $-\log [H^+]$ : este es el factor de "intensidad" de la acidez. (i) (Icontec, 2012)

### **7.9. Determinación de color-NTC-5844**

El color de las aguas superficiales y subterráneas es producido principalmente por la presencia de materia orgánica, particularmente materia húmica acuática. La materia húmica consiste en ácidos fúlvicos y húmicos; ambos causan un color pardo – amarillento. Los ácidos húmicos dan un color más intenso, y la presencia de hierro intensifica el color debido a la formación de humatos férricos solubles. Las partículas suspendidas, especialmente las partículas de tamaño coloidal tales como arcillas, algas, hierro y óxidos de manganeso, dan al agua una apariencia de color, las cuales deberían removerse antes de la medición.

El color también se remueve para hacer adecuada el agua para aplicaciones industriales. Las aguas residuales industriales coloreadas pueden requerir la remoción del color antes de la descarga en cursos de agua. (Icontec, 2011)

### **7.10. Determinación de la acidez y determinación de la alcalinidad-NTC-4803**

La acidez del agua es la capacidad cuantitativa de reaccionar con una base fuerte a un pH determinado. El valor medido puede variar significativamente según el punto final de

pH o el indicador utilizado en la determinación. La acidez es una medida de una propiedad agregada del agua y solamente se puede interpretar en términos de sustancias específicas cuando se conoce la composición química de la muestra. Los ácidos minerales fuertes, los ácidos débiles, como el carbónico y el acético, y las sales hidrolizables, como sulfatos de aluminio o hierro, pueden contribuir a la acidez, medida de acuerdo con el método de determinación.

El rango de acidez que se encuentra en las aguas residuales es tan amplio, que no se puede especificar un solo tamaño de muestra y normalidad de base utilizados como titulante. Para obtener una precisión volumétrica relativamente buena, se usa un volumen suficientemente grande de titulante (20 ml o más, de una bureta de 50 ml), mientras se mantiene el volumen de la muestra suficientemente pequeño para obtener puntos finales precisos. Para muestras cuya acidez sea menor que 1000 mg, como carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) /L, se selecciona un volumen con menos de 50 mg de  $\text{CaCO}_3$  de acidez equivalente, y se titula con hidróxido de sodio (NaOH) 0,02 N. Para acideces mayores que aproximadamente 1000 mg como  $\text{CaCO}_3$ /L, se usa una porción que contenga acidez equivalente a menos de 250 mg de  $\text{CaCO}_3$ , y se titula con NaOH 0,1 N. Si es necesario, se hace una titulación preliminar para determinar el tamaño óptimo de la muestra y/o la normalidad del titulante.

## 8. MATERIALES Y MÉTODOS USADOS PARA EL ESTUDIO

### 8.1. Medidor de pH

Un pH metro o medidor de Ph, es un instrumento científico que mide la actividad del ion hidrógeno en soluciones acuosas, indicando su grado de acidez o alcalinidad expresada como pH. El medidor de pH mide la diferencia de potencial eléctrico entre un electrodo de pH y un electrodo de referencia, esta diferencia de potencial eléctrico se relaciona con la acidez o el pH de la solución; el medidor de pH se utiliza en muchas aplicaciones que van desde la experimentación de laboratorio hasta control de calidad. (TP LABORATORIO QUIMICO, 2018)



Figura 2. pH metro Fuente: Autores

## 8.2. Test de jarras



*Figura 3.* Test de Jarras Fuente: Autores

En la prueba de jarras, se utilizan variaciones en la dosis del polímero o coagulante en cada jarra (generalmente 6 jarras), permitiendo la reducción de los coloides en suspensión y materia orgánica, a través del proceso de floculación; es decir, simula los procesos unitarios de coagulación, floculación y sedimentación, permitiendo además realizar el ajuste en el pH de cada muestra hasta llegar a los valores en los que la floculación alcanza sus mejores resultados.

Se utiliza este método cuando se requiere determinar la dosis óptima de coagulantes en plantas de tratamiento de agua potable y/o agua residual, especialmente cuando la calidad del agua fluctúa rápidamente; así como para establecer las dosis óptimas de polímero a ser utilizado en procesos de deshidratación de lodos.

