



**ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LOS RESIDUOS CON CROMO GENERADOS
POR LA CURTIEMBRE
CURTIRICO (SAN BENITO), SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS Y
BIOLÓGICAS DEL SUELO Y AGUA.**

PRESENTADO POR:

NANCY JULIANA ROMERO TORRES

DIRECTOR:

JORGE ALBERTO SÁCHEZ ESPINOSA

PhD EN SUELOS

*DOCENTE DE CÁTEDRA – PROGRAMA ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL Y DE
LOS RECURSOS NATURALES*

PRESENTADO A:

COMITÉ DE GRADO

FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL

OPCIÓN DE GRADO:

ESP. EN ORDENAMIENTO Y GESTIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
BOGOTÁ, COLOMBIA

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	3
OBJETIVO GENERAL	4
OBJETIVOS ESPECIFICOS	4
ESTADO DEL ARTE O ANTECEDENTES	5
INTERNACIONALES	5
NACIONALES	8
REGIONALES	13
BIBLIOGRAFIA	21

RESUMEN

En este trabajo se analizará la contaminación generada por los residuos con Cromo de la Curtiembre Curtirico, ubicada en el sector de San Benito, Bogotá. Se identificará el impacto ambiental generado por la empresa de curtido de piel a las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo y del agua, por medio de muestreos puntuales y su posterior análisis. El uso de herramientas para el análisis de los impactos generados en esta industria, permitirán identificar los procesos más contaminantes en la producción del curtido de piel, con el fin de implementar una estrategia sostenible para reducir el impacto generado por los vertimientos que se realizan en el proceso.

OBJETIVO GENERAL

Analizar la contaminación de cromo en la curtiembre CURTIRICO, en las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo y agua.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Demostrar el daño de los residuos con Cromo en el ecosistema aledaño a la curtiembre.
- Establecer medidas para el impacto generado por los residuos de Cromo en las propiedades del suelo y del agua.
- Especificar cada daño generado por los residuos de Cromo de la curtiembre.

ESTADO DEL ARTE O ANTECEDENTES

El presente estado del arte, se realizó con fuentes académicas disponibles a nivel internacional, nacional y regional sobre la afectación y posibles soluciones a la problemática ambiental que generan las Curtiembres. A continuación, se muestran las fuentes consultadas:

INTERNACIONALES

Reporte técnico para la industria de curtiembres en el Perú

Para el año 1999, Stuart Miller, Alan Gagnet y Richard Worden, realizaron un reporte técnico sobre las industrias de curtiembres en Perú, este reporte provee una guía de cómo mejorar el proceso de producción del curtido de pieles en este país, con el fin de disminuir o evitar los impactos ambientales y que las empresas del sector sean más competitivas. Las estrategias recomendadas para el sector del curtido de pieles son simples y de fácil implementación; para la retención de sólidos suspendidos en los vertimientos, la estrategia recomendada es instalar una criba al final del proceso de pelambre y así recircular el líquido para su posterior uso, esto podría ser un gran ahorro cerca de un tercio del costo de los productos químicos; después de los procesos de remojo y piquelado, el curtido añade sales de cromo, el cual puede reusar el baño de cromo filtrado y cribado del lote anterior para su posterior uso, esto se puede hacer sacando la mayor cantidad de líquido posible del remojo. (Miller, Gagnet & Worden, 1999)

Monitoring the pollution of river Ganga by tanneries using the multiband ground truth radiometer. Kundoc

En el año 1998, Nitin Kumar Tripathi, C. Venkobachar, Ramesh Kumar Singh y Shiv Pal Singh, hicieron un trabajo de investigación sobre el monitoreo de la contaminación del Río Ganges por curtiembres utilizando el radiómetro de verdad terrestre multibanda. Su enfoque principal fue explorar la eficiencia y viabilidad del radiómetro en el Río Ganges, el cual monitorearon parámetros como la turbidez, DQO, la concentración de taninos y la profundidad de Secchi, una medida de turbidez. Se emplearon relaciones empíricas entre la profundidad de Secchi y la reflectancia, turbidez y concentración de taninos. Se realizaron experimentos en laboratorio para conocer el efecto de la concentración de tanino en la reflectancia por medio de la iluminación controlada. El radiómetro utiliza distintas bandas, sin

embargo, para esta investigación se seleccionaron bandas desde la región visible al infrarrojo cercano (0,4 a 0,9 mm). En el laboratorio se preparó un tanque de 50 x 50 x 75 cm de lámina de hierro galvanizada, se usó una lámpara halógena de tungsteno de 1000 W para el tanque; las muestras recolectadas se hicieron a lo largo del Río Ganges, desde Bithurto aguas abajo del puente Jajmau, teniendo en cuenta contaminación baja hasta una contaminación extrema y en recipientes herméticos. Como resultados de esta investigación, se tiene que, el agua afectada por el tanino tiene una reflectancia más alta en la banda de longitud de onda de 0,76 a 0,90 mm, aumentado la concentración de tanino (concentración máxima de 6 a 8 mg/L) a lo largo del Río Ganges, en donde se ubican las curtiembres. La turbidez mostró que aumenta a medida que disminuye la profundidad de Secchi, y aumenta a medida que aumenta las concentraciones de tanino y la DQO. (Tripathi, Venkobachar & Singh, 1998)

Multivariate analysis of trace metal levels in tannery effluents in relation to soil and water: A case study from Peshawar, Pakistan

