

**Curtiembres en la localidad de san Benito, Bogotá; identificación de alternativas para  
reducción de impactos ambientales, generados por sus vertimientos.**

**Julieth Estefania Vega**

**Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD**

**CEAD José Acevedo Y Gómez – ECAPMA**

**Ingeniería ambiental**

**Bogotá D.C**

**2020**

**Curtiembres en la localidad de san Benito, Bogotá; identificación de alternativas para  
reducción de impactos ambientales, generados por sus vertimientos.**

**Presentado por:**

**Julieth Estefania Vega**

**Trabajo en modalidad de monografía. De la línea de gestión y manejo ambiental y  
biotecnología. Presentado como requisito para optar al título de ingeniera ambiental.**

**Director:**

**Msc. Victor Fabian Forero Ausique**

**Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD**

**CEAD José Acevedo Y Gómez – ECAPMA**

**Ingeniería ambiental**

**Bogotá D.C**

**2020**

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

**Firma del director**

---

**Firma del jurado.**

**Bogotá D.C 2020**

## **Agradecimientos**

Agradezco a mi madre, por su confianza, esperanza y apoyo en mi formación académica y personal, a mi familia por siempre confiar en que lo lograría y a mi alma mater por enseñarme valores éticos y profesionales.

## Tabla De Contenido

Resumen.....	8
Introducción .....	10
Objetivos .....	13
Objetivo general.....	13
Objetivos específicos .....	13
Marco Teórico.....	14
Marco conceptual.....	14
Marco legislativo .....	19
Justificación .....	22
Descripción De Procesos En Las Curtiembres.....	25
Riberia.....	25
Curtido .....	27
Acabado .....	28
Valoración De Impactos Ambientales Generados Por Las Curtiembres .....	30
Alternativas para reducción de impactos negativos, causado por vertimientos de las curtiembres en san Benito.....	38
Tratamientos al final de tubo: .....	39
PTAR Canoas: .....	40
Reutilización del cromo: .....	41
Curtido con alto agotamiento de cromo: .....	44
Curtido vegetal:.....	46
Producción más limpia.....	47
Conclusiones .....	52
Referencias.....	54
Anexos .....	64
Anexo 1 .....	64

## Índice De Tablas

Tabla 1. Etapas del proceso de curtido, susceptibles de producir impacto .....	31
Tabla 2. Aspectos Ambientales.....	32
Tabla 3. Matriz De Identificación, Evaluación Y Control De Aspectos E Impactos Ambientales.....	35
Tabla 4. Categorización ambiental de la actividad. ....	37
Tabla 5. Comparación de curtido convencional vs curtido con alto agotamiento de Cromo.....	45
Tabla 6. Alternativas de PML en cada etapa del proceso .....	49
Tabla 7. Comparación de alternativas.....	51

## Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Proceso de curtido y acabado del cuero .....	29
Ilustración 2. Planta requerida para el proceso de recuperación de cromo .....	43

## Resumen

El cuero ha tenido un papel importante para el ser humano, al ser utilizado como abrigo con pieles de animales, y con los años tomó fuerza al ser aprovechado para varios productos de marroquinería; es por ello que aunque estamos en una época de grandes avances tecnológicos, de utilización y aprovechamiento de diferentes recursos, el cuero sigue siendo utilizado a gran escala por la industrias de confección de calzado, muebles, ropa y demás accesorios. En la ciudad de Bogotá, las curtiembres toman fuerza en la localidad de Tunjuelito, donde según el Plan ambiental local 2017 -2020 operan más de 400 curtiembres, por lo cual el control de parámetros de calidad de sus vertimientos ha sido de gran importancia para la calidad del agua de la cuenca del rio Tunjuelito.

En este documento se muestra el papel que tiene la industria curtidora en la contaminación a las fuentes hídricas, y principalmente las alternativas que se pueden implementar para la reducción de dichos impactos a nivel general en cada una de la empresas y detalladamente en algunos de los procesos que más generan vertimientos.

Para lograr mostrar los impactos generados, se realizó la evaluación ambiental de cada uno de las etapas de curtido, y en esta se identificaron los agentes químicos u orgánicos que son vertidos a los alcantarillados y posteriormente a las fuentes hídricas de la ciudad, por el tratamiento que se da para convertir las pieles en cuero.

Luego de la evaluación ambiental, se logró verificar en que etapas del proceso de curtido se generan vertimientos y se pudo establecer que la etapa de curtido es la que más impacto negativo tiene sobre las fuentes hídricas a causa del cromo utilizado para dar ciertas características a la piel; a partir de esto se muestran las alternativas para la mitigación y /o

reducción de dicho impacto entre las que se pueden encontrar los tratamientos de agua residual, el remplazo del cromo por taninos vegetales, el alto agotamiento del cromo, y la producción más limpia.

## Introducción

Dada la importancia del cuidado al medio ambiente, y principalmente a las fuentes hídricas, se evidencian actividades de origen antropogénico, que afectan gravemente los recursos naturales (UNAD 2017). La contaminación por vertimientos industriales fue evaluada en el año 2006 por la Secretaría Distrital de Ambiente y la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, donde se determinó que la presencia de algunos contaminantes del río Bogotá, está asociada a vertimientos industriales (SDP 2014). En el presente documento se describen los procesos llevados a cabo en las curtiembres, específicamente en la localidad de Tunjuelito en Bogotá, donde se establecen los tratamientos más eficientes para disminuir y mitigar los impactos ambientales causados a las fuentes hídricas a causa de los procesos productivos, que dejan vertimientos con sustancias contaminantes como: sal, sulfuro de sodio, cromo y materia orgánica (CAR 2017).

El curtido, es el proceso mediante el cual se transforman pieles de animales para convertirlas en el material llamado cuero, el cual debe cumplir con algunas características específicas de calidad y belleza, las pieles que se utilizan convencionalmente en estos procesos son las de bovino, porcino y ovino (Ministerio 2013).

El sector industrial es responsable de altos consumos de recursos y de energía, que hacen insostenible ecológicamente los procesos que intervienen en las actividades industriales, por lo tanto ha aumentado el interés de las empresas en adquirir conocimientos para hacer más eficiente el consumo de cada uno de los recursos y materias primas utilizadas en sus procesos, teniendo en cuenta que con los tratados y acuerdos ambientales se evidencia la preocupación por que las empresas prioricen la gestión ambiental (UTP 2013)

Los residuos generados por las curtiembres ubicadas en el barrio San Benito de la ciudad de Bogotá, son vertidos a los alcantarillados, sin algún tratamiento que remueva la materia orgánica ni los residuos de los químicos utilizados en los procesos de curtido y pelambre; lo que contamina con dichas sustancias la fuente hídrica que recibe la descarga, en este caso el río Tunjuelito.

La cantidad de curtiembres en la localidad de Tunjuelito, representa una preocupación alta para la calidad de la cuenca hídrica del río Tunjuelito y la red de alcantarillado público, pues todos los vertimientos de dichas industrias son dispuestos allí; la preocupación toma fuerza en el año 2018 cuando la secretaría distrital de ambiente tuvo que sellar 50 curtiembres en la localidad, por incumplir con los permisos de vertimiento requeridos por la CAR autoridad ambiental que rige en la región (Alcaldía 2018).

Para adentrarse en la problemática causada a las fuentes hídricas por los vertimientos de los procesos industriales de las curtiembres, fue necesario realizar una revisión bibliográfica que ampliara la información a cerca de cada uno de los procesos llevados a cabo, y de las sustancias utilizadas que puedan llegar a generar impactos en las fuentes hídricas.

Con lo anterior se busca identificar las alternativas más eficientes para mitigar el impacto ambiental causado por el vertimiento de las curtiembres de San Benito, y también mostrar los beneficios que estas medidas pueden tener para el medio ambiente y para las mismas industrias, es importante tener en cuenta, que el tipo de industrias en esta localidad, no son grandes compañías, por lo que las medidas a adoptar se deben revisar cuidadosamente, para que en realidad puedan implementarse en los procesos que llevan a cabo en las curtiembres; una de las alternativas más eficientes es la implementación de plantas de tratamiento de aguas residuales, sin embargo para las curtiembres en San Benito se identifica que por lo menos el

80% de las curtiembres no cuentan con PTAR (Salazar M, 2013) es posible que por su costo de implementación; entonces individualmente cada empresa podría empezar con planes de producción más limpia, que restan costos de materias primas y energía, además de reducir la cantidad de residuos (sólidos y líquidos), teniendo en cuenta que su aplicación pretende tener un control de calidad eficiente en cada uno de los procesos, disminuyendo el impacto negativo al medio ambiente (Salazar M, 2013).

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Proponer alternativas eficientes para el tratamiento de los vertimientos provenientes de las curtiembres en San Benito.

### **Objetivos específicos**

Realizar análisis de las alternativas, para el tratamiento de vertimientos generados por actividades de curtido, en el área de estudio.

Identificar los impactos ambientales negativos ocasionados al río Tunjuelito, que causan los vertimientos de las curtiembres, mediante una evaluación de impacto ambiental.

## Marco Teórico

### Marco conceptual

**Acabado en húmedo:** Confiere las características de suavidad, color y tacto que son requeridos para cada tipo de cuero, de acuerdo con los requisitos del producto final (SDA, 2015).

**Acabado en seco:** Otorga al cuero el aspecto final de color y brillo y permite controlar posibles imperfecciones del producto (SDA, 2015).

**Aspecto Ambiental:** Elemento de las actividades, productos o servicios de una organización, que interactúa o puede interactuar con el medio ambiente; un aspecto ambiental puede causar uno o varios impactos ambientales (NTC 2015).

**Barrio San Benito, Bogotá:** Durante los años 30 y 40 del siglo pasado, campesinos establecieron las primeras colonias rurales alrededor del río Tunjuelito, cerca de lo que por ese entonces se conocía como la ciudad. La mayoría de ellos, que provenía de la parte norte de Cundinamarca, especialmente de Villapinzón, fundó curtiembres artesanales. Era más rentable trabajar el cuero en el río, a pocos kilómetros de Bogotá (El Espectador 2013).

Esas colonias rurales fueron absorbidas por la capital y, así, San Benito llegó a formarse como barrio. Las familias se fueron urbanizando. Con la ciudad, la demanda de cuero se hizo más grande y para la década de los 70 ya se empezaban a ver las primeras curtiembres tecnificadas (El Espectador 2013)

La industrialización y el crecimiento demográfico fueron, poco a poco, generando un problema ambiental y social. El cromo y otros sedimentos estaban siendo vertidos en el río Tunjuelito. El barrio, en su totalidad, fue identificado por las autoridades ambientales como un generador de externalidades ambientales negativas sobre los cuerpos de agua y de un volumen

significativo de residuos sólidos orgánicos, según cuenta Milton Rengifo, subsecretario distrital de Ambiente. (El Espectador 2013)

Cuando en 1974 el Código de Recursos Naturales se refirió por primera vez a los vertimientos y cuidados de los ríos, en el barrio no había mucha conciencia ambiental, ni existían controles sobre las industrias, que, casi en su totalidad, estaban en la informalidad. Formalmente, las autoridades inspeccionaron casi 20 años después, cuando ya estaban en vigor la Ley 99 de 1993, que organiza el Sistema Nacional Ambiental, y la Ley 142 de 1994, de servicios públicos (El Espectador 2013)

**Calidad del agua:** aquellas condiciones que deben darse en el agua para que ésta mantenga un ecosistema equilibrado y cumpla unos determinados objetivos de calidad y está definida por las características físicas, químicas, biológicas y ecológicas. (IDEAM 2014)

**Carga contaminante:** Es el producto de la concentración másica promedio de una sustancia por el caudal volumétrico promedio del líquido que la contiene determinado en el mismo sitio; en un vertimiento se expresa en kilogramos por día (kg/d) (ANLA s.f.).