Con este procedimiento se determinan las condiciones óptimas a pequeña escala, lo más representativas, con el objetivo de predecir el funcionamiento de una operación unitaria a gran escala. (Navarro, 2015)

### 8.3. Muestras de solución

Para la realización de las muestras de solución, se tomó en cuenta las siguientes combinaciones, en donde se describe el nombre de la sustancia y su referencia según el proveedor:

**Tabla 5. Combinaciones y referencias, muestras de solución**

<b>Número de combinación</b>	<b>Coagulante – N° Referencia</b>	<b>Floculante – N° Referencia</b>
Primera combinación	BDC0906	PA 0205
Segunda combinación	BDC09610T	PA 0205
Tercera combinación	BO9825	PA 0205
Cuarta combinación	DC906	PA 0205
Quinta combinación	I0705	PA 0205

Fuente: Autores



#### 8.4. Turbiedad

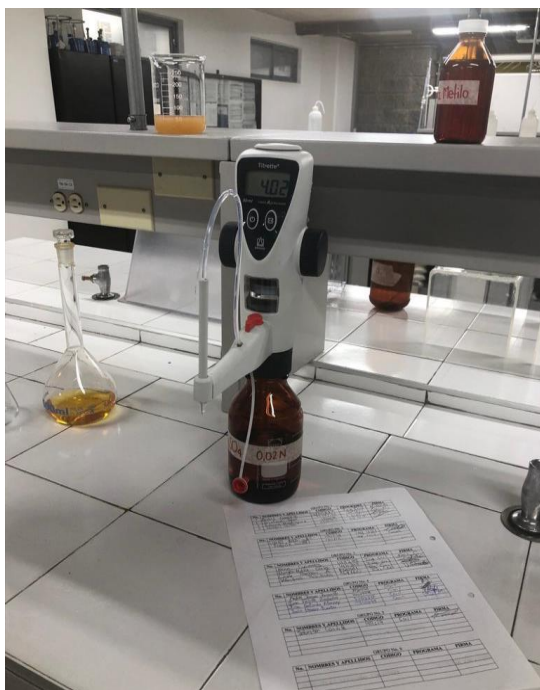
Instrumento que, a través del análisis óptico, determina la cantidad de sustancias en un líquido, se emplea en la medición de partículas en suspensión en un líquido o gas disuelto, tiene como principio de funcionamiento la detección de las partículas con una fuente de haz lumínico y un detector de luz fijado a 90 grados del haz original. Puede ser un instrumento portátil o fijo, también conocido como nefelómetro (del griego νεφέλη, nube, y μέτρον, medida), aunque puede haber diferencias entre los modelos de estos instrumentos, dependiendo del arreglo geométrico de la fuente luminosa con respecto a la fotocelda. (Mingot, 1988)



Figura 4. Turbiedad Fuente: Autor

### 8.5. Alcalinidad

La capacidad ácido neutralizante de una solución. La alcalinidad indica la cantidad de cambio que ocurrirá en el pH con la adición de cantidades moderadas de ácido.



*Figura 5.* Alcalinidad Fuente: Autor

### 8.6. Color

El color del agua se debe a la absorción selectiva de la luz. Cuando la luz atraviesa el agua, ésta absorbe del espectro electromagnético, las radiaciones correspondientes a la luz roja, y, por tanto, la luz que la atraviesa la vemos como azul. (Pradillo, 2014)



*Figura 6.* Color Fuente: Autor

### 8.7. Cromo

El Cromo (Cr) es un metal, número atómico 24, del grupo VIB de la tabla periódica, con peso molecular 51,996. Blanco plateado, brillante, duro y quebradizo, resistente a la corrosión (1); se encuentra en estados de oxidación +2, +3, +6. El estado hexavalente Cr (+6) el más importante toxicológicamente, lo presentan los cromatos, dicromatos y el ácido crómico (2). Es un oligoelemento presente en el organismo en forma trivalente Cr (+3), indispensable en el metabolismo de la glucosa, colesterol, ácidos grasos y cristalino, involucrado en otros múltiples procesos biológicos (3,4,10). Hombre y animales están expuestos al Cr por vía inhalatoria (aire, humo del tabaco), por la piel o por ingestión (productos agrícolas, agua). El mayor peligro profesional ha sido el procesamiento del metal de cromita para producir cromatos (Cr+6), se encontró que los trabajadores tenían una

frecuencia elevada de cáncer pulmonar (3,6), entre las ocupaciones a riesgo están: minería y trituración, preservación de madera, soldadura, fabricación de cemento, industria de pinturas, industria del cuero, industria fotográfica, industria galvánica, trabajadores de metales y producción de acero inoxidable (5,3).