En el año 2006, Saadia Tariq y algunos de sus colaboradores, realizaron una publicación de su trabajo de investigación sobre un análisis multivariante de los niveles de trazas de los metales pesados en efluentes de curtiembres en Peshawar, Pakistán. Los metales analizados para este estudio fueron Na, Ca, K, Mg, Mn, Fe, Ni, Co, Cr, Zn y Pb por medio del método AAS, para suelos, agua superficial y subterránea. La distribución de los metales pesados en los tres medios analizados en esta investigación se evidenció con distribuciones no normales, con asimetría y desviaciones estándar muy altas. Los metales más significativos en este estudio fueron los niveles medios más altos de Na, 1,277 mg/L para los efluentes, 881 mg/L para las aguas subterráneas y 12,912 mg/kg para suelo; para Cr fueron 410 mg/L para efluentes, 0.145 mg/L para aguas subterráneas y 100 mg/kg para suelo; y el último metal pesado más significativo fue el Ca, con concentraciones de 278 mg/L para efluentes, 64.8 mg/L para aguas subterráneas y 2,285 mg/kg para suelo. Los estudios realizados utilizando el Análisis de Componentes Principales (PCA) y el Análisis de Clúster (CA), mostraron que el suelo y el agua subterránea estaban siendo contaminados por los tóxicos que se encuentran en los efluentes del curtido de pieles. (Tariq *et al.*, 2006)

Avaliação do Nível de Sustentabilidade de um Curtume Gaúcho à Luz do Sistema de Gestão Ambiental

Este artículo pretende analizar el nivel de sostenibilidad de una curtiembre ubicado en Rio Grande do Sul. El trabajo propone identificar acciones sustentables adoptadas por la curtiembre y programas ambientales en el que la organización se dedica. El estudio consta de una encuesta cuyo enfoque es cualitativo. (Santos, Sehnem & Freitas, 2015)

Gestión económica ambiental del sector curtiembre en Ambato

En el año 2016, Mery Esperanza Ruiz, César Medardo Mayorga, Luis Marcelo Mantilla y Patricia Alexandra López, publicaron un artículo llamado “Gestión Económica Ambiental del sector Curtiembre en Ambato, Ecuador.” Este artículo se enfocó en contrastar la gestión ambiental del sector de curtido de pieles en Ambato, Ecuador, durante un periodo de 5 años (2011-2015). La metodología utilizada en este trabajo de investigación fue de recolección de datos; la toma de datos se realizó en 2 etapas, la primera fue tomado en el año 2011 a 40 curtiembres del sector, y la segunda fu en el año 2015 a 20 curtiembres de Ambato; los datos se recolectaron por medio de encuestas directas a los propietarios y administradores, considerando la disposición y eliminación de aguas residuales, licencia ambiental de vertimientos y presupuesto. Como resultados del estudio de investigación, para el 2011 solo el 5% de las curtiembres elegidas trataban las aguas residuales del proceso productivo, mientras que para el año 2015, casi el 95% de las curtiembres realizaban algún tratamiento para las aguas residuales, ya sea biológico, primario y completo. En el año 2011 solo el 12,5% de las curtiembres consideraron costos ambientales por sus residuos, mientras que, en el año 2015, el 65% de las curtidoras consideraron costos; después de las exigencias reglamentarias por las autoridades ambientales, las empresas encargadas del curtido de pieles aumentaron su porcentaje para estudios y estrategias de gestión ambiental, con el fin de evitar impactos. (Ruiz, Mayorga, Mantilla & López, 2016)

NACIONALES

Diagnóstico y estrategias, proyecto gestión ambiental en el sector de curtiembres. Centro Nacional de Producción Más Limpia y Tecnologías Ambientales

En el año 2004, Carlos Alberto Arango Escobar, Director Ejecutivo del Centro Nacional de Producción más limpia y Tecnologías ambientales, publicaron un proyecto de gestión ambiental en la industria de curtiembre en Colombia. Lo que se buscó con este proyecto fue orientar y saber sobre el estado de las curtiembres en Colombia, también se identificó para cada región, el número de empresas afines con el sector, el tamaño, la producción y el estado ambiental, y se plantearon estrategias de mejoramiento ambiental con una aplicación fácil y con grandes beneficios para cada empresa. El resultado del diagnóstico ambiental del sector de curtiembres en Colombia, se hizo con base en información consultado y suministrada por las autoridades ambientales regionales. Se encontró que el sector de las curtiembres a nivel nacional está en distintas etapas de cumplimiento con la legislación nacional. Se plantearon distintas estrategias para todas las regiones del país, con el fin de optimizar e implementar mejoras continuas en todo el proceso productivo del curtido de pieles, en el siguiente cuadro se muestran cada proceso y algunas alternativas que el Director Ejecutivo con sus aliados propusieron: (Arango, 2004)

Tabla No.1: Alternativas propuestas para el sector de curtiembres a nivel nacional.

PROCESO	ALTERNATIVAS PROPUESTAS
Recepción de pieles	✓ Evaluación detallada de las pieles recibidas. ✓ Usar sal de roca gruesa y reciclar como máximo el 20% de la sal usada. ✓ Aumento de la cantidad de sal usada ✓ Aplicación de la sal de roca ✓ Almacenamiento de las pieles ✓ Control del área de recepción ✓ Adición de bactericida
Remojo (pre)	✓ Adición de bactericidas ✓ Test para la contaminación bacterial
Remojo (principal)	✓ Reemplazar tensoactivos ✓ Reemplazar sulfuro sódico ✓ Reducir el tiempo de remojo
Pelambre	✓ Implementar pantallas de inmunización de pelos ✓ Oxidación catalítica de sulfuro in-situ
Lavados	✓ Realizar los lavados con los bombos cerrados
Desencalado	✓ Incrementar las adiciones de bisulfito sódico ✓ Reemplazar sulfato amónico ✓ Realizar el desencalado y rendido en el mismo baño
Lavados	✓ Lavados después del desencalado
Curtición al cromo	✓ Alto nivel de cromo agotado ✓ Reemplazar cromo 42 ✓ Instalación de pantallas para la eliminación impurezas ✓ Evitar la introducción de impurezas ✓ Realizar una acidificación de los licores de cromo ✓ Polvo virgen de cromo

Fuente: Proyecto Gestión Ambiental en la Industria de Curtiembre, 2004.