**Cuenca:** Área de aguas superficiales o subterráneas, que vierten a una red hidrográfica natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor y a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente al mar (CAR, s.f.).

**Curtido:** El curtido es el proceso de transformación de pieles de animales en cuero, como resultado de la estabilización de las fibras de colágeno de la piel con agentes curtientes, mediante la formación de complejos tipo quelatos. Este proceso se lleva a cabo con el fin de evitar su descomposición y facilitar su uso para la fabricación de productos de calzado, marroquinería, talabartería, tapizados, entre otros (SDA, 2015).

**Desarenador:** Cámara diseñada para permitir la separación gravitacional de sólidos minerales (arena) RAS).

En los cuatro niveles de complejidad deben emplearse desarenadores cuando sea necesario cumplir con lo siguiente : • Protección de equipos mecánicos contra la abrasión • Reducción de la formación de depósitos pesados en tuberías, conductos y canales • Reducción la frecuencia de limpieza de la arena acumulada en tanques de sedimentación primaria y digestores de lodos. • Minimización de pérdida de volumen en tanques de tratamiento biológico. • Antes de las centrífugas, intercambiadores de calor y bombas de diafragma de alta presión (RAS 2000).

**Impacto ambiental:** Cualquier cambio en el medio ambiente, ya sea adverso o beneficioso, como resultado total o parcial de los aspectos ambientales de una organización (SDA 2012).

**Lodos activados:** El proceso de lodos activados y sus varias modificaciones pueden ser empleados para conseguir varios grados de remoción de sólidos suspendidos y reducción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno de cinco días (DBO<sub>5</sub>). La selección del proceso de lodos activados más adecuado depende del tamaño de la planta propuesta, los tipos de aguas residuales por tratar, el grado anticipado de operación y mantenimiento, y los costos de operación. Todo diseño debe proveer flexibilidad en la operación (RAS 2000).

**Norma de vertimiento:** Conjunto de parámetros y valores que debe cumplir el vertimiento en el momento de la descarga (ANLA s.f.).

**Pieles frescas:** Cuando el tiempo entre el sacrificio del animal y el procesamiento de las pieles es corto, el curtido se puede iniciar sin ningún pretratamiento (SDA, 2015).

**Pieles saladas:** Las pieles son saladas para preservarlas y almacenarlas por tiempo prolongado e impedir la aparición de microorganismos que conllevan a su putrefacción. La preservación se

realiza principalmente por inmersión en salmuera o adición de sal común (SDA, 2015).

**Recurso hídrico:** Aguas superficiales, subterráneas, meteóricas y marinas (ANLA s.f.).

**PTAR:** Una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales-PTAR es el conjunto de obras, instalaciones y procesos para tratar las aguas residuales, con material disuelto y en suspensión usadas por una comunidad o industrial (CAR s.f.).

**Rejillas:** Las rejillas deben colocarse aguas arriba de las estaciones de bombeo o de cualquier dispositivo de tratamiento subsecuente que sea susceptible de obstruirse por el material grueso que trae el agua residual sin tratar. El canal de aproximación a la rejilla debe ser diseñado para prevenir la acumulación de arena u otro material pesado aguas arriba de está (RAS 2000).

**Ribera:** Prepara la piel para ser curtida (sea fresca o salada), se limpia y acondiciona, hasta que es dividida en dos capas. Las operaciones unitarias en la etapa de ribera son: Pre – descarne, Remojo, Pelambre y encalado, Descarne y por último el dividido (SDA, 2015).

**Sedimentación:** El objeto de este tratamiento es básicamente la remoción de los sólidos suspendidos y DBO en las aguas residuales, mediante el proceso físico de asentamiento en tanques de sedimentación. Se recomienda utilizar el método de laboratorio por tandas para estimar la tasa de desbordamiento superficial necesaria, el tiempo de retención o profundidad del tanque y el porcentaje de remoción de sólidos suspendidos. Este método puede encontrarse en la norma colombiana o internacional vigente. Deben utilizarse las gráficas de porcentaje de remoción de DBO y sólidos suspendidos como función de la tasa de desbordamiento superficial y del tipo de clarificador que se tenga (circular o rectangular). En los casos que el ingeniero considere necesario, se pueden adicionar coagulantes para incrementar la eficiencia de remoción de fósforo, sólidos suspendidos y DBO (RAS 2000)

**Trampas de grasa:** Las trampas de grasa son una estructura hidráulica que nos permite separar las grasas y algunos flotantes de las aguas residuales y que no es usual en los sistemas de alcantarillado convencionales debido a su no reglamentación exceptuando las descargas de algunas empresas e instituciones (Unisalle 2010).

**Vertimiento:** Descarga final a un cuerpo de agua, a un alcantarillado o al suelo, de elementos, sustancias o compuestos contenidos en un medio líquido (ANLA s.f.).

**Vertimiento puntual:** El que se realiza a partir de un medio de conducción, del cual se puede precisar el punto exacto de descarga al cuerpo de agua, al alcantarillado o al suelo (ANLA s.f.).

## Marco legislativo

<i>Norma</i>	<i>Descripción</i>
<b>Constitución Política de la República de Colombia</b>	En esta constitución se establecen los estatutos generales de la nación, con respecto al medio en el Artículo 79, dicta que todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano, la ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines (Const. 1991).
	En el Artículo 80 dicta que el estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados (Const. 1991).
<b>Ley 09 de 1979</b>	Por la cual se dictan Medidas Sanitarias (Alcaldía s.f.)
<b>Ley 373 de 1997</b>	Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua (minambiente s.f.)
<b>Ley 99 de 1993</b>	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones (Alcaldía s.f.)
	o En el artículo 31, se establece la función del ministerio para evaluación control, y seguimiento de vertimientos, indicado así: “Ejercer las funciones de evaluación, control y seguimiento ambiental de los usos del agua, el suelo, el aire y los demás recursos naturales renovables, lo cual comprenderá el vertimiento, emisión o incorporación de sustancias o residuos líquidos, sólidos y gaseosos, a las aguas a cualquiera de sus formas, al aire o a los suelos, así como los vertimientos o emisiones que puedan causar daño o poner en peligro el normal desarrollo sostenible de los recursos naturales renovables o impedir u obstaculizar su empleo para otros usos. Estas funciones comprenden la expedición de las respectivas licencias ambientales, permisos, concesiones, autorizaciones y salvoconductos” (Alcaldía s.f.).
<b>Ley 1259 De 2008</b>	Congreso De La República: Por medio de la cual se instaura en el territorio nacional la aplicación del comparendo ambiental a los infractores de las normas de aseo, limpieza y recolección de

	escombros; y se dictan otras disposiciones. (Alcaldía s.f.)
<b>Decreto 2811 de 1974 Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente</b>	En este código se muestran las causales de suspensión temporal o se declarar la caducidad de una concesión de aprovechamiento de aguas para uso industrial, conforme al procedimiento previsto por el artículo 250 de este decreto, si vencido el plazo señalado no se ha construido y puesto en servicio el sistema de tratamiento de aguas residuales para verterlas en las condiciones y calidades exigidas en la providencia que otorga el permiso de vertimiento (CVC s.f.).
<b>Decreto 4741 de 2005</b>	por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral (Alcaldía 2005)
<b>Decreto 1299 de 2008</b>	Por el cual se reglamenta el departamento de gestión ambiental de las empresas a nivel industrial y se dictan otras disposiciones (Minambiente 2008).
<b>Decreto 3039 de 2010</b>	Se decretan parcialmente títulos de la ley 9 de 1979 y capítulos del decreto 2811 de 1974, en cuanto a usos del agua y residuos líquidos, además de otras disposiciones (Minambiente 2010).
<b>Decreto 1076 de 2015</b>	Compila las disposiciones generales del sector ambiente. Señala la obligatoriedad del permiso de vertimiento y prohíbe verter sin tratamiento residuos sólidos, líquidos y gaseosos que puedan contaminar las aguas, además de establecer los requerimientos de la obtención de permisos (Alcaldía 2015). El capítulo 2, reglamenta las normas relacionadas con el recurso hídrico, en cuanto a uso y aprovechamiento. (Alcaldía 2015).
<b>Decreto 050 de 2018</b>	Modifica parcialmente el Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible en relación con el permiso, los requisitos y el estudio de la solicitud de vertimiento así como su evaluación ambiental y otras disposiciones (Alcaldía 2018).
<b>Resolución 1074 de 1997</b>	Por el que se establecen estándares ambientales en materia de vertimientos.
<b>Resolución 1023 de 2005</b>	Por la cual se adoptan las guías ambientales como instrumento de autocontrol y autorregulación (Minambiente 2005)
<b>Resolución 3956 de 2009</b>	Por el cual se establece la norma técnica, para el control y manejo de los vertimientos realizados al recurso hídrico en el perímetro del Distrito Capital; fija los índices, factores, concentraciones o estándares máximos para su vertido. (Alcaldía 2009)
<b>Resolución 3957 de 2009</b>	Por la cual se establece la norma técnica, para el control y manejo de los vertimientos realizados a la red de alcantarillado público en el

	Distrito Capital (Alcaldía 2009)
<b>Resolución 0631 de 2015</b>	Por la cual se establecen 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 (Minambiente 2015)
<b>Política nacional para la gestión integral del recurso hídrico en Colombia.</b>	Establece los objetivos, estrategias, metas, indicadores y líneas de acción estratégica para el manejo del recurso hídrico en el país, en un horizonte de 12 años (Minambiente 2010)
<b>Política Ambiental para la Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos</b>	Busca prevenir la generación de los Respel y promover el manejo ambientalmente adecuado de los que se generen, con el fin de minimizar los riesgos sobre la salud humana y el ambiente contribuyendo al desarrollo sostenible (Minambiente 2005)
<b>Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos – PSMV</b>	Es un instrumento de manejo ambiental aprobado por la CAR, que contempla el conjunto de programas, proyectos y actividades, con sus respectivos cronogramas e inversiones necesarias para avanzar en el saneamiento y tratamiento de los vertimientos, incluyendo la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de las aguas residuales descargadas al sistema público de alcantarillado, tanto sanitario como pluvial.(CAR s.f.).

## **Justificación**

Los sistemas hídricos son de gran importancia para todas las formas de vida en el planeta, no solo para su consumo, si no para el funcionamiento de todos los ecosistemas, es por ello que para la conservación de estos sistemas, son necesarias acciones constantes y eficientes.

En las industrias curtidoras, los procesos más importantes para convertir la piel en cuero, se efectúan sobre medios acuosos; cada operación unitaria del proceso va generando residuos líquidos con distintas concentraciones de elementos o sustancias que puedan generar impactos negativos (UDFJC, 2010); lo anterior implica que no solo en los procesos de lavado de pieles y acabado se generan vertimientos, si no que en todos los procesos desde la recepción de la piel hasta el recurtido y engrase, se vierten sustancias químicas y orgánicas a las redes de alcantarillado. Los procesos en los que se generan vertimientos con mayores cargas contaminantes son los de pelambre y curtido, ya que se elimina pelo, grasas y demás elementos estructurales (UNAL 2018).

El río Bogotá, quizá la fuente hídrica de mayor importancia para el distrito, se ve afectada por los vertimientos de curtiembres desde su cuenca alta, dado que en el distrito capital y algunos municipios aledaños a la cuenca del río, sus habitantes viven de este oficio y realizan prácticas inadecuadas que recaen en la contaminación a esta fuente hídrica, principalmente se llevan a cabo prácticas inadecuadas por falta de capacitaciones, conocimiento preciso de la actividad y por la dificultad económica en el acceso a tecnología (Andes 2018).