Los procesos industriales, constituyen la primera fuente de emisión de Cr al ambiente. La combustión de Carbón y aceite aporta cerca de 1.723 toneladas métricas de Cr por año en emisiones atmosféricas, de este, 0,2 % es Cr (+6). En nuestro país existen numerosas industrias que manipulan compuestos de Cr, entre ellas las Curtiembres (3,7). Datos oficiales reportan para el país aproximadamente 800 curtiembres funcionando; el 60% se ubican en Bogotá y su sabana, y de estas, el 90 % en la localidad de Tunjuelito, principalmente en el barrio San Benito donde se concentra el 20 % de la actividad fabril de Tunjuelito (7). El río Tunjuelito recibe 138 vertimientos, con un promedio de 6,7 vertimientos por kilómetro, de la carga de metales pesados arrojada al río, un 79,81 % corresponde a Cr, 19,19 % zinc y el resto de los metales 1%. (8). Si bien se ha descrito la exposición a Cr como un riesgo preponderantemente ocupacional, se considera que los residentes en cercanías a los centros de producción podrían estar expuestos a niveles altos de Cr (3,4,5,10). (Cuberos, Rodríguez y Prieto, 2008) (Porrás, 2010)

### **8.8. Helecho (FILICOPSIDA):**

Las Filicopsida, son plantas vasculares que tienen diversas formas y crecen en diversos hábitats, desde epífitos o terrestres hasta acuáticos, carecen de flores y se

reproducen sexualmente por esporas. El esporofito varía de herbáceo a arborescente y consta de raíces verdaderas, tallos y hojas verdaderas dispuestas en espiral (frondas), que son simples o marcadamente compuestas. En la mayoría de los casos, el vástago o rizoma es subterráneo, o está en la superficie del suelo y, generalmente está protegido por una cubierta de escamas y/o pelos.

Las frondas suelen ser característicamente circundadas (es decir, enrolladas) cuando son jóvenes.

Las esporas son de una o más raramente de dos tipos diferentes; se producen en esporangios que se agregan en soros o se dispersan sobre la superficie inferior de la fronda. La posición, la forma, la estructura y el grado de protección de los senos son importantes en la identificación de los helechos. Las esporas producen un pequeño prótalo independiente que es delicado, y en su mayoría tiene menos de 1 cm de diámetro. Después de la fusión de los gametos producidos por los órganos sexuales en el prótalo, se desarrolla el esporofito independiente, o planta de helecho. (Wilson, s.f.) (Escobar, 2014)

## 9. RESULTADOS

### 9.1. Condiciones iniciales

Para este ensayo, se tomó una muestra inicial de una fabricación de curtientes, en los que se evaluaron los valores de turbiedad, color, alcalinidad y pH.

**Tabla 6. Muestra inicial**

<b>Muestra Inicial</b>	
<b>Color verdadero</b>	10 UPC
<b>Turbiedad</b>	1000 UTN
<b>Alcalinidad</b>	26,8 mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>DQO</b>	4200 mg/l O <sub>2</sub>
<b>PH</b>	5

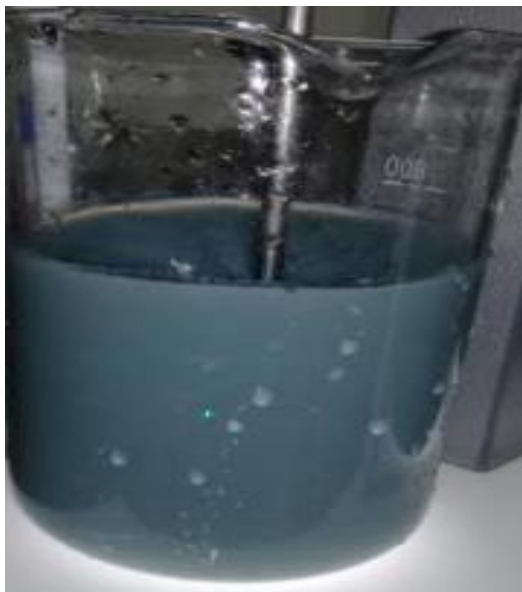
Los valores obtenidos en la muestra inicial no cumplen los criterios de la resolución 0631 del 17 de marzo de 2015 en el artículo 3, en la tabla de fabricación y manufactura de bienes, para la fabricación de artículos de curtido.