Methodology to implement an example of social responsibility business (SRB) in the leather industry in Colombia

En el año 2009, Paniagua e Isaza, realizaron un estudio sobre una metodología para implementar un modelo de responsabilidad social empresarial (RSE) en la industria de la curtiembre en Colombia, se propone en dicha metodología la preocupación del sector industrial de las curtiembres ya que los impactos al medio ambiente son muy grandes y no se tenía una responsabilidad frente a ellos, por eso esta guía se basa en como dejar de impactar tanto al medio físico cuando las aguas residuales son vertidas. La metodología propuesta plantea una alternativa para internalizar, en forma práctica, la pérdida de bienestar que ocasiona en la población el deterioro ambiental generado por la industria de la curtiembre. (Paniagua & Isaza, 2009)

Descripción de la nocividad del cromo proveniente de la industria curtiembre y de las posibles formas de removerlo

En el año 2010, se publicó un trabajo de investigación titulado “Descripción de la nocividad del cromo proveniente de la industria curtiembre y de las posibles formas de removerlo.” En este artículo se hace un énfasis en la nocividad que tiene el cromo proveniente en seres vivos, enfocado hacia el ecosistema acuático, también se practican algunas de las técnicas de remoción de cromo en este de intercambio iónico, como resultado Para los procesos que utilizan sustancias con contenidos de Cr, es pertinente evaluar las ventajas que podrían prestar los diferentes tratamientos, como los expuestos en esta revisión, con el objeto de minimizar la carga contaminante que se vierte al sistema de alcantarillado. (Porras, 2010)

Impacto generado por los vertimientos de las curtiembres en corrientes superficiales usando pruebas de toxicidad. Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente.

En 2013, Luz Edith Barba, Yojana Ballesteros, Paola Patiño y Carlos Ramírez, titularon su artículo “Impacto generado por los vertimientos de las curtiembres en corrientes superficiales usando pruebas de toxicidad,” en este trabajo se plantearon y ejecutaron pruebas de toxicidad utilizando dos organismos, la *Daphnia pulex* y el pez *Poecilia reticulata*, con el fin de valorar el impacto ambiental por los vertimientos con altos contenidos de materia orgánica e inorgánica, del curtido de pieles. En la metodología realizaron un diseño experimental al azar, cuyas unidades experimentales fueron los recipientes de los dos organismos; el vertimiento se

monitoreo durante 3 jornadas de 24 horas, con una recolección de 4 muestras compuestas de 6 horas cada una; luego de la recolección de las muestras se realizaron las pruebas agudas y estáticas de toxicidad, según los Métodos Estandarizados para el análisis de aguas y aguas residuales (APHA *et al.*, 2005); en cuanto al análisis estadístico se aplicó un nivel de confianza del 95% para las pruebas ANOVA y POST-ANOVA, validando los supuestos de homogeneidad, aleatoriedad y normalidad, además de ello se realizó una prueba Probit para aquellas muestras que mostraron una letalidad mayor del 50% y así construir la curva dosis-respuesta. A cada muestra recolectada se le realizó una caracterización fisicoquímica, luego de ello se comparó para cada muestreo la tendencia de cada parámetro medido con las unidades de toxicidad calculadas en cada vertimiento. Este trabajo arrojó en los resultados niveles de toxicidad superiores a 100 unidades de toxicidad (UT), en los momentos en donde se utilizan sustancias tóxicas (Cromo y Sulfuro) en el proceso de curtido de pieles, son importantes estas pruebas de toxicidad a nivel de sedimentos del lecho del cauce, con el fin de poder conocer el grado de acumulación de sustancias tóxicas e inferir su efecto en la calidad de los cuerpos de agua. (Barba, Ballesteros, Patiño & Ramírez, 2013)

Aprovechamiento de Cromo eliminado en aguas residuales de curtiembres (San Benito, Bogotá), mediante tratamiento con sulfato de sodio

En el año 2014 se realizó el estudio de aprovechamiento del cromo eliminado en aguas residuales de curtiembres por medio de tratamiento de sulfato de sodio de una curtiembre en el sector de San Benito, Bogotá, para este estudio se obtuvieron datos previos sobre la cantidad de cromo que había en el agua evidenciando sobrepasa los límites establecidos por la resolución 631, como resultado de este estudio se encontró que Puede utilizarse sal de cromo recuperada con ácido fórmico y sulfato de sodio mezclada con sal de cromo comercial en todas las proporciones ensayadas. (Ortiz & Carmona, 2014)

Evaluación ambiental asociada a los vertimientos de aguas residuales generados por una empresa de curtiembres en la cuenca del Río Aburrá. Revista UIS Ingenierías

En el 2018, Diana Marcela Cuesta, Carol Lorena Velazco y Julián Camilo Castro, publicaron su trabajo titulado “Evaluación ambiental asociada a los vertimientos de aguas residuales generados por una empresa de curtiembres en la cuenca del Río Aburrá.” La investigación consistió en analizar el impacto ambiental generado por los vertimientos de una empresa de curtido de pieles en el municipio de Copacabana, Antioquia. La metodología aplicada fue por el método de Conesa, que consistió en 2 partes, la primera fue la evaluación cuantitativa, en donde se establecieron los factores ambientales, los indicadores, la unidad de medida y la magnitud de cada impacto considerado, el resultado de esta evaluación indicó si el impacto es irrelevante, moderado, severo o crítico; la segunda evaluación fue la cualitativa, está consistió en identificar las acciones que pudieran causar impactos ambientales sobre una serie de factores, esta evaluación se cruzó con las actividades de las curtiembres y los componentes del ambiente. Para la modelación de la contaminación del Río por los vertimientos de las curtiembres, se utilizó el software QUAL2K, los datos ingresados al software fueron tomados de la red de monitoreo de la calidad del agua del Río Aburrá. El impacto más significativo en esta zona por la actividad de las curtiembres fue el uso y la alteración fisicoquímica del agua; en cuanto a la modelación de la afectación del recurso hídrico, se simularon distintos parámetros, entre ellos la DBO rápida vertida aumenta la concentración 18 mg O₂/L, retirándose del objetivo de calidad del Río (50 mg O₂/L), mientras que, la conductividad y la temperatura no mostraron afectaciones. (Cuesta, Velazco & Castro, 2018)