La necesidad de proponer alternativas que permitan la remoción parcial de las sustancias contaminantes, que dejan como consecuencia algunos procesos industriales durante el procesamiento del cuero, se hace cada vez más urgente; ya que las constantes descargas que recibe el río, impactan de manera negativa la calidad de la fuente hídrica y con ello la calidad

de su ecosistema. Según La secretaria Distrital de ambiente<sup>1</sup> solo en los procesos de ribera y curtido se generan un 90% del efluente final, referidas por altas concentraciones de materia orgánica (DQO y DBO), cromo, sulfuro, grasas y aceites y sólidos, que en la mayoría de los casos son vertidos al alcantarillado sin un tratamiento adecuado.

Los daños ocasionados por la industria curtidora, llegan a fuentes hídricas en donde la alta concentración de materia orgánica y metales pesados como el cromo afectan seriamente la calidad de los ríos; para el caso específico de San Benito la afectación directa llega la cuenca hidrológica del río Tunjuelito. En los procesos de recurtido se utiliza el cromo hexavalente para la conservación del material, el Cromo causa graves consecuencia a la salud humana cancerígenas y no cancerígenas, y se presume que su presencia en el agua se debe principalmente a la actividad curtidora (Andes 2013); las curtiembres deben tramitar un permiso de vertimientos para poder funcionar, el cual asegura el cumplimiento de concentraciones de sustancias nocivas para la salud y el medio ambiente, en el país la concentración máxima permitida en agua potable, está regulada por la Resolución 2115 de 2007, la cual establece que el valor máximo permitido debe ser de 0.05 mg/L expresada como Cromo Total; Las concentraciones de este metal en las aguas de ríos Tunjuelito, predominan entre las demás sustancias, por ejemplo De la carga de metales pesados arrojada al río, un 79,81 % corresponde a Cr, 19,19 % zinc y el resto de metales 1 % (IDEAM 2005).

El impacto generado a las fuentes hídricas, no solo recae en los vertimientos contaminados que llegan a dichas fuentes, sino también en el gasto considerable de este recurso en el procesos

---

<sup>1</sup> SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE (s.f.). Guía de producción más limpia para el sector curtiembres de Bogotá Enfoque en vertimientos y residuos. En línea. Consultado el 14 de diciembre de 2019). Recuperado de: <http://www.ambientebogota.gov.co/documents/24732/3987253/Gu%C3%ADa+de+producci%C3%B3n+m%C3%A1s+limpia+para+el+sector+curtiembres+de+Bogotá%201.+Enfoque+en+vertimientos+y+residuos.pdf>

llevado a cabo para el tratamiento del cuero, por ejemplo desde el primer tratamiento que es el remojo son necesaria altas cantidades de agua, dado que en necesario devolver al cuero algunas características propias; el gasto de agua depende del estado de conservación del cuero, para pieles bien conservadas no hay dificultad para lograr la humectación, pero para pieles mal conservadas es necesario realizar el lavado de la piel, enjuague y un remojo con bactericida para frenar la putrefacción, y después colocar nuevamente la piel a un nuevo baño con suficiente bactericida<sup>2</sup> para mantener la conservación (Dimas 2000).

La cantidad de agua utilizada varía dependiendo el método de remojo utilizado, sin embargo existen algunas relaciones de proporción según el tipo de cuero, para cuero verde salado<sup>3</sup> se utilizan 3 a 4 parte de agua, por 1 de cuero y para cuero Para cuero seco<sup>4</sup>, se utilizan de 6 a 8 partes por 1 de cuero (Dimas 2000)

---

<sup>2</sup> Bactericida: Es una agente que destruye bacterias. (CUN s.f.)

<sup>3</sup> Cuero verde salado: Es el que se obtiene después de tratar el cuero con sales, para su deshidratación (FAO s.f.).

<sup>4</sup> Cuero seco: Es el cuero que no ha sido sometido a un proceso de deshidratación con sales (FAO s.f.).

## Descripción De Procesos En Las Curtiembres

### Riberia

**Remojo:** Es un proceso que permite devolver algunas cualidades como flexibilidad y suavidad, que son quitadas después de la muerte del animal, para lograr su conservación hasta el procesamiento del material; además este proceso permite remover sangre, proteínas y suciedad que traen todavía consigo el cuero (Dimas 2000). La operación se efectúa con rotación de un tambor entre 3 y 5 vueltas por minuto y con un 150 - 200 de agua. La duración total de la operación se puede lograr en tiempos de 8 a 20 horas para pieles saladas y de 24 a 30 horas para pieles secas (Dimas 2000).

El tipo de agua a utilizar pueden ser de diversas fuentes, como mar, lagos, pozos o ríos, pero es más aconsejable trabajar con aguas dulces, el Ph entre el que debe estar el agua utilizada es amplio, puede estar entre 4.5 a 11.0. En este proceso se pueden utilizar agentes que faciliten la hidratación y conservación del material, pueden ser químicos que permiten hidrolisis<sup>5</sup>, enzimáticos permite la remoción de proteínas que no permiten la penetración del agua y antisépticos y bactericidas que permiten la preservación del material. Productos químicos: Sulfuro de sodio Hidróxido de sodio Polisulfuro de sodio dentro de un baño con pH no mayor de 10.5 a 11.0; sal común, cloruro de sodio del 1 al 5 %. (Dimas 2000).

**Pelambre:** Este es el proceso en el que se quita el pelo de la piel, y además se realizan procesos que permiten separar las fibras de la piel, con el fin de preparar el material para los siguientes procesos.

---

<sup>5</sup> Hidrolisis: es una reacción química donde ocurre la ruptura de la molécula del agua. Los reactantes así como los productos de esta reacción pueden ser especies neutras (como en el caso de las moléculas orgánicas) y/o iónicas (como en el caso de las sales) (González 2009)

Son distintas las técnicas de pelambre, sin embargo las utilizadas en las curtiembres del barrio San Benito, son en las que interviene la cal, una de ellas es el llamado Pelambre de Cal, que como su nombre lo indica se prepara con Cal, o con hidróxido de cal en polvo, se efectúa mediante tratamiento de la Cal con agua, lo que produce una reacción exotérmica; dado que el hidróxido de calcio es poco soluble en la mayoría de casos, se preparan los baños con exceso de cal (Dimas 2000); el aflojamiento de la piel, se da gracias a la reacción de hidróxido del baño preparado; pero para que el depilado se realice de manera eficiente, es necesario que dichos baños mantengan como mínimo un Ph de 11 (Dimas 2000).

La otra técnica y más utilizada en las curtiembres de San Benito, es la llamada Pelambres de Cal y sulfuro, en donde se intensifica la adición de cal y se adiciona sulfuro, esta técnica permite el aflojamiento capilar de una manera eficiente, en las industrias en donde se desee aprovechar el pelo, es necesario que las concentraciones de sulfuros deben ser menores a 0.15%, de lo contrario para un depilado eficaz las concentraciones deben estar entre el 2 y el 6%; este proceso se puede realizar en tambor, paleta<sup>6</sup> o en pilas<sup>7</sup> (Dimas 2000). En el procedimiento se aplica una pasta de cal y sulfuro sobre la piel por un tiempo aproximado de 12 horas, para permitir que los agentes depilantes penetren de manera eficiente y permite el aflojamiento del pelo (UNAL 2009)

**Desencarne:** Aquí se elimina la grasa del tejido conjuntivo<sup>8</sup>, a través de una máquina (SDA s.f.).

**Dividido:** Mediante una cuchilla, se dividen las 2 capas de la piel, en donde se busca eliminar la carnaza del proceso y dejar la flor (SDA s.f.).

---

<sup>6</sup> Paleta: Los paletos para curtir son una especie de tina muy grande de madera y que da varias vueltas con mezcla de químicos como sulfuros.

## **Curtido**

**Desencalado:** Es un proceso mediante el cual se prepara la piel física y químicamente para el proceso de curtido, teniendo en cuenta que después del depilado y encalado, la piel queda bastante hinchada y con un Ph alto( Dimas 2000). Este proceso es necesario para la eliminación de cal, se basa en solubilizar el hidróxido de calcio absorbido por la piel, transformándolo en sales solubles de calcio; esto mediante la utilización de agua, y productos químicos que permitan dicho proceso.

**Piquelado:** al igual que el desencalado el objetivo de este proceso es acondicionar la piel para el curtido y también ayudar a la conservación del material. El piquelado se puede llevar a cabo en tambores o paletos, y consiste en añadir soluciones acidas para evitar el hinchamiento de las pieles y para fijar las sales de cromo entre las células (Latorre 2014); la concentración de la sal añadida, disuelta en agua, debe estar aproximadamente en 3.5%, y la concentración del ácido utilizado (comúnmente ácido sulfúrico) debe estar entre 0.3 y 0.8%; la velocidad del piquelado, depende de la solubilidad de alcance la piel y para acelerar el proceso se puede aumentar la temperatura (Dimas 2000)

**Curtido:** Este proceso es quizá el más importante, pues es en el que se añaden los agentes curtientes, que inhiben el proceso de descomposición de la piel, es decir que evita que se pudran; el efecto que debe producirse es que al secarse la piel, está no quede dura, si no que tenga características de flexibilidad y porosidad, (Dimas 2000), para la que se ha venido preparando en los anteriores procesos.

En las curtiembres de San Benito, este proceso se realiza en tambores o bombos, en donde se deja el material en un baño de cromo trivalente por un día.

**Escurrido:** Luego del curtido al cromo, se deja la piel sobre una superficie que permite que se estire y escurra la piel, y luego se cuelga por 2 o 3 días.

**Rebajado:** Es el proceso en el cual se le da un calibre o grosor a la piel, dependiendo el uso textil que se le vaya a dar. Este proceso se realiza colocando la piel en una máquina que tiene cuchillas que giran a gran velocidad (SDA s.f.).

### **Acabado**

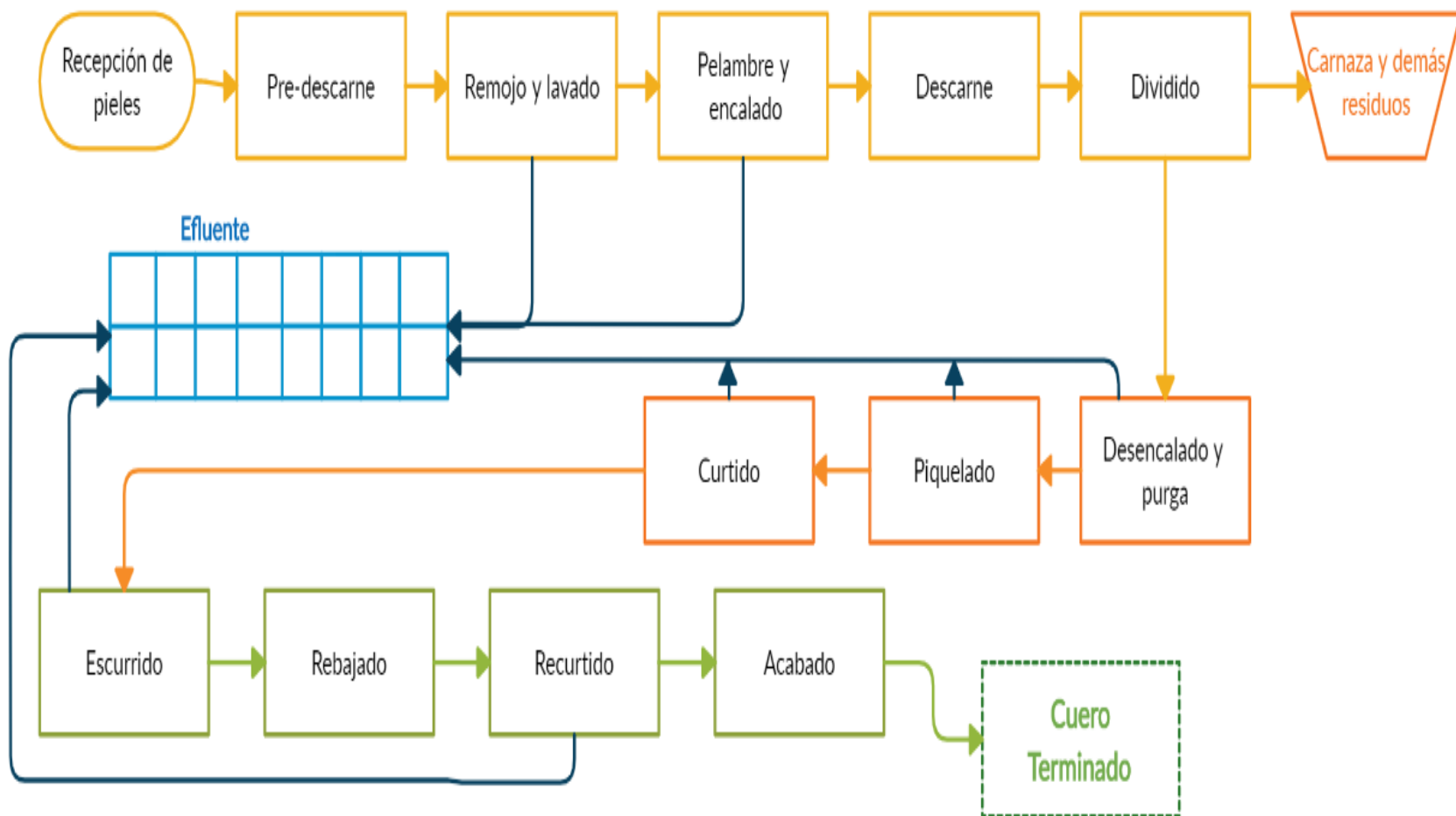
**Tintura:** Se da el color deseado a la piel, tiñéndola con colorantes, naturales o sintéticos, y ácido fórmico que le proporciona resistencia a la luz, y a la manipulación (Latorre 2014).