Se realizó el ensayo de 14 litros de una muestra RESIDUAL de aspecto semi-opaco y color azul, a continuación, la muestra inicial:



*Figura 7.* Muestra de apariencia del agua cruda, Fuente: Colquimicos.

Para el caso del pH, se realiza un ajuste con lechada de cal, para así permitir la mejor acción del sistema removedor de color y, de paso, pre acondicionar los lodos que resulten del proceso de separación físico – químico, para dejar el agua en 9-9,5.



*Figura 8.* Muestra de apariencia del agua después del ajuste de pH, Fuente: Colquimicos.

## **9.2. Determinación de la dosis óptima de coagulante**

Para estos ensayos, se tomaron muestras representativas de agua, de una fabricación de curtido que presentaron diversos valores de turbiedad, color, alcalinidad, demanda química de oxígeno y pH. Los ensayos fueron realizados con el floculante PA 0205, y se diseñaron teniendo en cuenta como factores principales el tipo de coagulante, siendo estos BDC0906, BDC09610T, BO9825, DC906 y I0705. Se dosifico respectivamente a 420,350,420,675 y 450 mg/l, teniendo presente las recomendaciones proporcionadas por Colquímicos.

Para evaluar la dosis óptima de coagulantes, se realizó el test de jarras para cada uno de coagulantes, y posteriormente los resultados:



**Tabla 7. Dosis coagulante y floculante en las Pruebas de Jarras**

	JARRA 1		JARRA 2		JARRA 3		JARRA 4		JARRA 5	
	Coagulante	Floculante	Coagulante	Floculante	Coagulante	Floculante	Coagulante	Floculante	Coagulante	Floculante
	BDC0906	PA 0205	BDC09610T	PA 0205	BO9825	PA 0205	DC906	PA 0205	IO705	PA 0205
V O L U M E N D E M U E S T R A	200ml	200ml	200ml	200ml	200ml	200ml	200ml	200ml	200ml	200ml
D O S I S M G / L	420	2.5	350	2.5	420	2.5	675	2.5	450	2.5

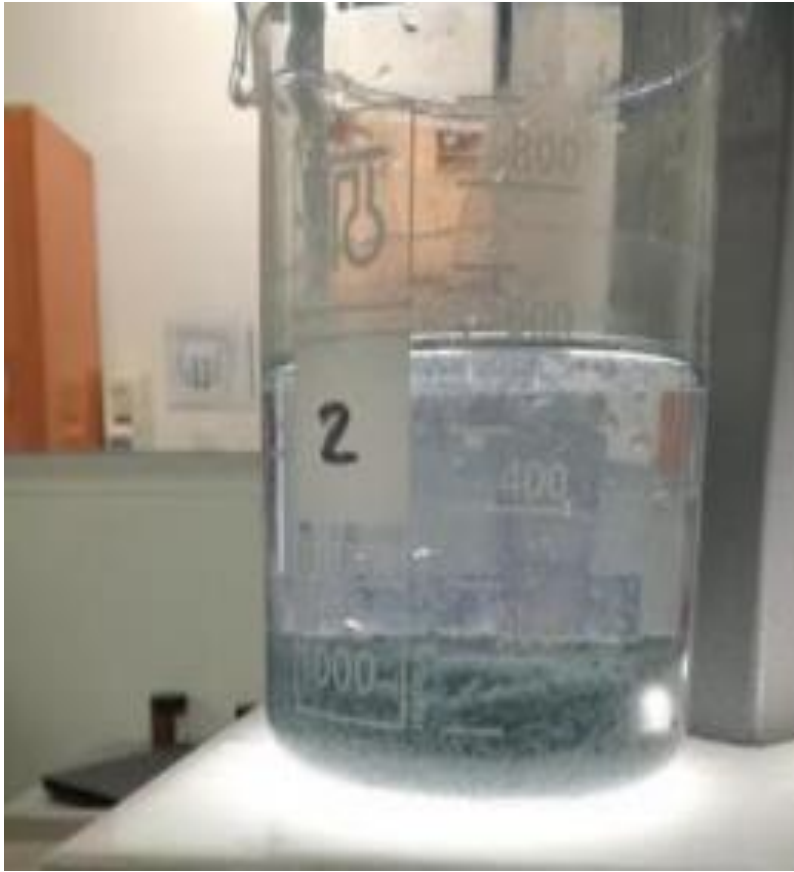
**Tabla 8. Test de Jarras, resultados.**