Remoción de contaminantes y crecimiento del alga *Scenedesmus* sp. en aguas residuales de curtiembres, comparación entre células libres e inmovilizadas

En el año 2018 se escribió un artículo llamado “Remoción de contaminantes y crecimiento del alga *Scenedesmus* sp. en aguas residuales de curtiembres, comparación entre células libres e inmovilizadas” y habla sobre cómo las aguas residuales de las curtiembres son dañinas para el medio ambiente debido a las altas concentraciones de cromo y sulfuros, donde sus muestras principales se tomaron del río Bogotá en el sector de San Benito, en el sector de San Benito, este estudio se fundamenta en cómo remover estos contaminantes por medio bacterias, este artículo aporta los estudios previos de los contaminantes que se encontraron en el agua

los cuales se podrán confrontar con otros datos en el futuro. (Rosales, Rodríguez & Ballen, 2018)

Reducing of the environmental impact of unhairing process un Colombian tanneries

En el año 2018, Fúquene, Manrique, Calle y Yate, realizaron un estudio sobre la Reducción del impacto ambiental del proceso de depilación en curtiembres colombianas. En Colombia, el mayor porcentaje de empresas curtidoras se ubican en Cundinamarca específicamente en el municipio de Villapinzón, que es el eje de estudio, debido a que utiliza la cuenca alta del río Bogotá como fuente receptora de los vertimientos que genera. las curtiembres son uno de los sectores productivos que mayor impacto negativo tienen sobre el recurso hídrico, específicamente, la etapa de pelambre que emplea una relación másica 1:1 (piel – agua). en función de esto, el objetivo de este proyecto fue la evaluación del impacto de re- utilizar los licores residuales generados en el proceso de pelambre sin alterar la calidad del producto final, mediante la realización de en- sayos a nivel de planta piloto del proceso de pelambre sin sulfuro y pelambre mixto a cueros vacunos salados. los vertimientos generados por el proceso sin sulfuro fueron recirculados directamente, mientras que a los vertimientos del pelambre mixto se les realizó un tratamiento de oxidación, coagulación y sedimentación, ambos vertimientos fueron monitoreados mediante la medición de cuatro parámetros fisicoquímicos de interés sanitario. los resultados obtenidos permiten establecer que, la recirculación de las aguas de pelambre no incrementa los costos, por el contrario, presenta un ahorro y disminuye el impacto ambiental negativo generado en la cuenca alta del río Bogotá, teniendo en cuenta que el volumen aproximado de reutilización del agua es del 50%, confirmando la hipótesis planteada sobre la recirculación de los efluentes de este proceso. (Fúquene, Manrique, Calle & Yate, 2018)

REGIONALES

Impacto ambiental generado en el proceso productivo de la empresa Curtidos del Oriente Barrio San Benito Bogotá

En 2006, Jenny Carolina García Pantoja y Janneth Paola Gutiérrez Rojas, publicaron su trabajo de grado titulado: impacto ambiental generado por el proceso productivo de la empresa Curtidos del Oriente Barrio San Benito Bogotá 2006. El objetivo de este trabajo fue identificar de manera teórica y práctica los impactos ambientales que se generan por los residuos del curtido de pieles en la empresa Curtidos del Oriente en Bogotá, para poder contribuir al mejoramiento de la calidad de vida y a la disminución de los impactos ambientales que se generan, además de ello los autores también buscaron que la empresa diseñaran procesos, estrategias y técnicas para ayudar con la disminución de los impactos ambientales que ellos generan. La metodología utilizada en este estudio se designó bajo observación directa y evaluación sobre la productividad de la empresa, teniendo en cuenta contaminación, técnicas implementadas y normatividad, por otra parte, la metodología también se enfocó en la consulta de varias fuentes de información para conocer el estado actual, y poder realizar un análisis descriptivo para el desarrollo de los objetivos planteados, incluyendo un estudio de caso aplicado a la empresa Curtidos del Oriente. La contaminación más alta en todo el proceso productivo de curtido de pieles se produce en el proceso de curtidora, debido a las grandes cantidades de lodo mezclado con sustancias tóxicas que se vierten en el medio; el uso de sales alcalinas aumenta el pH del agua y su grado de toxicidad; los residuos de pelos aportan grandes cantidades de cargas orgánicas; los procesos de piquelado, desencalado, curtido y engrase son las que contribuyen grandes cantidades de emisiones. La empresa Curtidos del Oriente cuenta con tratamiento biológico del agua, esto es de gran ayuda para el ambiente y también para la empresa, puesto que esta agua tratada es reutilizada, sin embargo, como empresa deben tener en cuenta los otros impactos que se están generando en el proceso productivo. (García & Gutiérrez, 2006)

El residuo líquido de las curtiembres estudio de caso: cuenca alta del Río Bogotá

En el año 2006, Jorge Lui Corredor Rivera, publico su artículo “El residuo líquido de las curtiembres estudio de caso: cuenca alta del Río Bogotá” en la revista de la Universidad Militar Nueva Granada. Este trabajo consistió en analizar algunos de los aspectos fisicoquímicos de los residuos líquidos que se generan en el proceso productivo del curtido de pieles, sus efectos sobre el medio ambiente y algunas propuestas para manejarlos y darles su correcta disposición final. Se plasmo en el artículo cada proceso que se requiere para la producción de cuero y el residuo que se genera en cada uno de ellos; también se plantearon los aspectos fisicoquímicos con mayor interés para esta industria, las cuales fueron: pH, aceites y grasas, Temperatura del agua, Cloruros, DBO5, DQO, Conductividad, SST, Sulfuros, Cromo Total y Nitrógeno, para este trabajo se tuvieron en cuenta los valores mínimos y máximos indicados a los registros de la CAR en 1982, sin embargo, hoy en día se tienen en cuenta los valores límites permisibles que se encuentran en la Resolución 631 de 2015. Los residuos generados por esta industria alteran significativamente el ambiente, siendo algunos impactos irreversibles, algunos de los impactos que se generan por la industria son: disminución del oxígeno disuelto en el agua, aumento de la salinidad, alteración de la estructura y textura del suelo (principalmente la porosidad), aceleración de la erosión, disminución de la producción agrícola, hay perdida de permeabilidad, alteración de las condiciones de drenaje, hay producción de olores y gases, afectación de toda la flora y fauna de los alrededores de la industria, destrucción de la mayoría de la microbiota, entre otros impactos. Como conclusiones el autor propuso que cada industria de curtiembre debería tener una planta para el tratamiento de sus aguas residuales; los sulfuros se pueden controlar por aireación y recirculación, siempre que no alcancen concentraciones muy altas; los materiales de tipo sintético (polímero) son una alternativa para esta industria disminuyendo la contaminación. (Corredor, 2006)