**Secado:** Este proceso se puede realizar en máquinas que someten al cuero temperaturas que permiten el secado completo de la piel.

**Ablandado:** En este proceso se colocan los cueros en una máquina, la cual vibra para obtener así un cuero flexible. (SRT 2016); se realiza para suavizar la piel.

Los diversos procesos que se realizan para el tratamiento y transformación del cuero pueden evidenciarse en el siguiente diagrama, que permite entender de manera más simple la secuencia de dichos procesos.

Ilustración 1. Proceso de curtido y acabado del cuero □



Fuente: Autor

## Valoración De Impactos Ambientales Generados Por Las Curtiembres

Entre los métodos de valoración de impactos ambientales, en donde encontramos métodos como la evaluación de impacto ambiental Conesa, la matriz de Leopold y la metodología Arboleda entre otros; se escogió la metodología Arboleda para la evaluación de impacto ambiental - EIA del presente documento, ya que la valoración de los impactos ambientales se hace un poco más sencilla con esta metodología, dado que se realiza de manera cualitativa y se valora cada uno de los impactos en los procesos, a diferencia por ejemplo de la matriz de Leopold en donde se evalúan los impactos de manera indirecta (se califican la interacción del ambiente y las actividades o proyectos); el método Conesa si evalúa los impactos de manera directa, es decir que con este si se valora el impacto de cada uno de los procesos en el ambiente, pero utiliza criterios de evaluación que no se adaptan a la actividad del procesamiento de cuero; la metodología arboleda también califica los impactos de manera directa y resulta ser un método más práctico para el tipo de actividad que se quiere evaluar en el presente documento teniendo en cuenta que los criterios de evaluación se acoplan y son más adaptables a los impactos generados por las curtiembres; tal como se describe en el trabajo de grado titulado “Propuesta Metodológica Para La Evaluación De Impacto Ambiental En Colombia”<sup>9</sup>, y en donde también se puede evidenciar la diferencia en los conceptos de evaluación de los métodos anteriormente descritos.

En esta metodología primero se identifica la acción, es decir el conjunto de actividades u operaciones de un componente, luego se identifica el efecto es decir el proceso físico, biótico,

---

<sup>9</sup> Martínez, J. (2010). Propuesta Metodológica Para La Evaluación De Impacto Ambiental En Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá,. Colombia.

socio económico o cultural que puede ser activado, suspendido o modificado por una determinada acción; y por último se identifica el impacto, que es el cambio o resultado final que se produce en alguno de los elementos ambientales, a causa de los efectos (Corantioquia s.f).

A continuación, se especifican las etapas del procesamiento de cuero y se identifican los aspectos e impactos ambientales generados. Luego de ello, se utilizará la metodología propuesta por Arboleda (1989)<sup>10</sup>, para la clasificación del impacto ambiental, y posteriormente lograr categorizar de dichos impactos, según lo descrito en la guía de manejo socio-ambiental para la construcción de obras de infraestructura pública<sup>11</sup>. Lo anterior con el fin de poner en evidencia la importancia de enfocarse en el cuidado del recurso hídrico, y mostrar que los vertimientos son los de mayor impacto al medio ambiente.

**Tabla 1. Etapas del proceso de curtido, susceptibles de producir impacto**

NOMBRE DE LA ETAPA		DESCRIPCIÓN DE LA ETAPA ACTIVIDAD
<b>RIBERIA</b>	Recepción de materia prima	Descargar y almacenar temporalmente las pieles, tanto frescas como saladas.
	Pre - descarne	Retirar los restos de músculo y grasas de la piel, debe realizarse sobre la piel en tripa y/o sobre la piel remojada.
	Remojo	Rehidratar la piel, eliminar la sal y otros elementos como sangre, excrementos y suciedad en general.
	Pelambre y encalado	Retirar el pelo y epidermis de las pieles, gutilizandoo cal y sulfuro de sodio.
	Descarne	Eliminar la grasa natural del tejido conjuntivo, a través de una máquina.
	Dividido	Separar la piel en dos capas.
<b>CURTIDO</b>	Desencalado	Remover la cal, el sulfuro y demás insumos alcalinos de la piel,
	Purga enzimática	Aflojar las fibras de colágeno con enzimas proteolíticas, pancreáticas y/o bacterianas y limpiar la piel de restos no

<sup>10</sup> Metodología para evaluación del impacto ambiental, por Jorge Arboleda.

<sup>11</sup> Alcaldía Medellín (2014). Guía de manejo socio-ambiental para la construcción de obras de infraestructura de la Alcaldía de Medellín.

		eliminados en operaciones anteriores.
	Piquelado	Llevar las pieles al pH requerido para el curtido y fijar las sales de cromo.
	Curtido al cromo	Transformar la piel en un producto resistente a la putrefacción
	Escurrido	Retirar la humedad, estirar las partes arrugadas y mantener espesor.
	Rebajado	Dar un calibre final al wet blue, utilizando una máquina provista de cuchillas que giran a gran velocidad.
<b>ACABADO EN HUMEDO</b>	Recurtido	Conceder al producto sus características finales, en cuanto a resistencia y firmeza.
	Teñido y engrase	Proporcionar color, dar textura, llenura, suavidad y flexibilidad
	Escurrido	Retirar la humedad y eliminar arrugas mediante rodillos con felpa.
<b>ACABADO EN CUERO</b>	Acabado	Otorga al cuero el aspecto final de color y brillo y permite controlar posibles imperfecciones del producto. Lo que incluye, secar, lijar, pigmentar, planchar y lacar.

Fuente: Autor

En la Tabla 1, se identifican cada una de las etapas del procesamiento del cuero, con una descripción secuencial del mismo .

**Tabla 2. Aspectos Ambientales**

Nombre de la actividad		Aspectos ambientales	Tipo de interacción	
			Positiva	Negativa
<b>Riberia</b>	Recepción de materia prima	NA		X
	Pre - descarte	Residuos biológicos		X
	Remojo	Vertimientos con carga orgánica.		X
	Pelambre y encalado	Residuos biológicos y vertimientos con sustancias químicas.		X
	Descarte	Residuos biológicos.		X
	Dividido	NA	X	
<b>Curtido</b>	Desencalado	vertimientos con sales de amonio, sales y azúcar.		X
	Purga enzimática	Vertimientos con sulfatos de amonio y ácidos.		X
	Piquelado	Residuos de cloruro de sodio.		X

	Curtido al cromo	Emisiones de gases de hidrogeno. Vertimientos con metales pesados.		X
	Ecurrido	NA	X	
	Rebajado	Residuos biológicos.		X
<b>Acabado En Húmedo</b>	Recurtido	Vertimientos de metales pesados y/o tanitos vegetales		X
	Teñido y engrase	Emisiones de amoniaco. Vertimientos de tintes, grasas, aceites y ácidos.		X
	Ecurrido	NA	X	
<b>Acabado en cuero</b>	Acabado	Emisiones de gases por lacas. Residuos sólidos de imperfecciones.		X

Fuente: Autor

La identificación de cada proceso es necesario para continuar con la evaluación ambiental de la actividad, como se observa en la Tabla 2 donde se muestran los aspectos ambientales por cada fase del tratamiento del cuero.

Luego, se clasifican los impactos en la Tabla 3, teniendo en cuenta su grado de significancia ambiental, en donde la evaluación de los impactos se realiza bajo los siguientes criterios:

**Clase (c) :** Sentido del cambio ambiental producido. Puede ser positiva o negativa.

**Presencia (p):** Probabilidad (posibilidad) de que el impacto pueda darse el impacto

**Duración (d):** Periodo de existencia activa dl impacto.

**Evolución (e):** Velocidad de desarrollo del impacto, desde que inicia hasta que se manifiesta con todas sus consecuencias.

**Magnitud (m):** Califica la dimensión o tamaño del cambio ambiental producido por una actividad. Los valores de magnitud absoluta, se transforma en términos de magnitud relativa (mr) por medio de cualquiera de las siguientes formas.

**Importancia ambiental:**  $ca = c(p(a * e * m + b * d))$  Donde a y b son constantes de ponderación que para este caso corresponden a 7.0 y 3.0 .

Los rangos de significancia de los impactos ambientales evaluados bajo la metodología arboleda o EPM, se encuentran en el anexo 1.

**Tabla 3. Matriz De Identificación, Evaluación Y Control De Aspectos E Impactos Ambientales**

ASPI	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	EVALUACIÓN								SIGNIFICANCIA AMBIENTAL
			C	P	D	E	M	a	b	Ca	
Pre - descarte	Residuos biológicos	Contaminación del suelo.	-	1	0,8	0,2	0,4	7	3	-3,0	<i>Poco significativo</i>
Remojo	Vertimientos con carga orgánica.	Contaminación de agua.	-	0,8	0,7	0,8	1	7	5	-8,0	<i>Muy significativo</i>
Pelambre y encalado	Residuos biológicos y vertimientos con sustancias químicas.	Contaminación de suelo y agua.	-	1	0,8	0,8	0,8	7	5	-8,5	<i>Muy significativo</i>
Descarte	Residuos biológicos.	Contaminación del suelo.	-	0,2	0,8	0,2	0,4	7	5	-4,1	<i>Medianamente significativo</i>
Desencalado	vertimientos con sales de amonio, sales y azúcar.	Contaminación de agua.	-	1	0,8	0,8	0,8	7	5	-8,5	<i>Muy significativo</i>
Purga enzimática	Vertimientos con sulfatos de amonio y ácidos.	Contaminación de agua.	-	0,8	0,8	0,8	1	7	5	-8,5	<i>Muy significativo</i>
Piquelado	Residuos de cloruro de sodio.	Contaminación de suelo y agua.	-	0,6	0,5	0,6	0,8	7	5	-4,5	<i>Medianamente significativo</i>
Curtido al cromo	Emisiones de gases de hidrogeno. Vertimientos con metales pesados.	Contaminación del aire.	-	1	1	0,8	0,8	7	5	-9,5	<i>Muy significativo</i>
Rebajado	Residuos biológicos.	Contaminación del suelo.	-	0,2	0,8	0,2	0,2	7	5	-4,1	<i>Medianamente significativo</i>
Recurtido	Vertimientos de metales pesados y/o tanitos vegetales.	Contaminación de agua.	-	0,8	0,8	0,8	1	7	5	-8,5	<i>Muy significativo</i>
Teñido y engrase	Emisiones de amoniaco. Vertimientos de tintes, grasas, aceites y ácidos.	Contaminación del aire. Contaminación del agua.	-	0,8	0,8	0,8	0,6	7	5	-6,7	<i>Significativo</i>
Acabado	Emisiones de gases por lacas. Residuos sólidos de imperfecciones.	Contaminación del aire y del suelo.	-	0,6	0,6	0,6	0,5	7	5	-4,3	<i>Medianamente significativo</i>

Fuente: Autor.