	JARRA 1		JARRA 2		JARRA 3		JARRA 4		JARRA 5	
	Coagulante	Floculante	Coagulante	Floculante	Coagulante	Floculante	Coagulante	Floculante	Coagulante	Floculante
	BDC0906	PA 0205	BDC09610T	PA 0205	BO9825	PA 0205	DC906	PA 0205	I0705	PA 0205
<b>VOLUMEN DE MUESTRA (ML)</b>	200		200		200		200		200	
<b>DOSIS</b>	420	2.5	350	2.5	420	2.5	675	2.5	450	2.5
<b>COLOR VERDADERO</b>	3		3.5		4		4		4.5	
<b>TURBIEDAD (UTN)</b>	8.6		3.43		11.26		5.01		4.81	
<b>TITULANTE ML</b>	0.87		0.39		1.62		0.39		1.82	
<b>ALCALINIDAD</b>	4.35		1.95		8.1		1.95		9.1	
<b>PH</b>	7.4		7.2		7.8		8		7.5	
<b>DQO</b>	845		754		1146		938		1232	

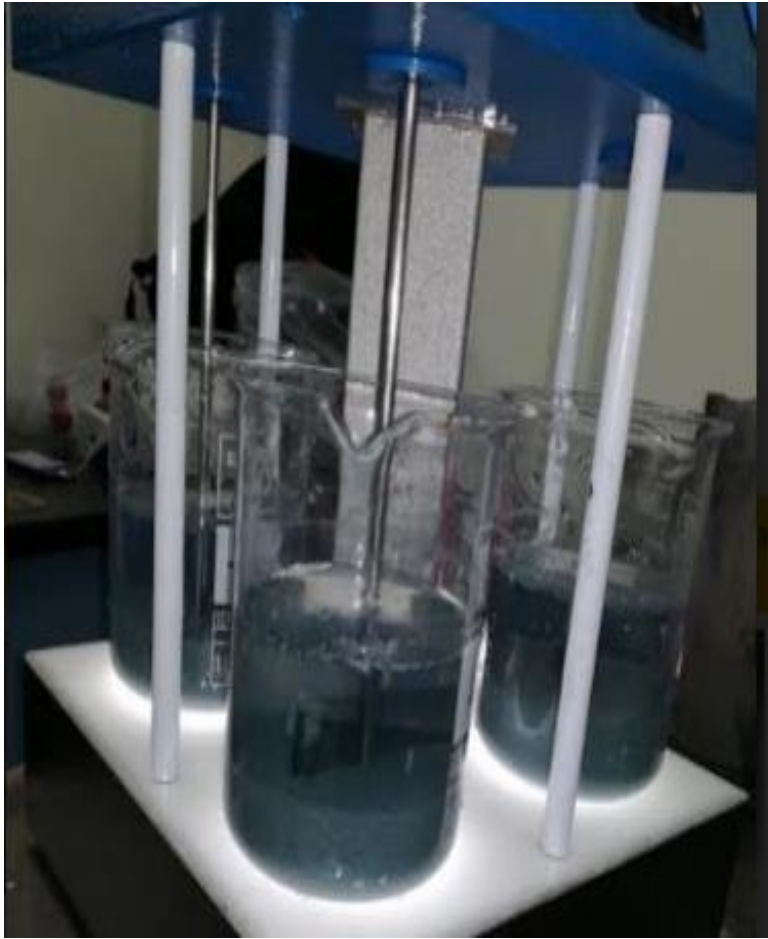
A continuación, el registro de las muestras con el respectivo efecto de los coagulantes:



*Figura 9.* Muestra de coagulante BDC0906, Fuente: Colquimicos.



*Figura 10.* Muestra 2, coagulante BDC09610T. Fuente: Colquimicos



*Figura 11.* Muestra 3 y 4, coagulante DC906 y I0705. Fuente: Colquimicos

Para el caso del pH, al aplicar diferentes dosis de coagulante a la muestra inicial, se observa que en el coagulante BDC0906, BDC09610T y el I0705, el pH es similar, y que en los coagulantes BO9825 y DC906 se presenta un aumento en los valores, sin embargo, se encuentran entre los valores según la resolución 0631 del 17 de marzo de 2015 en el artículo 3, que sea de un pH de 6-9, por ende la formulación del floculo no tomará mayor

tiempo, también se evidencia que el uso de estos coagulantes en las 5 jarras, respecto a la alcalinidad, se presentarían neutralización de las cargas de los coloides, ya que esta es baja.