Las industrias curtiembres y su incidencia en la contaminación del Río Bogotá

En la revista digital ISOCUANTA, de la facultad de Economía de la Universidad Santo Tomas, Luis Alberto Artuz, Myriam Sara Martínez y Claudia Johanna Morales, publicaron un artículo titulado: Las Industrias Curtiembres y su incidencia en la contaminación del Río Bogotá; este trabajo tuvo como enfoque realizar una investigación puntual para identificar las causas de emisión de residuos generados por las curtiembres, determinando el impacto ambiental que generan en el Río Bogotá, durante 10 años (1995-2005). Los datos de diagnóstico ambientales fueron

empresariales y sectoriales, suministrados por la CAR (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca) y el DANE. El trabajo considero 3 secciones: la primera sección se plasmó una reseña sobre las externalidades. La segunda sección se hizo una relación de las externalidades con el tema ambiental, teniendo en cuenta evidencias y se eligió el método de *presión – estado – respuesta*; este método se enfoca en la causalidad, donde las actividades humanas, industrias y personas ejercen presión sobre el medio ambiente. La tercera sección se mostraron los resultados, cada aumento de un millón de la producción anual en la industria de las curtiembres, la contaminación del Río Bogotá aumenta en 108,59 ton de residuos sólidos. Los autores propusieron distintas conclusiones, algunas de ellas son: crear una guía ambiental para el sector de las curtiembres, impulsar las tecnologías limpias en las curtiembres artesanales, imponer sanciones a aquellas curtiembres que no tengan un control legal. (Artuz, Martínez & Morales, 2010)

Diseño de un observatorio ambiental para el sector de curtiembres, estudio de caso: curtiembres de Villapinzón y Chocontá

En el año 2010, Javier Darío Burgos Salcedo, publicó un trabajo titulado diseño de un observatorio ambiental para el sector de curtiembres, estudio de caso: curtiembres de Villapinzón y Chocontá, con este trabajo se buscó una herramienta para poder evaluar los impactos generados por los procesos productivos del curtido de pieles, implementando un observatorio como base de la estrategia de evaluación, seguimiento y monitoreo de la implementación de producción más limpia en este sector industrial. Como metodología se utilizó la investigación SWITCH, donde interactuaron la autoridad ambiental (CAR), los pequeños empresarios de curtiembres y la academia representada por el IDEA; la metodología se realizó en 3 secciones, la primera se hizo una revisión de información (antecedentes y disponibilidad de fuentes), la segunda sección se hizo un marco conceptual (estructura temática y elementos teóricos) y la última sección fue la formalización de contenido del observatorio (Indicadores e índices y boletines de multimedia). Se realizaron cerca de 58 indicadores con el fin de poder llegar a un solo índice de desarrollo sostenible para el sector de las curtiembres, dado esto, la implementación de estrategias de producción más limpia es de prioridad para el desarrollo y competitividad en este sector industrial. Como recomendación el autor sugirió dar una ampliación de un estudio, teniendo en cuenta las externalidades en el proceso de curtido de pieles, valorando esto por medio de los indicadores e índices, para evaluar, monitorear y cuantificar los impactos generados por el sector y la implementación de las estrategias de producción más limpia. (Burgos, 2010)

Prueba piloto para fitorremediación de Cromo y Plomo, en el suelo de la subcuenca Río Alto Bogotá

En el año 2010, Carolina Rodríguez y Carlos Caho, hicieron una prueba piloto para la fitorremediación de Cromo y Plomo, en el suelo de la subcuenca del Río alto Bogotá. El trabajo se planteó por la problemática ambiental donde se encuentran las curtiembres, dando como una alternativa de solución para esta problemática la fitorremediación, que se encarga de degradar, metabolizar o eliminar metales pesados tóxicos, mediante plantas con una gran capacidad fisiológica de retener aquellas sustancias tóxicas. En este trabajo se utilizaron las especies de plantas *Beta vulgaris* var *cicla*, conocida como la Acelga y *Phaseolus lanatus*, conocida como Habichuela. Además de emplear la fitorremediación se empleó el método de absorción atómica para analizar los metales pesados del agua residual del curtido de pieles. (Rodríguez & Caho, 2010)

Identificación y evaluación de la contaminación del agua por curtiembres en el municipio de Villapinzón

En 2012, Andrés Felipe Suarez, César Augusto García y Martha Lucía Vaca, desarrollaron un trabajo titulado Identificación y evaluación de la contaminación del agua por curtiembres en el municipio de Villapinzón, su objetivo principal fue evaluar distintos aspectos fisicoquímicos (como pH, turbiedad, alcalinidad, oxígeno disuelto, DQO, DBO5, dureza, acidez, nitritos, sulfatos, nitratos, SST y Cromo) en diferentes puntos ubicados a lo largo del cauce del Río Bogotá, permitiendo establecer los posibles efectos de los vertimientos sobre los parámetros de calidad del agua en el Río Bogotá. Se analizaron o se tomaron 5 muestras simples durante un período de 6 meses en tres puntos, teniendo en cuenta información de la CAR sobre vertimientos en el Río; en cada punto se tuvieron en cuenta mediciones de profundidad, ancho, caudal y las muestras recolectadas en botellas. Al analizar los resultados obtenidos en este estudio, se tuvo un aumento en la carga orgánica y una disminución del oxígeno disuelto en los puntos; el aumento de la conductividad se aprecia en los vertimientos principalmente de industrias como la del curtido de pieles; la concentración de sulfatos se presenta de manera gradual de una estación a otra; la concentración de Cromo se disminuye a medida que se avanza por el cauce del Río, esto se puede dar debido a que con las condiciones de pH en los medios naturales, el Cromo hexavalente se tiende a precipitar. (Suarez, García & Vaca, 2012)