Para la categorización ambiental (CA), se tuvo en cuenta lo establecido en la guía de manejo socio-ambiental para la construcción de obras de infraestructura de la Alcaldía de Medellín, que relaciona la siguiente fórmula:

$$CA = \frac{(NM_S * 5) + (N_S * 4) + (Nm * 2) + (Ni * 1)}{Nt}$$

**Donde:**

- **CA:** Calificación Ambiental
- **NM<sub>S</sub>** Número de Impactos Muy Significativos
- **N<sub>S</sub>** Número de Impactos Significativos
- **Nm:** Número de Impactos Moderados
- **Ni:** Número de Impactos Irrelevantes
- **Nt:** Número total de impactos evaluados

Aplicándolo a los resultados obtenidos en la matriz de identificación, evaluación y control de aspectos e impactos ambientales, elaborada con la metodología establecida por Arboleda (1989), tenemos:

$$CA: \frac{(6 * 5) + (1 * 4) + (4 * 2) + (1 * 1)}{12}$$

$$CA = 3,58$$

La clasificación ambiental de la actividad, se interpreta según la Tabla 4, en donde por proyectos entenderemos que se trata de la actividad industrial, para este caso el procesamiento del cuero.

En la Tabla 4, se muestran los rangos establecidos según el método utilizado (Arboleda), que permitirán establecer si la actividad de procesamiento del cuero es de bajo, medio o alto impacto al medio ambiente.

**Tabla 4. Categorización ambiental de la actividad.**

<b>Clasificación ambiental</b>	<b>Categorización ambiental de proyecto</b>
1.0 - 1.99	Proyectos de impacto bajo
2.0 - 3.49	Proyectos de impacto medio
3.5 - 5.0	Proyectos de impacto alto

Fuente: Alcaldía de Medellín (2014).

El impacto de la actividad se clasifica como tipo I, lo que quiere decir que genera un alto impacto ambiental, deterioro y alteración al medio ambiente, para la actividad requiere licencia ambiental y estudios de impacto ambiental, así como un plan de manejo ambiental para evitar y mitigar los impactos.

Los resultados obtenidos de la evaluación ambiental, comprometen a las empresas que se dedican al curtido, a establecer políticas y planes de manejo ambiental para su funcionamiento, dado que como se confirmó en la categorización ambiental su impacto es alto, y tiene consecuencias negativas sobre el factores ambientales como el agua, el aire y el suelo, por ello que se hace necesario implementar medidas de alcance inmediato (buenas prácticas) que permitan reducir el impacto causado, mientras se logran implementar nuevas tecnología u otras alternativas que cumplan con los requerimientos de las autoridades ambientales, y además, con un compromiso ético ambiental, que logre la reducción

considerable de los daños ocasionado al medio ambiente, y principalmente a las fuentes hídricas.

En la Tabla 3 se puede evidenciar que los impactos ambientales de mayor significancia son los que corresponden a los vertimientos a alcantarillados, por las actividades del proceso en las que se limpian residuos biológicos, se utilizan sustancias químicas para la limpieza y para lograr la contextura del producto, con sustancias químicas como sales, ácidos y metales pesados.

### **Alternativas para reducción de impactos negativos, causado por vertimientos de las curtiembres en san Benito.**

En la búsqueda de las alternativas más eficientes para la reducción de impactos ambientales causados por los vertimientos de la industria curtidora, se encuentran distintas alternativas en las que se involucran tratamientos a pequeña o gran escala, entre los cuales se evidencian alternativas que se implementan durante los procesos del tratamiento del cuero, con el fin de controlar el vertimiento y otras que se realizan después de que se causan los vertimientos, con el fin de tratar el agua residual para devolverla a las fuentes hídricas con mejor calidad.

Es importante identificar alternativas que además de eficientes puedan ser implementadas, para lo que se realizó una revisión bibliográfica de proyectos de investigación como tesis, y de artículos, documentos y publicaciones de las autoridades ambientales competentes en la ciudad de Bogotá, así como también se validó información de la empresa prestadora del servicio de acueducto ya alcantarillado, lo anterior con el fin de ampliar la visión a las alternativas para la mitigación del impactos a las fuentes hídricas ocasionadas por los vertimientos de las curtiembres en al barrio San Benito.

A continuación, se mostrarán distintas alternativas, que en realidad pueden ser implementadas en estas industrias, como los son los tratamientos al final del tubo, que involucra el mega proyecto de la PTAR Canoas, luego se exponen las alternativas para la disminución del uso de cromo, como la reutilización de este y el alto agotamiento; y al final se muestra la producción más limpia, en donde se encuentran buenas prácticas, mejoras en tecnologías y se plantean brevemente las alternativas expuestas anteriormente.

### **Tratamientos al final de tubo:**

Las fases preliminares y la primaria del tratamiento que realizan las PTAR, son más fáciles de implementar en las curtiembres, debido a que no requieren de estructuras complejas para su puesta en marcha, los tratamientos consisten según la guía de producción más limpia de la alcandía<sup>12</sup> en:

- Concentrar los vertimientos pasándolos por una rejilla para retirar los componentes sólidos del agua, hasta un tanque.
- En el tanque desarenador, se realiza un proceso el que se separan las partículas más pesadas, utilizando a favor el tiempo de retención.
- Luego se pasa el agua por una trampa de grasas, para separar las grasas no disueltas de los componentes ligeros del agua.
- Después mediante flotación, los sólidos suspendidos más livianos que el agua, ascienden a la superficie.

---

<sup>12</sup> Secretaría Distrital De Ambiente (s.f.). Guía de producción más limpia para el sector curtiembres de Bogotá Enfoque en vertimientos y residuos. En línea. Consultado el 14 de diciembre de 2019). Recuperado de: <http://www.ambientebogota.gov.co/documents/24732/3987253/Gu%C3%ADa+de+producci%C3%B3n+m%C3%A1s+limpia+para+el+sector+curtiembres+de+Bogotá+Enfoque+en+vertimientos+y+residuos.pdf>

Luego en la fase primaria se realizan los siguientes procesos físicos y químicos:

- Coagulación: Se añaden productos químicos como sulfatos o cloruro de aluminio, para que los sólidos en suspensión se adhieran unos a otros y se precipiten.
- Floculación: Se añaden productos químicos como polímeros para que los sólidos suspendidos se agrupen.

Sedimentación: Separa los sólidos aglutinados, en un tanque, que por el tiempo de retención permite su precipitación.

Luego de estos procesos se vierte el agua tratada a las redes de alcantarillado, y para los residuos o lodos que quedan sedimentados, se realiza disposición separada de residuos, los cuales deben ser recogidos por una empresa especializada en recolección de este tipo de residuos.

### **PTAR Canoas:**

De los grandes proyectos encontramos las plantas de tratamiento de agua residual PTAR, que son un conjunto de obras, instalaciones y procesos para tratar las aguas residuales vertidas por una comunidad o industrial (CAR s.f.). Estas estructuras pueden incorporarse a cada una de las empresas de manera individual, sin embargo el costo de inversión es alto con respecto a otras alternativas, por lo que la ciudad busca implementar una PTAR que trate los vertimientos de origen industrial y doméstico que sean vertidos a la red de alcantarillado.

Para los vertimientos provenientes de las curtiembres en San Benito, una de las mejores estrategias es el proyecto de la PTAR canoas, en donde los entes encargados son la CAR y la alcaldía de Bogotá junto con la empresa de acueducto de Bogotá, que busca tratar las aguas residuales de Fucha, Tunjuelo, Tintal y del Municipio de Soacha, lo cual representa el 70% de

las aguas residuales producidas por la ciudad, para recircular a la cuenca media del río Bogotá agua con mejor calidad (EAAB s.f.). Este megaproyecto empezó su primera gestión en el año 2016, con la ejecución de los términos de referencia para iniciar su construcción, en el año 2019 el Distrito junto con la CAR aseguraron los cerca de 4,5 billones de pesos que costaría esta obra, que como meta tiene estar terminada para el año 2026 (Veeduría 2019).

Con lo anterior, se pone en evidencia la dificultad que ha tenido todo el distrito para mantener la calidad de los afluentes de la ciudad de Bogotá, teniendo en cuenta que el proyecto ha tenido demoras en su ejecución por el alto costo que representa, no solo su diseño y construcción, sino también su operación. Esta misma dificultad la enfrentan las empresas dedicadas al tratamiento de cuero, solo que, a menor escala, dado que el costo del diseño y operación de una PTAR es elevado, por lo que aunque es una medida efectiva para tratar los vertimientos derivados de sus operaciones, también es una alternativa poco atractiva para este sector manufacturero.

Aunque las PTAR sean una excelente alternativa de tratamiento, debemos tener en cuenta que es importante enfocarse en la no solo tratar los vertimientos, si no en evitar su generación, para lo cual se deben implementar medidas en los procesos, que controlen, reduzcan o mitiguen el vertimiento de sustancias químicas y orgánicas que causan impactos negativos en las fuentes hídricas de la ciudad.

### **Reutilización del cromo:**

Como se pudo evidenciar en la matriz de impacto ambiental Tabla 3 el cromo es uno de los agentes más contaminantes del proceso del curtido, el río Tunjuelito puede recibir hasta 200kg de cromo al día (Ortiz N. 2013), lo que hace que se tengan que implementar

alternativas para mitigar estas altas cantidades de cromo vertidas por las curtiembres en San Benito. La reutilización del cromo, es un proceso que se realiza después de la etapa de curtición, ya que en esta etapa se adiciona el cromo; para implementar este modelo de reutilización se mostrará el diseño del proceso, según el estudio de recuperación y reutilización de cromo de las aguas residuales del proceso de curtido de curtiembres de san Benito (Bogotá), mediante un proceso sostenible y viable tecnológicamente<sup>13</sup>.

Para iniciar el proceso es necesario implementar una bomba que permita extraer el agua residual desde el bombo de curtición hasta un tanque.

Luego se adiciona hidróxido de sodio con el fin de precipitar hidróxido de cromo, para tratar 500L de agua residual provenientes del bombo de curtición, el tanque debe ser de por lo menos 1000 L de capacidad, y resistente a los ácidos y bases residuales.

Es necesaria otra bomba, que permita extraer el agua que queda en la superficie para que no se mezcle con el precipitado de hidróxido de cromo, obtenido del proceso inmediatamente anterior. El tanque al que sería trasladada el agua de la superficie, puede ser de menor capacidad, hasta de 500 L.

Luego en el tanque de 1000L, en donde queda el precipitado de cromo, se le adicionan hidróxido de sodio y ácido fórmico; para lograr la regeneración del cromo para la reutilización en el proceso de curtido.