En la turbiedad que se presenta para las 6 jarras, se evidencia que los valores son bajos al incluir los coagulantes, ya que los sólidos suspendidos serían mínimos y permitiría ver el agua con más transparencia.

### **9.3. Observaciones de los resultados de laboratorio**

Jarra 1. Agua azulada floc liviano. Escasas partículas finas

Jarra 2. Agua azulada con mediana remoción de color Floc grande y esponjoso algunos floc flotan

Jarra 3. Clarificado translúcido tono azulado. Escasa remoción de color. Partículas finas en suspensión

Jarra 4. Agua azulada floc liviano. partículas finas aparente exceso de dosificación.

Jarra 5. Agua azulada floc liviano. Presencia de partículas

Como resultado de este ensayo, se decide descartar COLQFLOC BDC 09825, dada la poca remoción de color, versus las otras opciones evaluadas; además, el producto bajó el pH del efluente y lo tornó de un color parecido a la muestra original; de igual manera, se decide descartar COLCOAG BO9825, pues aunque removió color, no se iguala a las jarras 1 y 2.

Finalmente, se decide evaluar la mezcla COLQCOAG BDC09610T en vez de COLQCOAG BDC0906, apostando a la sinergia entre los componentes de la formulación en la remoción de color y sólidos coloidales.

**Tabla 9. Test Jarra con coagulante BDC0906 y floculante PA 0205**

	<b>JARRA 1</b>		<b>JARRA 2</b>	
	<b>Coagulante</b>	<b>Floculante</b>	<b>Coagulante</b>	<b>Floculante</b>
	<b>BDC0906</b>	<b>PA 0205</b>	<b>BDC09610T</b>	<b>PA 0205</b>
<b>VOLUMEN DE MUESTRA (ML)</b>	200 ml		200 ml	
<b>DOSIS</b>	420 mg/l	2.5mg/l	350mg/l	2.5mg/l
<b>COLOR VERDADERO</b>	3 UTN		3.5 UTN	
<b>TURBIEDAD (UTN)</b>	8.6 UTN		3.43 UTN	
<b>TITULANTE ML</b>	0.87 ml		0.39 ml	
<b>ALCALINIDAD</b>	4.35 mg/l		1.95 mg/l	
<b>PH</b>	7.4 Unidades de pH		7.2 Unidades de pH	
<b>DQO</b>	845 mg/l O <sub>2</sub>		754 mg/l O <sub>2</sub>	

**Tabla 10. Muestra ideal coagulante BDC0906 y floculante PA 0205**

	<b>JARRA 2</b>	
	<b>Coagulante</b>	<b>Floculante</b>
	<b>BDC09610T</b>	<b>PA 0205</b>
<b>VOLUMEN DE MUESTRA (ML)</b>	200 ml	
<b>DOSIS</b>	350 mg/l	2.5 mg/l
<b>COLOR VERDADERO</b>	3.5 UTN	
<b>TURBIEDAD (UTN)</b>	3.43 UTN	
<b>TITULANTE ML</b>	0.39 ml	
<b>ALCALINIDAD</b>	1.95 mg/l	
<b>PH</b>	7.2 Unidades de pH	
<b>DQO</b>	754 mg/l O <sub>2</sub>	

En el test de la jarra 2, se seleccionó la muestra, dado que se evidencian mejores resultados en cuanto a la dosificación de 350 mg/l de coagulante, la cual es menor a las demás jarras del ensayo; además de mostrar resultados favorables en cuanto al nivel de alcalinidad, pH, demanda química de oxígeno; en cuanto a la turbiedad, hay un resultado de



3,43 UTN, donde el coagulante se podría disminuir, ya que se puede esperar una colisión entre coloides.

#### **9.4. Comparación con el filtro natural**

Después de realizar el tratamiento con el coagulante óptimo, se pasa la muestra por un filtro natural compuesto por tierra común y un helecho (*Filicopsida*), con el fin de ver si hay algún cambio significativo en la muestra.