Las curtiembres en el Barrio San Benito de Bogotá, un análisis bioético en la perspectiva de Hans Jonas

En el año 2012, Lucino Vásquez Daza, realizó un trabajo titulado Las curtiembres en el Barrio San Benito de Bogotá, un análisis bioético en la perspectiva de Hans Jonas. Su objetivo tuvo una consideración valorativa de la parte ambiental con el fin de poder presentar una responsabilidad ética presente y futura de las curtiembres, enfocándose por la permanencia y continuidad de la vida del medio ambiente. La metodología de este trabajo se desarrolló en 3 fases, la primera fase se realizó una búsqueda de la información general para ampliar los datos gracias a la población involucrada directa e indirectamente de la industria del curtido de pieles; la segunda fase consistió en sistematizar y clasificar la información recolectada con el fin de plantear el problema de la contaminación de las curtiembres; y la última fase consistió en la comparación de la perspectiva ética de Hans Jonas y los posibles impactos de la industria de curtiembres, desarrollando un análisis de las actuaciones de los agentes y actores claves del proceso productivo de las curtiembres. El autor concluye que la industria de curtido de pieles es una gran amenaza para la vida del ambiente y para la humanidad, e invita a todos los agentes y actores claves tener buenas prácticas sostenibles en el proceso productivo e implementado tecnologías limpias que permitan la retención y la disminución de muchos de los aspectos microbiológicos y fisicoquímicos de los residuos de esta industria. (Vásquez, 2012)

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

En 2013, Nidia Elena Ortiz Penagos, desarrolló como trabajo de grado titulado “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, para su maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. El enfoque de este trabajo fue evaluar el porcentaje de recuperación y de reutilización del Cromo en las aguas residuales de las curtiembres, con hidróxido de sodio, para minimizar los impactos y reutilizar el agua en el proceso productivo. Se realizó una pre-experimentación para establecer los niveles de contaminación de Cromo en las aguas residuales de 5 curtiembres en San Benito, tomando 3 muestras por cada curtiembre, cada una de ellas tomada semanalmente y analizada por espectrofotometría, posterior a esto se hizo una filtración del agua residual por medio de lechos filtrantes, luego se precipitó el Cromo variando la concentración del hidróxido de sodio, cada ensayo para variar la concentración se hizo por triplicado,

y por último se realizó una regeneración del sulfato básico de Cromo con ácido sulfúrico para su posterior reutilización en el proceso de curtidos de pieles. El trabajo consistió en 5 etapas, en la primera etapa se determinaron los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales recolectadas en cada curtiembre del sector; la segunda etapa se adicionó la solución 4 M de hidróxido de sodio a las muestras recolectadas hasta obtener un pH inicial de 9; la tercera etapa se realizó un diseño experimental para determinar el efecto del tipo de ácido que proporciona los iones hidrogeniones (H^+); la cuarta etapa se realizó otro diseño experimental para conocer el % de efecto de sulfato básico de Cromo regenerado con ácido fórmico y sulfato de sodio; y la última etapa se hizo un estudio de sostenibilidad económica a partir del costo de la inversión inicial para equipos en su implementación de la tecnología. Los resultados arrojaron una reducción del Cromo de las aguas residuales de un 99,9% desde una concentración de hidróxido de sodio 4 M promedio de 2.475 mg/L, esto permite reutilizar el agua en el proceso de curtido de pieles, disminuyendo cerca de 3 m³ por cada lote de 100 pieles y además evita la contaminación y efectos adversos que se generan por los vertimientos con grandes concentraciones de Cromo de las aguas residuales generadas por el proceso productivo de las curtiembres. (Ortiz, 2013)

Metabolismo social para el manejo sostenible de los recursos naturales, el agua en la cuenca alta del Río Bogotá

En el año 2013, Carolina Tobón Martínez, desarrollo su trabajo de investigación para optar su título como Magíster en Medio Ambiente y Desarrollo, sobre Metabolismo social para el manejo sostenible de los recursos naturales, el agua en la cuenca alta del Río Bogotá. El trabajo tuvo como objetivo generar criterios que permitan analizar la sostenibilidad del manejo del agua, en la cuenca alta del Río Bogotá, debido a las distintas actividades que ejercen presión sobre el recurso como el curtido de pieles, y que han aumentado en los últimos años sus vertimientos sobre el Río. Esta investigación se compuso por varias metodologías, que incluyo a la parte física, desde el punto del ciclo del agua y sus variables que lo componen (precipitación, evaporación, entre otras); la parte histórica, desde el análisis del uso del territorio a lo largo del tiempo, teniendo en cuenta los cambios socio-económicos, ecológicos y físicos; y por último la parte geográfica, desde la integración de las variables temporales y espaciales. Como conclusiones la autora del trabajo estableció dar un valor económico y diseñar esquemas de pago por los servicios que presta la cuenca alta del Río Bogotá, que todas las instituciones y sectores trabajen conjuntamente para mejorar las condiciones de la calidad del agua de la cuenca y tener un estrategia o un plan de contingencia, puesto que, el manejo

del agua es insostenible y puede conducir a una emergencia afectando la provisión de los recursos ecosistémicos para el bienestar humano y para los sectores industriales que se encuentran en la zona. (Tobón, 2013)

Efecto de las actividades antrópicas sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas del Río Bogotá a lo largo del municipio de Villapinzón, Colombia