---

13 Ortiz N. (2013). Recuperación Y Reutilización De Cromo De Las Aguas Residuales Del Proceso De Curtido De Curtiembres De San Benito (Bogotá), Mediante Un Proceso Sostenible Y Viable Tecnológicamente. Universidad de Manizales. Manizales, Colombia.

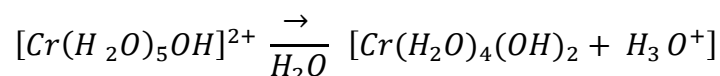


Cómo se puede apreciar en la imagen 2, este tratamiento para la reutilización del cromo también permite la reutilización de agua, teniendo en cuenta que esta, necesita de un tratamiento primario en donde se realice un proceso de floculación y de oxidación con hipoclorito de sodio para tratar la materia orgánica y los microorganismos.

### **Curtido con alto agotamiento de cromo:**

El curtido con alto agotamiento de cromo, se caracteriza por ser realizado con poca agua (sin baño), por recuperar el agua del proceso de piquelado y por el incremento de la temperatura al final de la etapa de curtido. Para realizar este tipo de curtido, es importante remplazar el bombo tradicional por uno con secciones más largas, que por sus características no requiere agua para ayudar al movimiento de las pieles (Vargas y Amurrio 2017).

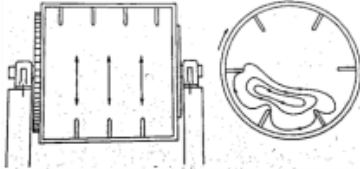

Las herramientas del alto agotamiento del Cromo aplicadas es esta metodología, se basan en fenómenos de enmascaramiento, olificación y oxalación, que se dan gracias a la hidrólisis de la sal de cromo adicionada en el piquelado, en donde la Olificación de las sales de Cromo se presenta cuando hay un incremento en el pH durante el curtido en donde las moléculas del Cromo se condensan entre sí para formar agregados moleculares, luego se da la Oxalación cuando un átomo de oxígeno se une a dos átomos de Cromo, y por último se da el enmascaramiento de las sales de Cromo cuando se forman complejos entre iones y el átomo del Cromo; el proceso descrito anteriormente se puede evidenciar en la siguiente ecuación:



Gracias al pH con el que sale la piel de la etapa de piquelado, el Cromo a adicionar puede ser igual o en menor cantidad del requerido en un curtido tradicional (Vargas y Amurrio 2017).

A continuación en la Tabla 5, se pueden evidenciar las diferencias entre el curtido convencional y el curtido con alto agotamiento de cromo.

Tabla 5. Comparación de curtido convencional vs curtido con alto agotamiento de Cromo

Procesos/ Equipos	Curtido convencional	Curtido con alto agotamiento de cromo
Fulon	<p>Fulon convencional</p>  <p>Fuente (Adzet, 1985)</p> <p>El movimiento de las pieles, se debe a una parábola en el desplazamiento, lo que implica el levantamiento y caída de las pieles, ayudado por el uso de estacas interiores, y el baño correspondiente, genera un gran gasto energético (Indigo, 2016)</p>	<p>Fulon Cangilón</p>  <p>(Indigo, 2016)</p> <p>Cuenta con cuatro palas o cangilones que van de una cabecera a otra, que generan cuatro cavidades que permiten que gran volumen de la masa de las pieles sea movida y levantada de forma independiente, sin necesidad de un baño que ayude al movimiento. (Indigo, 2016), además ahorra energía.</p>
Piquelado	<p>Adición de NaCl, con una concentración mayor o igual a 6 grados Baumé, Adición de ácido fórmico, seguido del ácido sulfúrico para disminuir el efecto de enmascaramiento y aumentar la penetración de ácido sulfúrico.</p> <p>El pH de la piel baja de un aproximado de 8.3 (pH en el cual termina el proceso de purga) hasta un pH de 3.5.</p>	<p>Adición de NaCl, con una concentración igual a 6 grados Baumé. Adición de un ácido débil como el fórmico, seguido de un ácido fuerte como el sulfúrico, o de un agente enmascaraste. pH de 3.5, puesto que a un pH de 4, solo la mitad de los grupos carbonilos de encuentran reactivos (Adzet,1985).</p>
Curtido	<p>Se añade al baño 6&amp; de sulfato de cromo básico Cr (OH) SO4, respecto al peso de la piel curtir.</p> <p>PH al final de la solución alcanza un valor entre 3.8 – 4.2, gracias a la adición de un agente basificante, comúnmente MgO. Basificación rápida.</p>	<p>Gracias al pH del piquel, la sal de cromo es absorbida con una mayor velocidad, trabaja con igual o menos porcentaje de sal de cromo que el proce convencional.</p> <p>La alto agotamiento de cromo acontece gracias a la fijación del cromo después de su penetración, por la formación de complejos de sales de cromo. Se realiza una Basificación controlada y gradual pH 4.2.</p>

Fuente: Adaptado de Vargas y Amurrio (2017).

**Curtido vegetal:**

El tratamiento de curtido vegetal es el tratamiento de la piel con taninos (polifenoles) de extractos vegetales, con objeto de estabilizar las fibras de colágeno, para hacerlas resistentes a la putrefacción y obtener piel con una resistencia a la temperatura superior a la que tiene en estado natural (proceso de curtido). Este tratamiento de curtición vegetal es muy antigua; surgió gracias a la observación que puso en evidencia que si una piel cruda entraba en contacto con la corteza, madera u hojas de ciertas plantas, aquélla se manchaba y esas partes aparentemente dañadas, resultaban favorecidas al quedar inmunes a la putrefacción (Ania et al., 2010).

Este tipo de curtido utiliza extractos vegetales de cortezas, maderas, hojas y raíces, en su mayoría de plantas tropicales o subtropicales como puede ser la mimosa, el castaño, el roble y la corteza del pino. En este proceso se sumerge el cuero en un baño con los curtientes vegetales, con agua alumbre y sal, estos 2 últimos para controlar el pH que debe mantenerse en valores aproximados a 5 (Minambiente Ecuador s.f.).

Si recordamos el proceso de curtido, se realiza con el fin de evitar la descomposición de la piel y darle la capacidad de resistencia para el uso que quiera darse; por lo que el curtido vegetal, básicamente reemplaza la sustancia química que es el Cromo, por agentes de origen vegetal, que otorgan a la piel a las mismas características buscadas con el curtido al cromo. Es importante resaltar que el curtido vegetal es un proceso lento, que requiere entre una y dos semanas de tratamiento, a diferencia del curtido al cromo que solo requiere entre 6 y 8 horas (Ortiz N. 2013).

## **Producción más limpia**

Entre las estrategias para disminuir los impactos negativos ocasionados por las actividades producto del tratamiento del cuero, está la producción más limpia PML, que se trata de la “aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integrada, aplicada a procesos, productos y servicios, con el fin de reducir los riesgos a la población y al medio ambiente, tomando como principio reducir al mínimo o eliminar los residuos y emisiones en la fuente y no tratarlos después de que se hayan generado” (SDA s.f.) Según lo define el programa de Naciones unidas para el medio ambiente.

Para el sector de Curtiembres en la ciudad de Bogotá, la secretaria Distrital de ambiente en el año 2015 publico la guía de producción más limpia para el sector de las curtiembres enfocada al manejo de los vertimientos y otros residuos; las practicas establecidas en esta guía se describirán a continuación.

Entre las pautas generales, que deberían implementar todas las empresas grandes y pequeñas del sector de las curtiembres tenemos:

Cada una de las empresas debe contar con un medidor de agua para controlar el consumo.

En caso de contar con mangueras para llenar los bombos, remplazarlas con tuberías y garantizar un sistema de válvula para controlar la salida de los vertimientos.

Es necesario implementar mantenimientos preventivos para cada una de las instalaciones en la empresa; con el fin de prevenir daños en el sistema que causan desperdicio de agua o la interrupción de los procesos.

Adaptar a los procesos y equipos para que trabajen con baños cortos.

Emplear los elementos de protección personal.

**Mejoras en el control de calidad:** Se debe tener control adecuado de los productos químicos, para que logren atravesar la piel y garanticen las características requeridas para el producto final.

- Se debe controlar la velocidad de rotación, para cada uno de los procesos.
- Automatizar y establecer un protocolo para la utilización de los bombos, permite disminuir la mano de obra, ahorrar agua y energía y garantiza una calidad constante en el producto.
- La limpieza e higiene para prevenir el mal olor debe ser constante, también se debe realizar remoción y disposición adecuada de los residuos al interior de las instalaciones.
- Los altos agotamientos de cromo, también hacen parte de los planes de producción más limpia.
- Controlar e inspeccionar el cuero en el proceso de acabado, conocer y tener claras las características con las que debe llegar el cuero a esta etapa.

Para tener un proceso eficientes es importante tener en cuenta algunas pautas generales como:

- Contar con personal capacitado, motivar a los empleados y concienciarlos sobre la importancia de las buenas prácticas.
- En cuanto a los insumos, es importante contar con materias primas de buena calidad, disponer de reservas de materiales y almacenar de manera adecuada la materia prima.
- Para la maquinaria y herramientas, es indispensable realizar mantenimientos preventivos, y en la medida de lo posible renovar o actualizar las tecnologías utilizadas.
- Realizar disposición adecuada de los residuos, para ello tener un programa de reutilización y reciclaje, además de una estimación de costos por residuo generado.
- Tener un adecuado control de calidad.

La producción más limpia, busca establecer en cada operación unitaria algunos lineamientos para que los procesos sean más eficientes, y como su nombre lo indica para que sus operaciones sean más limpias, es decir que generen menos impacto al ambiente, sin que se altere la producción.

Las estrategias propuestas en la guía producción más limpia para el sector curtiembres de Bogotá Enfoque en vertimientos y residuos, se describen de manera detallada para cada uno de los procesos unitarios de la producción del cuero; en la **Tabla 6** solo se evidenciarán las prácticas en donde se optimice el uso del agua y se reduzca el impacto negativo a las fuentes hídricas.

**Tabla 6. Alternativas de PML en cada etapa del proceso**

<b>Etapa</b>	<b>Proceso</b>	<b>Alternativa de PML</b>
Ribería	Recepción de pieles	Solicitar pieles desencaladas con el fin de ahorrar en insumos químicos y agua, descargar las pieles en zonas sin desagües, colocar de manera ordenada las pieles y llevar un control y pesaje de las pieles recibidas.
	Remojo	Reutilizar el agua del segundo remojo como primer remojo de los siguientes cortes (lotes). Eliminar tensoactivos fenólicos, ya que reduce la DQO y no altera la calidad final del producto (además de que reduce costos); en lugar de ellos adicionar tensoactivos biodegradables. Lavar de manera discontinua la piel, ahorra en cantidad de agua consumida y permite mejor remoción de suciedad y microorganismos.
	Pelambre	Recircular el baño de pelambre, para reducir consumo de agua y de productos químicos. Realizar el pelambre con sulfuro de sodio y cloruro de calcio evita el desecho del lodo de cal, por lo que reduce vertimientos de sólidos suspendidos y carga orgánica. Utilizar pelambre ecológico con inmunización de pelo, para que todo el pelo se remueva sin destruirse y así evitar vertimientos con residuos como pelo y la DBO y DQO.

	Desencalado	Realizar el desencalado y la purga en el mismo baño, para reducir consumo de agua.
Curtido	Piquelado	Realizar este proceso sin sal, reduce la carga sodio en los vertimientos; para ello se puede remplazar por un agente llamada polisulfona acida modificada. Recircular los baños en el piquelado, filtrando previamente grasas y solidos que se puedan filtrar, también reduce el consumo de agua.
	Curtido	Aumentar el porcentaje de cromo utilizado para lograr el agotamiento de este agente, disminuye el consumo de agua y cromo. Recuperar y reutilizar los baños de cromo, disminuyen el consumo de agua y cromo. Remplazar el agente curtiente, por un curtido vegetal.
Acabados	Recurtido	Usar productos sin amoniaco, permite reducir la carga orgánica en los vertimientos, también en este proceso se pueden emplear engrasantes de alto agotamiento.
	Teñido	Recircular el baño, reduce el consumo de agua y de tintes y/o anilinas.
	Engrase	Optimizar el agotamiento de los aceites para minimizar la DQO en los baños residuales.