*Figura 12.* Modelo físico. Fuente: Autor

**Tabla 11. Comparación de jarra 2 contra el filtro natural de helecho**

JARRA 2		HELECHO	
COLOR VERDADERO (UPC)	3.5 UPC	COLOR VERDADERO (UPC)	4.5 UPC
TURBIEDAD (UTN)	3.43 UTN	turbiedad (UTN)	17.7 UTN
TITULANTE ML	0.39 ml	TITULANTE ML	1.4 ml
ALCALINIDAD (CaCO <sub>3</sub> )	1.95 mg/l	Alcalinidad (CaCo3)	10.8 mg/l
pH	7.2 Unidades de pH	pH	6.9 Unidades de pH
DQO	754 mg/l O <sub>2</sub>	DQo	230 ml/l O <sub>2</sub>

Con la comparación realizada, se encuentra que con el uso del filtro natural, el pH se tiende a estabilizar a 7, en donde el mismo lo acerca a uno de tipo neutro (7), aunque la turbiedad y el color aumentan la descarga, se hace a un cuerpo de agua natural en la cual estos factores no afectan, ya que su aumento es proveniente de material orgánico utilizado por el filtro natural; en el caso del DQo, es el cambio más abrupto, ya que se reduce en un 70% del obtenido, lo que beneficia la demanda química de oxígeno, demostrando así que el filtro natural ayuda al tratamiento e incrementa la contribución ecológica de cada industria de curtiembre.

### **9.5. Análisis de resultados**

En cuanto a la evaluación de pH, se evidenció que en los coagulantes utilizados se presentan valores similares, y que estos son valores neutros, los cuales no afectara el vertimiento, sin embargo, es necesario el adicionamiento de lechada de cal antes del proceso de utilización de coagulante, ya que como se evidencia en los resultados de prueba de jarras, el pH disminuye.

Con respecto a la turbiedad se evidencia un incremento después de pasar la muestra por el filtro natural, ya que esta arrastra varias partículas de tierra.

Por lo que corresponde al DQO se evidencia un reducción del 70% a la muestra que sale del tratamiento primario, ayudando a disminuir la presencia de micro-organismos.

El sistema decolorante con el mejor resultado fue COLCOAG BDC09610T con dosis que varían entre 300 y 500 ppm.

## 10. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos, se puede concluir que de acuerdo con los procesos de lavado con agua para el curtido de pieles, se identificaron los procesos y las sustancias que componen la misma, dando valores exponencialmente variados y útiles para ser tratados de acuerdo con el propósito de nuestro trabajo.

Se generó una mezcla suficientemente óptima para el tratamiento de las aguas residuales, con ayuda de un filtro natural que estabiliza las sustancias que contaminan el agua, devolviendo al cuerpo acuífero de manera responsable.

El filtro natural escogido (Helecho Filicopsida), genera beneficios en la muestra de agua, ya que disminuye la demanda química de oxígeno, generando menos microorganismos en el agua y absorbiendo metales como cromo y bromo.

Se evidencia que el helecho a los 120 días comienza a deteriorarse, hasta el punto de morir, todo a razón del envenenamiento de los metales absorbidos en el proceso de filtración.

Ya que no se cuenta con el equipo necesario para realizar el estudio de remoción de metales se toma como referencia un estudio hecho en condiciones similares y “Según Martelo 2011, afirma que los metales también han sido objeto de remoción, encontrándose porcentajes de máxima remoción desde 85 % hasta 95 % para el hierro, cobre, zinc, cadmio y cromo”

Una ventaja de los resultados obtenidos es la reutilización del agua en el mismo proceso, y la generación del cultivo de plantas en la zona, dando beneficios económicos, al ahorrar agua y generar empleo.

Para el coagulante BDC09610T, se presenta una mejor eficiencia frente a la remoción de turbiedad y color de agua, lo que se debe a su mayor poder de coagulación y floculación. Tanto los valores de turbiedad residual como de color residual están dentro de los parámetros establecidos.

Para la distribución y accesibilidad del producto en la región, el más asequible es el ya nombrado coagulante BDC09610T, ya que se encuentra cerca a la plata Curti Norte.