En 2016, Jorge Alberto Díaz Martínez y Carlos Arturo Granada Torres, de la Universidad Nacional de Colombia, publicaron un artículo titulado: Efecto de las actividades antrópicas sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas del Río Bogotá a lo largo del municipio de Villapinzón, Colombia. Este trabajo se midieron 26 variables fisicoquímicas, como Cromo y Plomo, y 4 variables microbiológicas, como Coliformes totales y *Escherichia Coli*, entre otras; se seleccionaron 9 estaciones de muestreo a lo largo del Río, de tal forma que algunas tuvieran poca intervención antrópica y otras tuvieran una alta intervención. Las muestras recolectadas fueron integradas, siguiendo los protocolos del IDEAM, y del INS (Laboratorio de calidad del agua del Instituto Nacional de Salud), además los resultados obtenidos se compararon con los valores críticos de la Resolución 2115 de 2007 y el Decreto 1594 de 1984 sobre usos del agua y residuos líquidos. Los resultados mostraron que en todas las estaciones las variables microbiológicas estuvieron por encima del nivel aceptable o saludable, en cuanto a las variables fisicoquímicas, el Cromo en la zona de curtiembres supero el máximo nivel con efecto adverso a la salud. El deterioro progresivo de la calidad del agua del Río Bogotá va en aumento, por las actividades antrópicas realizadas; probablemente esta es una de las causas de las enfermedades infecciosas y parasitarias que se presentan en el municipio de Villapinzón. (Díaz & Granada, 2016)

Diseño y evaluación de un biosistema de tratamiento a escala piloto de aguas de curtiembres a través de la *Eichhornia crassipes*

En el año 2016, Uriel Fernando Carreño Sayago, titulo su artículo Diseño y evaluación de un biosistema de tratamiento a escala piloto de aguas de curtiembres a través de la *Eichhornia crassipes*, donde su objetivo fue remover y retener el Cromo de las aguas contaminadas por los residuos del proceso productivo del curtido de pieles, teniendo en cuenta que fuera una solución económica y tecnológicamente viable para este sector; fue una investigación cuantitativa experimental, donde las variables independientes fueron el Cromo y la DBO. Para la metodología el autor aisló la planta *Eichhornia crassipes* de un humedal, cada

experimento se desarrolló de forma triplicada; se montaron 7 sistemas de tratamiento, 3 de ellos con 40% de agua de curtiembres y 3 de ellos con un 60% de aguas de curtiembres, el otro % se completó con agua destilada, el último sistema fue un montaje de un blanco con agua del humedal. Para analizar los resultados, se midieron las concentraciones en el agua de Cromo en mg/L, cada dos días, la medición del Cromo fue por medio de espectrofotometría, a partir del 3 día se obtuvieron remociones de más del 30%, llegando a tener una remoción del 58%; en cuanto a la remoción de la DBO se realizó mediante las normas del estándar métodos (1995), las remociones de DBO llegaron a un 66% desde el primer día. Este biosistema es una alternativa eficiente para ser utilizada como retenedora de metales pesados y materia orgánica, su aplicación y uso son sencillos y eficientes, sin embargo, este biosistema se debe complementar con otro tratamiento, puesto que las concentraciones de Cromo y DBO en los residuos de las curtiembres son altas. (Carreño, 2016)

Efectos ambientales generados por los vertimientos de las industrias de curtido de pieles: implicaciones en la cuenca alta del Río Bogotá

En 2018, Sonia Carolina Sierra García, hizo un estudio llamado Efectos Ambientales generados por los vertimientos de las industrias de curtido de pieles: implicaciones en la cuenca alta del Río Bogotá, donde se realizó un análisis del cumplimiento de los parámetros fisicoquímicos de 20 empresas de curtido de pieles en los municipios de Chocontá y Villapinzón, según la norma de vertimientos, Resolución 631 de 2015. Las muestras tomadas correspondieron a 10 empresas con permiso de vertimientos y 10 empresas sin permiso de vertimientos, para un total de 20 caracterizaciones, con los siguientes parámetros fisicoquímicos, pH, DBO5, DQO, SST, SSED, Grasas y Aceites, Sulfuros, Cloruros y Cromo; se compararon los resultados con los límites máximos permisibles de los vertimientos a los cuerpos de agua superficiales, para determinar su cumplimiento por las 20 empresas caracterizadas y los efectos ambientales que afectan la calidad del agua del Río Bogotá. Los resultados obtenidos muestran que los parámetros fisicoquímicos de las empresas con permiso de vertimientos en su mayoría se encuentran dentro de los valores máximos permisibles de la Resolución, mientras que, los parámetros fisicoquímicos de las empresas que no cuentan con permiso de vertimientos exceden los límites de la Resolución. Los parámetros que más excedieron los límites de la Resolución fueron, DBO con un valor de 21.600 mg/L (valor límite 600 mg/L), DQO con un valor de 20.393 mg/L (valor límite 1.200 mg/L) y los Sólidos Suspendidos Totales con valores entre 1.125–8.900 mg/L (valor límite 600 mg/L). (Sierra, 2018)