En la Tabla 7 se organizó cada una de las alternativas para reducción de impactos negativos por los vertimientos en la curtiembres descritas anteriormente, consolidando las sustancias o impactos con mayor presencia en los vertimientos, y marcando respectivamente cuál de ellos reduce o mitiga cada una de dichas alternativas.

Tabla 7. Comparación de alternativas.

Alternativa	Reducción de impactos o cargas contaminantes con								Tiempo para su implementación		
	DBO	DQO	CROMO	ACIDOS	SALES	SST	TINTES	USO DE AGUA	CORTO	MEDIO	LARGO
<b>PTAR CANOAS</b>	X	X	X	X	X	X	X				X
<b>TRATAMIENTOS AL FINAL DEL TUBO</b>	X	X	X	X	X	X	X			X	
<b>REUTILIZACIÓN DEL CROMO</b>			X							X	
<b>CURTIDO CON ALTO AGOTAMIENTO DE CROMO</b>			X		X			X	X		
<b>CURTIDO VEGETAL</b>			X						X		
<b>PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA</b>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Fuente: Autor

Se puede evidenciar que el curtido vegetal aunque es la única alternativa que elimina la utilización del cromo, no contribuye a la reducción de otros impactos causados también a las fuentes hídricas, por el contrario la producción más limpia recoge todas las alternativas, procurando reducir los impactos ambientales ocasionados por los vertimientos de la industria curtidora.

## Conclusiones

La alternativa más eficiente para la reducción del impacto negativo a los vertimientos de las curtiembres, es la producción más limpia PML, ya que su implementación depende principalmente de la capacitación y destreza del personal, y de la puesta en marcha de las acciones y estrategias diseñadas para la reducción de los impactos ambientales causados en cada etapa de los procesos del tratamiento del cuero, que en su mayoría no requieren del cambio en las tecnologías, si no en la manera de realizar los procesos.

La producción más limpia, no mitiga el impacto negativo de los vertimientos de las curtiembres, pero sí reduce la carga contaminante que llega a las fuentes hídricas; por lo que es importante que esta estrategia se implemente junto con otros tratamientos y mejores tecnologías.

Después de los PML, la alternativa más recomendable es la implementación del tratamiento de alto agotamiento de cromo, ya que aunque se necesitaría como inversión remplazar el bombo convencional, se continuaría con las mismas etapas de procesamiento de cuero, pero disminuyendo la utilización de la sustancia más contaminante de tratamiento que es el Cromo.

Recircular los baños de cromo y recuperarlo por medio de precipitación, es una alternativa atractiva para implementar, ya que reduce el consumo de agua y cromo, así como la carga de sal y otros agentes del proceso en el efluente, disminuyendo por consiguientes las cargas de sustancias contaminantes a los vertimientos.

El curtido vegetal, aunque es una de las mejores alternativas para reducir el impacto negativo causado por los vertimientos, dado que eliminaría por completo el vertimiento de Cromo, requiere de un tratamiento mucho más prolongado de 8 a 15 días más que el tratamiento convencional con Cromo, lo que hace que sea poco atractiva esta alternativa para la

industrias, ya que por la lentitud de su procesamiento aumentaría el costo comercial del material, asíéndolo menos competitivo para el mercado.

Con la evaluación de impactos ambientales, se evidencio que el recurso hídrico, es el más afectado por la actividad de curtido; además de que se pudo demostrar también, gracias al método EIA de Arboleda, que la industria del cuero tiene un alto impacto negativo sobre el medio ambiente.

Los tratamientos de agua residual, son necesario para cumplir adquirir los permisos de vertimientos y por tanto la normatividad dispuesta por el distrito, para el manejo de estos residuos; dado que las PTAR tienen un alto costo, se hace más atractivo realizar un pretratamiento y un tratamiento primario, ya que los costó de inversión por sus estructuras (se utilizan tanques) son menores, y con un manejo de PML pueden cumplir con los valores permisibles en la normatividad.

Todas las alternativas mostradas previamente a los PML, las recomienda la guía de producción más limpia de la Alcaldía de Bogotá.

## Referencias

Alcaldía de Bogotá (2018). Mi ciudad. Sellado 50 curtiembres en barrio de Tunjuelito por contaminación ambiental. En línea. <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/tunjuelito/ambiente-sello-50-curtiembres-por-contaminacion-ambiental>

Alcaldía Local De Tunjuelito (2016). Plan ambiental local 2017 – 2020. En línea. Consultado el 14 de diciembre de 2019. Recuperado de:  
[http://observatoriolocaltunjuelito.siccse.com/sites/default/files/FINAL%20PAL%20DIAGNOSTICO%202017-2020%20FINAL\\_4.pdf](http://observatoriolocaltunjuelito.siccse.com/sites/default/files/FINAL%20PAL%20DIAGNOSTICO%202017-2020%20FINAL_4.pdf)

Alcaldía Mayor De Bogotá (s.f.). Decreto 4741 de 2005. En línea. Consultado el 25 de mayo de 2020. Recuperado de:  
<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=18718>

Alcaldía Mayor De Bogotá (s.f.). Ley 1259 de 2008. En línea. Consultado el 20 de febrero de 2020. Recuperado de:  
<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=34388>

Alcaldía Mayor De Bogotá (s.f.). Ley 9 De 1979. En línea. Consultado el 25 de mayo de 2020. Recuperado de: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=37051>

Alcaldía Mayor De Bogotá (s.f.). Ley 99 de 1993 Nivel Nacional. En línea. Consultado el 03 de enero de 2020). Recuperado de:  
<https://www.google.com/search?q=Ley+99+de+1993&oq=Ley+99+de+1993&aqs=chrome..69i57j0l7.1114j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8>

Alcaldía Mayor De Bogotá (2009). Resolución 3956 de 2009. En línea. Consultado el 22 de junio de 2020. Recuperado de:  
<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=37048>

Alcaldía Mayor De Bogotá (s.f.). Resolución 3957 de 2009. En línea. Consultado el 25 de febrero de 2020. Recuperado de:

<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1177>

Alcaldía Mayor De Bogotá (2015). Decreto 1076 de 2015. En línea. Consultado el 22 de junio de 2020. Recuperado de:

<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=62511&dt=S>

Alcaldía Mayor De Bogotá (2018). Decreto 050 de 2018. En línea. Consultado el 22 de junio de 2020. Recuperado de:

<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=73697&dt=S>

Alcaldía Medellín (2014). Guía de manejo socio-ambiental para la construcción de obras de infraestructura pública. Disponible en: <https://fonvalmed.gov.co/wp-content/uploads/2015/08/GuiaSociAmbiental2014.pdf>

Alvarado Granados, J. F., & Ramos Villanueva, J. E. (2010). Estado del arte de las estructuras : trampas de grasa y desarenadores en sistemas de alcantarillado. Recuperado de:

[https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_civil/288](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_civil/288)

Ania C; Calero S; Silvestre J; Valdés T (2010). Revista del grupo especializado de adsorción de la RSEQ. Materiales en adsorción y catálisis. Recuperado de:

<https://digital.csic.es/bitstream/10261/74176/1/MAyC-0%20rrgil.pdf>

Autoridad Nacional de Licencias Ambientales- ANLA (s.f.). Términos. En línea. Consultado el 14 de diciembre de 2019). Recuperado de: <http://portal.anla.gov.co/permiso-vertimientos>

Clínica Universidad Navarra (s.f.). Bactericida). En línea. Consultado el 01 de abril de 2020.

Recuperado de: <https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/bactericida>

Constitución Política de Colombia 1991. Artículo 79, 80. (1991).

Corporación Autónoma regional de Cundinamarca CAR (2017). El observatorio con la comunidad. Car Cundinamarca reitera llamado para que las Curtiembres cuenten con permiso de vertimientos. En línea. Consultado el 10 de mayo de 2020. Recuperado de:<http://orarbo.gov.co/es3/el-observatorio-y-los-municipios/car-cundinamarca-reitera-llamado-para-que-las-curtiembres-cuenten-con-permiso-de-vertimientos>

Corporación Autónoma regional de Cundinamarca CAR- (s.f.). Plan de saneamiento y manejo de vertimientos. En línea. Consultado el 03 de enero de 2020. Recuperado de:  
<https://www.car.gov.co/vercontenido/1169>

Corporación Autónoma regional de Cundinamarca CAR- (s.f.). PTAR el Salitre. En línea. Consultado el 12 de julio de 2020. Recuperado de:  
[https://www.car.gov.co/rio\\_bogota/vercontenido/9](https://www.car.gov.co/rio_bogota/vercontenido/9)

Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia – Corantioquia (s.f.). Metodologías para la identificación y evaluación de impactos ambientales. En línea. Consultado el 03 de enero de 2020. Recuperado de:  
[http://www.corantioquia.gov.co/ciadoc/AUTORIDAD%20AMBIENTAL/AIRNR\\_SDC\\_00042\\_201X.pdf](http://www.corantioquia.gov.co/ciadoc/AUTORIDAD%20AMBIENTAL/AIRNR_SDC_00042_201X.pdf)

Corporación Autónoma Regional Del Valle -CVC (s.f.). Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. En línea. Consultado el 03 de enero de 2020. Recuperado de:  
<https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/Normatividad/Nacional/Leyes/Decreto-Ley2811-74-Codigo-Recursos-Naturales-Renovables-y-Proteccion-Medio-Ambiente.pdf>

El Espectador (2013). San Benito, corazón de cuero. En línea. Consultado el 03 de enero de 2020). Recuperado de:<https://www.elespectador.com/noticias/bogota/san-benito-corazon-de-cuero-articulo-397676>

Empresa de Acueducto y alcantarillado de Bogotá-EAAB (s.f.). PTAR Canoas. En línea. Consultado el 20 de julio de 2020. Recuperado de:  
[https://www.acueducto.com.co/wps/portal/EAB2/Home/ambiente/saneamiento/rio-bogota/ptar-canoas!/ut/p/z1/fY9NC4JAEIZ\\_jcecaZekulnIkIcXpn3MJcxMo3LD1qR\\_30YnyxqYwwzP-8ALBGugIr4fs1gfVRGfzb0hZ-vIMXb7yGbCmzgoXRYKbxYxZ9GFVRNAGSBKOZhzWUMmfA70P78EArrpT883-PLgj3HR5KkFcXEUzBFHFHPWCjQcPIB2Vrt3bbfY8X4GVKaHtExLuyrNO9f6ehtaagFd13acVOm-SrSyE3Uxa2FbMFem3rqNh-slKh6d02Gqe5sn5y3Y0A!!/dz/d5/L2dBISEvZ0FBIS9nQSEh/](https://www.acueducto.com.co/wps/portal/EAB2/Home/ambiente/saneamiento/rio-bogota/ptar-canoas!/ut/p/z1/fY9NC4JAEIZ_jcecaZekulnIkIcXpn3MJcxMo3LD1qR_30YnyxqYwwzP-8ALBGugIr4fs1gfVRGfzb0hZ-vIMXb7yGbCmzgoXRYKbxYxZ9GFVRNAGSBKOZhzWUMmfA70P78EArrpT883-PLgj3HR5KkFcXEUzBFHFHPWCjQcPIB2Vrt3bbfY8X4GVKaHtExLuyrNO9f6ehtaagFd13acVOm-SrSyE3Uxa2FbMFem3rqNh-slKh6d02Gqe5sn5y3Y0A!!/dz/d5/L2dBISEvZ0FBIS9nQSEh/)

Empresas Públicas De Medellín- EPM (s.f.). Evaluación Ambiental. En línea. Consultado el 01 de abril de 2020. Recuperado de:  
[https://www.epm.com.co/site/Portals/0/documentos/Nueva%20Esperanza/CAP\\_5.pdf](https://www.epm.com.co/site/Portals/0/documentos/Nueva%20Esperanza/CAP_5.pdf)

Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Departamento Técnico Administrativo Medio Ambiente (DAMA). VI Fase de Seguimiento de Efluentes Industriales y Corrientes Superficiales de Bogotá D.C. Bogotá: Imprenta del IDEAM, (s.f). 91P. ISBN 958-8067-10-3. 2005

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - FAO (s.f.). 19. Cueros y pieles. En línea. Consultado el 20 de abril de 2020. Recuperado de:  
<http://www.fao.org/WAICENT/faoinfo/economic/faodef/FAODEFS/H353F.HTM>

- León, (2002). Evaluación del impacto ambiental de proyectos de desarrollo. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. P. 49 – 50.
- Martinez, J. (2010). Propuesta Metodológica Para La Evaluación De Impacto Ambiental En Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá,. Colombia.
- Martínez Sandra; Romero Jonathan (2016). Revisión Del Estado Actual De La Industria De Las Curtiembres En Sus Procesos Y Productos: Un Análisis De Su Competitividad. En línea. Consultado el 11 de agosto de 2019). Recuperado de:  
<https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfce/article/view/2357>
- Ministerio De Ambiente de Ecuador (s.f.). La industria de los cueros (a base de sales de cromo, con agentes vegetales). En línea. Consultado el 20 de mayo de 2020. Recuperado de:  
<https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/03/PART2.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2010). Decreto 3039 de 2010. En línea. Consultado el 22 de junio de 2020. Recuperado de:  
[https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2010/dec\\_3930\\_2010.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2010/dec_3930_2010.pdf)
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2015). Resolución 0631 de 2015. En línea. Consultado el 03 de enero de 2020. Recuperado de:  
[https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/d1-res\\_631\\_marz\\_2015.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/d1-res_631_marz_2015.pdf)
- Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial Minambiente (2005). Política Ambiental para la Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos. En línea. Consultado el Consultado el 20 de febrero de 2020). Recuperado de:  
<https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/Polit>

%C3%ACcas\_de\_la\_Direcci%C3%B3n/Pol%C3%ADtica\_Ambiental\_para\_la\_Gesti%C3%B3n\_Integral\_de\_Residuos\_o\_Desechos\_Peligrosos.pdf

Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial Minambiente (2005). Resolución 1023 de 2005. En línea. Consultado el 20 de febrero de 2020). Recuperado de:

[http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Res\\_1023\\_2010.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Res_1023_2010.pdf)

Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial Minambiente (2008). Decreto 1299 de 2008. En línea. Consultado el 20 de febrero de 2020). Recuperado de:

[http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2008/dec\\_1299\\_2008.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2008/dec_1299_2008.pdf)

Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial Minambiente (2010). Política

Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. En línea. Consultado el 20 de mayo de 2020). Recuperado de:

[https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Presentacion%C3%B3n\\_Pol%C3%ADtica\\_Nacional\\_-\\_Gesti%C3%B3n/libro\\_pol\\_nal\\_rec\\_hidrico.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Presentacion%C3%B3n_Pol%C3%ADtica_Nacional_-_Gesti%C3%B3n/libro_pol_nal_rec_hidrico.pdf)

Norma Técnica Colombiana NTC- ISO 14001 (2015). Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso. Bogotá D.C. ICONTEC.

Ortiz N. (2013). Recuperación Y Reutilización De Cromo De Las Aguas Residuales Del Proceso De Curtido De Curtiembres De San Benito (Bogotá), Mediante Un Proceso Sostenible Y Viable Tecnológicamente. Universidad de Manizales. Manizales, Colombia.

Salazar M.(2013). Universidad EAN. Implementación de logística reversiva como modelo administrativo moderno en el Sector industrial de curtiembres de San Benito en Bogotá. pag 19. 81

Secretaria Distrital de Ambiente (2015). Guía de producción más limpia para el sector curtiembres de Bogotá Enfoque en vertimientos y residuos. En línea. Consultado el 11 de agosto de 2019). Recuperado de:  
<http://www.ambientebogota.gov.co/documents/24732/3987253/Guía+de+producción+más+limpia+para+el+sector+curtiembres+de+Bogotá.+Enfoque+en+vertimientos+y+residuos.pdf>

Secretaria Distrital de Ambiente (2018). Comunicado de prensa, Selladas 50 curtiembres de San Benito por contaminación ambiental. Consultado el 14 de diciembre de 2019). Recuperado de: [http://ambientebogota.gov.co/web/sda/historial-de-noticias/-/asset\\_publisher/1RkX/content/selladas-50-curtiembres-de-san-benito-por-contaminacion-ambiental-1?redirect=http%3A%2F%2Fambientebogota.gov.co%2Fweb%2Fsd%2Fhistorial-de-noticias%3Fp\\_p\\_id%3D101\\_INSTANCE\\_1RkX%26p\\_p\\_lifecycle%3D0%26p\\_p\\_state%3Dnormal%26p\\_p\\_mode%3Dview%26p\\_p\\_col\\_id%3Dcolumn-2%26p\\_p\\_col\\_count%3D3](http://ambientebogota.gov.co/web/sda/historial-de-noticias/-/asset_publisher/1RkX/content/selladas-50-curtiembres-de-san-benito-por-contaminacion-ambiental-1?redirect=http%3A%2F%2Fambientebogota.gov.co%2Fweb%2Fsd%2Fhistorial-de-noticias%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_1RkX%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_count%3D3)

Secretaría Distrital De Ambiente (s.f.). Guía de producción más limpia para el sector curtiembres de Bogotá Enfoque en vertimientos y residuos. En línea. Consultado el 14 de diciembre de 2019). Recuperado de:  
<http://www.ambientebogota.gov.co/documents/24732/3987253/Gu%C3%ADa+de+produ>

cci%C3%B3n+m%C3%A1s+limpia+para+el+sector+curtiembres+de+Bogotá.+  
Enfoque+en+vertimientos+y+residuos.pdf

Secretaría Distrital de Ambiente SDA (s.f.).Manual De Producción Más Limpia Para El Sector Salud, Importancia De La Producción Más Limpia En IPS, Pag 11. Recuperado de:  
<http://ambientebogota.gov.co/documents/24732/3988209/Manual+de+Producci%C3%B3n+M%C3%A1s+Limpia+para+el+Sector+Salud.pdf>

Secretaría Distrital De Planeación De Bogotá - SDP (2014). Aproximaciones a las implicaciones el fallo del consejo de estado sobre la cuenta del río Bogotá. En línea. Consultado el 10 de mayo de 2020. Recuperado de:  
[http://www.sdp.gov.co/sites/default/files/aproximacion\\_a\\_las\\_implicaciones\\_del\\_fallo\\_del\\_consejo\\_de\\_estado\\_sobre\\_el\\_rio\\_bogota.pdf](http://www.sdp.gov.co/sites/default/files/aproximacion_a_las_implicaciones_del_fallo_del_consejo_de_estado_sobre_el_rio_bogota.pdf)

UDFJC, U. D. (12 de 2010). DAMA. Recuperado de:  
[http://www.dama.gov.co/Residuos/curtiembres/files/guia\\_curtiembres.pdf](http://www.dama.gov.co/Residuos/curtiembres/files/guia_curtiembres.pdf)

Universidad de los Andes (2013). Cuantificación de la contaminación del agua potable con cromo hexavalente y su relación con las curtiembres. Caso de estudio: san Benito, Bogotá. En línea. Consultado el 20 de mayo de 2020). Recuperado de:  
<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/19460/u670620.pdf?sequence=1>

Universidad de los Andes (2018). Contaminación del río Bogotá por vertimientos de industrias de curtiembres en el municipio de Villapinzón, Cundinamarca. En línea. Consultado el 20 de mayo de 2020). Recuperado de:  
[https://villapinzoncundinamarca.micolombiadigital.gov.co/sites/villapinzoncundinamarca/content/files/000210/10462\\_investigacion-curtiembres.pdf](https://villapinzoncundinamarca.micolombiadigital.gov.co/sites/villapinzoncundinamarca/content/files/000210/10462_investigacion-curtiembres.pdf)

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD (2017). Contaminación de suelos y aguas por hidrocarburos en Colombia. Análisis de la fitorremediación como estrategia biotecnológica de recuperación. Vol. 8 Núm. 1.

Universidad Nacional de Colombia UNAL (2009). Capacitación y acompañamiento técnico en producción más limpia de subsector curtiembres en villapinzon y choconta. Guía práctica para la capacitación de empresarios y trabajadores de la industria curtidora. En línea. Consultado el 20 de mayo de 2020). Recuperado de: <https://catalogo.car.gov.co/cgi-bin/koha/tracklinks.pl?uri=http%3A%2F%2Fhdl.handle.net%2F20.500.11786%2F35718&biblionumber=16005>

Universidad Nacional de Colombia UNAL (2018). Sostenibilidad Empresarial de las curtiembres de Villapinzón y su relación con la Gestión del Recurso Hídrico. En línea. Consultado el 20 de mayo de 2020). Recuperado de: <http://bdigital.unal.edu.co/70109/1/Trabajo%20Final%20de%20Maestr%C3%ADa%20Di%20ego%20Fernando%20Mej%C3%ADa%20Vera.pdf>

Universidad Tecnológica de Pereira 2013. Evaluación Del Desempeño Ambiental Del Sector Manufacturero Del Departamento De Risaralda. Scientia et Technica Año XVIII, Vol. 18, No 1, Abril de 2013. ISSN 0122-1701.

Vargas D; Amurrio D. (2017). Alternativa de proceso de curtido con alto agotamiento de Cromo para las curtiembres tradicionales de la ciudad de Cochabamba. Acta Nova, 8(1), 3-30. Consultado en 29 de julio de 2020, Recuperado de: [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1683-07892017000100002&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892017000100002&lng=es&tlng=es).

Veeduría Distrital (2019). Seguimiento Al Proyecto Ptar Canoas Y Construcción De La Estación Elevadora Canoas. En línea. Consultado el 20 de mayo de 2020). Recuperado de:  
[http://veeduríadistrital.gov.co/sites/default/files/files/Publicaciones2019/Seguimiento\\_ptar\\_canoas.PDF](http://veeduríadistrital.gov.co/sites/default/files/files/Publicaciones2019/Seguimiento_ptar_canoas.PDF)

## Anexos

### Anexo 1

<b>Criterio</b>	<b>Rango</b>	<b>Valor</b>
<b>Clase</b>	POSITIVA	+
	NEGATIVA	-
<b>Presencia</b>	CIERTA	0.7 - 1.00
	PROBABLE	0.3-0.69
	POCO PROBABLE	0.0 - 0.29
<b>Evolución</b>	RAPIDA	0.61 - 1.00
	MEDIA	0.41 - 0.60
	LENTA	0.00 - 0.40
<b>Magnitud</b>	ALTA	0.61 - 1.00
	MEDIA	0.41 - 0.60
	BAJA	0.00 - 0.40
<b>Duración</b>	LARGA	0.71 - 1.00
	MEDIA	0.41 - 0.70
	CORTA	0.00 - 0.40
<b>Calificación ambiental</b>	Muy significativo	9.1 -1.0
	Significativo	6.1 - 9.0
	Medianamente significativo	4.1 - 6.0
	BAJO	Poco significativo
	Muy poco significativo	0 - 1.9
<b>Constantes De Ponderación</b>		a= 7.0
		b=3.0

Fuente: (León 2002)