## 11. REFERENCIAS

Alcaldía de Villapinzón. (2017). *Nuestro Municipio, Información general*. Recuperado de [www.villapinzon-cundinamarca.gov.co](http://www.villapinzon-cundinamarca.gov.co): [http://www.villapinzon-cundinamarca.gov.co/informacion\\_general.shtml](http://www.villapinzon-cundinamarca.gov.co/informacion_general.shtml)

American public health association; American water works association; water environment federation. (2012). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 22nd Edition. Washington (USA). Chemical Oxygen Demand, (COD). 6 p. (SM 5220).

American public health association; American water works association; water environment federation. (2012). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 22nd Edition. Washington (USA). Quality Assurance/Quality Control. 5p. (SM 5020).

Bates, R. Concept and Determination of pH. In Kolthoff, I. & Elving, P. *Treatise on Analytical Chemistry*. (1978). New York: Wiley - Interscience. 1(1) 821

Cabero, J. (2015). *Proceso de desalación de agua de mar mediante un sistema de osmosis inversa de muy alta conversión en tres etapas con recirculación de permeado y doble sistema de recuperación de energía*. Universidad del país Vasco, Escuela técnica superior de ingeniería. Bilbao: Euskal Herriko Unibertsitatea.

Canon, J. (1998). *Caracterización Hidrológica de la Cuenca Alta del Río Bogotá (sector de Villapinzón)*. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería. Bogotá D.C.

CAR. (2016). *Boletín de Calidad Hídrica 2015, Informe de Seguimiento al Cumplimiento de los Objetivos de Calidad para las nueve Cuencas de Segundo Orden de la Jurisdicción CAR*. Bogotá D.C.: Dirección de Monitoreo, Modelamiento y Laboratorio Ambiental. Recuperado de <https://www.car.gov.co/uploads/files/5ade48c692cd7.pdf>

Concejo de Bogotá. (2006). Proyecto de Acuerdo 516 De 2006. Recuperado de <http://www.bogotajuridica.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=22308>

Consejo Nacional de Política Económica y Social República de Colombia. (2004). Estrategia para el manejo ambiental del río Bogotá. Recuperado de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/CONPES/Econ%C3%B3micos/3320.pdf>

Corredor, J. (2006). El residuo líquido de las curtiembres, estudio de caso: cuenca alta del río Bogotá. (U. M. Colombia, Ed.). *Ciencia E Ingeniería Neogranadina*, 16(2), 14-28.

Departamento Nacional de Planeación. (2004). *Estrategia para el manejo ambiental del río Bogotá*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá D.C.

Durst, R. (1975). *Standard Reference Materials: Standardization of pH Measurements*. Washington, D.C. NBS Spec. Publ. 260 - 53, National Bur. Standards,

Kitchenham, B. (2004). *Procedures for Performing Systematic Reviews*. Keele University Technical Report.

Licht, T. & De Bethune, A. (1957). Recent Developments Concerning the Signs of Electrode Potentials.

Paz, A. & Latam, M. (2018). Pelea territorial, cada vez los humanos se enfrentan más al oso andino, el jaguar y el tiburón. *Sostenibilidad.semana*. Recuperado de

<https://sostenibilidad.semana.com/medio-ambiente/articulo/pelea-territorial-cada-vez-los-humanos-se-enfrentan-mas-al-oso-andino-el-jaguar-y-el-tiburon/42311>

Porras, A. (2010). Description of chrome toxicity from the tannery industry and possible ways of removing it. *Revista Ingeniería Universidades de Medellín* 9(17)

Secretaría de Hacienda. (s.f.). Condiciones institucionales. Recuperado de

<https://www.institutodeestudiosurbanos.info/endatos/0100/0110/0112-hidro/0112115.htm>

Secretaría de Hacienda. (s.f.). Conciciones ambientales. Recuperado de

<https://www.institutodeestudiosurbanos.info/endatos/0100/0110/0112-hidro/0112116.htm>

Sorenson, S. (1909). Über die Messung und die Bedeutung der Wasserstoff ionen Konzentration bei Enzmatishen Prozessen.

Suárez, A., Agudelo, R., González, G. y Ramos, Y. (2014). *Tratamiento de agua residual procedente de la industria de curtiembres mediante humedales subsuperficiales usando zantedeschia aethiopica*. Bogotá, 11(1), 211-224.

Toda Colombia. (2019). Hidrografía Departamento de Cundinamarca. Recuperado de

<https://www.todacolombia.com/departamentos-decolombia/cundinamarca/hidrografia.html>