BIBLIOGRAFIA

- Miller, S., Gagnet, A.J. & Worden, R.C. (1999). Reporte técnico para la industria de curtiembres en el Perú. Ministerio de Industria, Turismo, Integración y Comercio Internacional. Lima, Perú.
- Tripathi, N.K., Venkobachar, C., Singh, R.K. & Singh S.P. (1998). Monitoring the pollution of river Ganga by tanneries using the multiband ground truth radiometer. Kundoc. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing. Vol. 53, No. 4. Pp. 204-216. Recuperado el 24 de agosto de 2019, de <https://kundoc.com/pdf-monitoring-the-pollution-of-river-ganga-by-tanneries-using-the-multiband-ground-.html>
- Tariq, S.R. *et al.* (2006). Multivariate analysis of trace metal levels in tannery effluents in relation to soil and water: A case study from Peshawar, Pakistan. Journal of Environmental Management. Vol. 79, No.1. pp. 20-29. Recuperado el 24 de agosto de 2019, de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16154685>
- Santos, G., Sehnem, S. & Freitas, M. (2015). Avaliação do Nível de Sustentabilidade de um Curtume Gaúcho à Luz do Sistema de Gestão Ambiental (SGA). Vol. 4, No. 2, pp. 102–117.
- Ruiz, M.E., Mayorga, C.M., Mantilla, L.M. & López, P.A. (2016). Gestión económica ambiental del sector curtiembre en Ambato. Revista Académica Augusto Guzz. No. 17. Pp. 133 – 142. Recuperado el 24 de agosto de 2019, de http://fics.edu.br/index.php/augusto_guzzo/article/view/330/415
- Arango, C.A. (2004). Diagnóstico y estrategias, proyecto gestión ambiental en el sector de curtiembres. Centro Nacional de Producción Más Limpia y Tecnologías Ambientales. Recuperado el 24 de agosto de 2019, de <https://rubielmontoya.files.wordpress.com/2012/09/estrategiasdiagnostico.pdf>
- Paniagua, J.A.V. and Isaza, D.P.G. (2009). Methodology to implement an example of social responsibility business (SRB) in the leather industry in Colombia. Vol. 4, No. 8, pp. 49–56.

- Chávez Porras, A. (2010). Descripción de la nocividad del cromo proveniente de la industria curtiembre y de las posibles formas de removerlo. Universidad Militar Nueva Granada. Vol. 9, No. 17, pp. 41–49.
- Barba, L.E., Ballesteros, Y.V., Patiño, P.J. & Ramírez, C. (2013). Impacto generado por los vertimientos de las curtiembres en corrientes superficiales usando pruebas de toxicidad. Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente. Universidad del Valle, Cali. No. 12. Pp. 79-90. Recuperado el 24 de agosto de 2019, de <https://www.redalyc.org/pdf/2311/231130851008.pdf>
- Ortiz, N.E. & Carmona, J.C. (2014). Aprovechamiento de Cromo eliminado en aguas residuales de curtiembres (San Benito, Bogotá), mediante tratamiento con sulfato de sodio. Universidad de Caldas. No. 40, pp. 117–126.
- Cuesta, D.M., Velazco, C.L. & Castro, J.C. (2018). Evaluación ambiental asociada a los vertimientos de aguas residuales generados por una empresa de curtiembres en la cuenca del Río Aburrá. Revista UIS Ingenierías. Vol. 17, No. 2. Pp. 141-152. Recuperado el 22 de agosto de 2019, de <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistauisingenierias/article/view/8116/8182>
- Rosales, A. G., Rodríguez, C. & Ballen Segura, M. (2018). Remoción de contaminantes y crecimiento del alga Scenedesmus sp. en aguas residuales de curtiembres, comparación entre células libres e inmovilizadas. Universidad Sergio Arboleda. Vol. 14, No. 28, pp. 11–34.
- Fúquene, D.M., Manrique, J.O., Calle, L.E. and Yate, A.V. (2018). Reducing of the environmental impact of unhairing process un Colombian tanneries. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Vol. 9, No. 2, pp. 247.
- García, J.C. & Gutiérrez, J.P. (2006). Impacto ambiental generado en el proceso productivo de la empresa Curtidos del Oriente Barrio San Benito Bogotá. Trabajo de pregrado de Administración de Negocios. Universidad de San Buenaventura, Bogotá.

- Corredor, J.L. (2006). El residuo líquido de las curtiembres estudio de caso: cuenca alta del Río Bogotá. Revista Unimilitar. Vol. 16, No. 2. Pp. 14-28. Recuperado el 19 de agosto de 2019, de <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rcin/article/view/1230/960>
- Artuz, L.A., Martínez, M.S. & Morales, C.J. (2010). Las industrias curtiembres y su incidencia en la contaminación del Río Bogotá. ISOCUANTA: Facultad de Economía. Vol. 1, No. 1. Pp. 43-53. Recuperado el 18 de Agosto de 2019, de <https://revistas.usantotomas.edu.co/index.php/isocuanta/article/view/1387/1582>
- Burgos, J.D. (2010). Diseño de un observatorio ambiental para el sector de curtiembres, estudio de caso: curtiembres de Villapinzón y Chocontá. Trabajo de grado para Magíster en Medio Ambiente y Desarrollo. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Rodríguez, C. & Caho, C. (2010). Prueba piloto para fitorremediación de Cromo y Plomo, en el suelo de la subcuenca Río Alto Bogotá. Universidad de la Salle.
- Suarez, A.F., García, C.A. & Vaca, M.L. (2012). Identificación y evaluación de la contaminación del agua por curtiembres en el municipio de Villapinzón. Revista Tecnura. Vol. 16. Edición Especial. Pp. 185-194.
- Vásquez, L. (2012). Las curtiembres en el Barrio San Benito de Bogotá, un análisis bioético en la perspectiva de Hans Jonas. Trabajo de grado para Magíster en Bioética. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- Ortiz, N.E. (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. Trabajo de grado para Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Universidad de Manizales.
- Tobón, C. (2013). Metabolismo social para el manejo sostenible de los recursos naturales, el agua en la cuenca alta del Río Bogotá. Trabajo de grado para Magíster en Medio Ambiente y Desarrollo. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

- Díaz Martínez, J.A. & Granada Torres C.A. (2016). Efecto de las actividades antrópicas sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas del Río Bogotá a lo largo del municipio de Villapinzón, Colombia. Revista de la Facultad de Medicina. Vol. 66, No. 1. Pp. 45-52. Recuperado el 18 de Agosto de 2019, de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/revfacmed/article/view/59728>
- Carreño, U.F. (2012). Diseño y evaluación de un biosistema de tratamiento a escala piloto de aguas de curtiembres a través de la Eichhornia crassipes. Revista Colombiana de Biotecnología. Vol. 18, No. 2. Pp. 74-81.
- Sierra, S.C. (2018). Efectos ambientales generados por los vertimientos de las industrias de curtido de pieles: implicaciones en la cuenca alta del Río Bogotá. Trabajo de grado para Especialista en planeación ambiental y manejo integral de los recursos naturales. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá.