

Gestión de Residuos de Curtiembres y Políticas de Sostenibilidad en la Industria del Cuero

Management of Tannery Waste and Sustainability Policies in the Leather Industry

Wendy Pilar Romero Noboa^{1[0000-0002-8550-2864]}, Sandy Solange Salguero Muñoz^{1[0009-0000-5207-9230]}, Lizbeth Priscila Ocaña Vargas^{1[0009-0009-4125-633X]}

¹ Universidad Nacional de Chimborazo. Facultad de Ciencias Políticas y Administrativas. Av. Antonio José de Sucre, Guano, 060108, Riobamba, Ecuador

¹{wendy.romero, sandy.salguero, lizbeth.ocana}@unach.edu.ec

CITA EN APA:

Romero Noboa, W. P., Salguero Muñoz, S. S., & Ocaña Vargas, L. P. (2025). Gestión de Residuos de Curtiembres y Políticas de Sostenibilidad en la Industria del Cuero. *Tesla Revista Científica*, 5(1), e474.

<https://doi.org/10.55204/trc.v5i1.e474>

Recibido: 2024-03-05

Revisado: 2024-03-15 al 2025-04-15

Corregido: 2025-05-05

Aceptado: 2025-05-15

Publicado: 2025-05-21

TESLA

Revista Científica

ISSN: 2796-9320



Los contenidos de este artículo están bajo una licencia de Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Los autores conservan los derechos morales y patrimoniales de sus obras. The contents of this article are under a Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license. The authors retain the moral and patrimonial rights of their works.

Resumen. La industria del cuero es una de las más antiguas y estables en la economía mundial, destacándose por transformar materias primas en productos valiosos y duraderos. Sin embargo, enfrenta desafíos significativos en la gestión de residuos sólidos y líquidos, que contienen sustancias tóxicas y contaminantes. Si no se gestionan adecuadamente, estos residuos pueden afectar gravemente el medio ambiente y la salud pública, impactando la calidad del agua y el suelo. Para abordar estos desafíos, es crucial implementar políticas sostenibles y tecnologías limpias. La industria debe alternativas como reducir el uso de productos químicos y desarrollar materiales sintéticos buscando que imiten al cuero natural sin costos ambientales. La aplicación estricta de regulaciones ambientales es esencial para minimizar el impacto negativo. Un ejemplo positivo es la industria "El Alce" en el cantón Guano, Ecuador, que se esfuerza por cumplir con las normativas ambientales y adoptar políticas sostenibles. Este enfoque demuestra que es posible equilibrar la producción con la protección del medio ambiente, lo cual es fundamental para el futuro de la industria del cuero y su competitividad en el mercado global. La sostenibilidad ambiental es clave para asegurar un futuro próspero y responsable, promoviendo la innovación y el desarrollo sostenible continuo siempre.

Palabras Clave: gestión, residuos sólidos, residuos líquidos, industria curtiembre, políticas de sostenibilidad.

Abstract: The leather industry, one of the oldest and most stable in the world economy, has demonstrated the ability to transform raw materials into durable and valuable products. However, the leather tanning production process faces important challenges in terms of solid and liquid waste management which should help environmental sustainability. These contain a lot of solid waste and water, most of them toxic substances and pollutants. If not managed properly, this waste can have serious effects on the environment, affecting water quality or public health. Therefore, it is necessary to implement sustainable policies and use clean technologies to reduce the impact on the environment. The industry needs to find sustainable alternatives, such as using fewer chemicals and developing synthetic leather materials that mimic the properties of natural leather without environmental costs. It is also important to implement better and cleaner technologies, as well as strong control and enforcement of environmental regulations to reduce the negative impact of this industry. The "El Alce" industry, located in the Guano canton, Ecuador, is an example of how a tannery can strive to comply with current environmental regulations and adopt sustainability policies.

Keywords: management, solid waste, liquid waste, tanning industry, sustainability policies.

1. INTRODUCCIÓN

La industria del cuero, una de las más antiguas y arraigadas en la economía mundial, ha demostrado una notable capacidad para transformar pieles crudas en productos duraderos y valiosos. Desde tiempos ancestrales, este sector ha jugado un papel crucial en diversas culturas y economías, proporcionando materiales esenciales para la confección de ropa, calzado y accesorios. Sin embargo, el proceso de curtido

y fabricación de cuero no está exento de desafíos significativos, especialmente en cuanto a la gestión de residuos y la sostenibilidad ambiental, las curtiembres son instalaciones especializadas en el curtido de pieles, son responsables de generar una considerable cantidad de residuos sólidos y líquidos, muchos de los cuales contienen sustancias químicas tóxicas y contaminantes. Estas sustancias, si no se manejan adecuadamente, pueden tener graves repercusiones en el medio ambiente, afectando la calidad del agua, el suelo y la salud pública. Por lo tanto, la gestión eficiente de estos residuos y la implementación de políticas de sostenibilidad en la industria del cuero son imperativas para minimizar el impacto ambiental y promover prácticas industriales responsables.

La adopción de tecnologías limpias y procesos más ecológicos en las curtiembres se ha convertido en una necesidad urgente. Esto incluye el tratamiento adecuado de la reducción de emisiones contaminantes y el reciclaje de subproductos. Además, la industria debe explorar alternativas sostenibles como el uso de productos químicos menos nocivos y el desarrollo de materiales de cuero sintético que imitan las propiedades del cuero natural sin los mismos costos ambientales. En este contexto, es fundamental abordar una serie de cuestionamientos que guiarán el camino hacia una industria del cuero más sostenible y responsable. Entre estos cuestionamientos, destacan:

¿Qué normativas, programas o medidas ambientales están disponibles para ayudar a las curtidurías a gestionar los residuos? ¿Qué productos químicos están presentes principalmente en los líquidos residuales del proceso de curtido del cuero y cómo afecta al medio ambiente? ¿Qué estrategias se pueden implementar para reducir la cantidad de residuos sólidos generados en el proceso de curtido del cuero?

En el artículo de los autores (Silva et al., 2022) nos hablan sobre que en la industria del curtido de pieles es una actividad de gran importancia económica y social en muchas regiones del mundo. Sin embargo, esta industria es también una de las principales fuentes de contaminación ambiental y riesgos para la salud debido a los procesos y materiales utilizados. Mediante una revisión y análisis del artículo, se encontró que la industria del curtido contamina significativamente los recursos hídricos locales con residuos químicos, especialmente el cromo, debido a una gestión deficiente de los desechos. La concentración de cromo en los vertidos hídricos supera los límites establecidos por la normativa ambiental, representando un riesgo significativo para la salud humana y el ecosistema. La industria del curtido en Tungurahua contribuye considerablemente a la economía local, pero también es una fuente importante de contaminación.

La gestión ambiental en la industria del curtido es insuficiente, agravada por la falta de tecnología adecuada y un cumplimiento débil de las normativas vigentes. La exposición prolongada al cromo y otros químicos puede causar graves problemas de salud, como cáncer y enfermedades respiratorias, tanto en los trabajadores como en la población cercana. Es crucial implementar tecnologías más limpias y eficientes, así como un estricto control y cumplimiento de las normativas ambientales para reducir el impacto negativo de esta industria. La mejora en la gestión de residuos y la concienciación sobre los riesgos son esenciales para mitigar los efectos perjudiciales en la salud y el medio ambiente.

Los autores (Martínez et al., 2016) dan a conocer sobre la actividad de las curtiembres a necesidad de comprender los aspectos técnicos, operativos, comerciales, legales y financieros de la actividad de las curtiembres, así como su impacto ambiental. Se destaca la importancia histórica de las pieles animales y su evolución en la industria, junto con la relevancia actual de desarrollar metodologías de producción más sostenibles. Se examina la situación de la industria de las curtiembres en países como Ecuador y Perú. Se señala que, a pesar de su importancia económica, este sector enfrenta desafíos significativos en términos de contaminación ambiental y cumplimiento normativo se destaca la necesidad de promover prácticas más sostenibles y la implementación de tecnologías limpias en estas regiones.

Uno de los problemas encontrados es la gestión ambiental en las curtiembres, aunque se han aplicado tecnologías más limpias, persisten deficiencias en el manejo adecuado de los residuos generados durante el curtido, lo que contribuye a la contaminación del agua y el suelo en las áreas cercanas a estas instalaciones. Esta situación plantea un desafío importante tanto para la sostenibilidad ambiental como para la competitividad de la industria del cuero en el país.

La industria del curtido es una actividad de gran importancia económica y social en muchas regiones del mundo, pero también es una de las principales fuentes de contaminación ambiental y riesgos para la salud debido a los procesos y materiales utilizados. En regiones como Tungurahua, la contaminación de recursos hídricos con residuos químicos, especialmente cromo, es un problema significativo debido a una gestión deficiente de los desechos. La concentración de cromo en los vertidos hídricos supera los límites establecidos por la normativa ambiental, representando un riesgo significativo para la salud humana y el ecosistema. La gestión ambiental en la industria del curtido es insuficiente, agravada por la falta de tecnología adecuada y un cumplimiento débil de las normativas vigentes.

La exposición prolongada al cromo y otros químicos puede causar graves problemas de salud, como cáncer y enfermedades respiratorias, tanto en los trabajadores como en la población cercana. Es crucial implementar tecnologías más limpias y eficientes, así como un estricto control y cumplimiento de las normativas ambientales para reducir el impacto negativo de esta industria. La mejora en la gestión de residuos y la concienciación sobre los riesgos son esenciales para mitigar los efectos perjudiciales en la salud y el medio ambiente. Esto incluye la inversión en tecnologías de tratamiento de aguas residuales y la promoción de prácticas sostenibles en toda la cadena de producción. El proceso de curtido del cuero implica varios pasos, desde el pelambre hasta el acabado final, utilizando una variedad de productos químicos y técnicas que mejoran la calidad y durabilidad del material. Sin embargo, este proceso también genera una cantidad considerable de residuos, tanto sólidos como líquidos, que contienen sustancias químicas peligrosas.

El cromo es un contaminante común en los efluentes de las curtidurías, y su presencia en el agua puede tener graves consecuencias para la salud humana y el ecosistema. La industria curtiembre se dedica al procesamiento de pieles de animales, es considerada como subproducto de la industria alimentaria, ya que sin el proceso de curtido, estas pieles serían arrojadas a los vertederos o vertederos, provocando

problemas medioambientales y de residuos. El curtido convierte las pieles en cuero, un material duradero y versátil que se utiliza en muchos productos, incluidos zapatos, ropa, muebles y accesorios. Este proceso no solo aumenta el valor económico de los subproductos, sino que también ayuda a la sostenibilidad al reducir los desechos y aprovechar al máximo los recursos animales. En la región central del Ecuador existen dieciséis curtidurías grandes y medianas, así como alrededor de 45 curtidurías artesanales. A nivel mundial, la producción de cuero de vaca es baja, pero mantiene un crecimiento constante en la última década debido al crecimiento de esta industria en los países en desarrollo.

La industria del cuero, que involucra el proceso de curtido de pieles animales, ha sido una actividad económica significativa durante siglos, proporcionando materia prima crucial para la fabricación de calzado, vestimenta, accesorios y otros productos. Sin embargo, este sector enfrenta desafíos importantes relacionados con su impacto ambiental y de salud pública. El proceso de curtido requiere el uso de productos químicos que pueden contaminar el agua y el suelo, generando residuos sólidos y líquidos que, si no se manejan adecuadamente, pueden tener efectos devastadores en el medio ambiente. La investigación en este ámbito es fundamental para abordar estos desafíos y promover prácticas más sostenibles. Es crucial evaluar las normativas y medidas ambientales disponibles para ayudar a las curtidurías a gestionar los residuos de manera efectiva. Además, es importante comprender qué productos químicos están presentes principalmente en los líquidos residuales del proceso de curtido del cuero y cómo afectan al medio ambiente. Esto permitirá identificar estrategias para reducir la cantidad de residuos sólidos generados durante el proceso. La adopción de tecnologías limpias y procesos más ecológicos en las curtiembres se ha convertido en una necesidad urgente. Esto incluye el tratamiento adecuado de la reducción de emisiones contaminantes y el reciclaje de subproductos. La industria debe explorar alternativas sostenibles como el uso de productos químicos menos nocivos y el desarrollo de materiales de cuero sintético que imitan las propiedades del cuero natural sin los mismos costos ambientales.

Importancia de la Investigación

La investigación en la industria del cuero es vital por varias razones:

- **Mitigación del Impacto Ambiental:** La industria del cuero es una fuente significativa de contaminación del agua y el suelo debido al uso de productos químicos en el proceso de curtido, la investigación puede ayudar a identificar formas de reducir este impacto, protegiendo así los ecosistemas y garantizando un futuro más sostenible.
- **Promoción de la Sostenibilidad:** Al desarrollar tecnologías limpias y procesos más ecológicos, la industria puede reducir su huella ambiental y mejorar su imagen pública, esto no solo beneficia al medio ambiente, sino que también puede aumentar la competitividad de las empresas que adoptan prácticas sostenibles.
- **Mejora de la Salud Pública:** La contaminación generada por la industria del cuero puede tener efectos negativos en la salud de las personas que viven cerca de las curtidurías, la investigación

puede contribuir a desarrollar soluciones que minimicen estos riesgos, mejorando así la calidad de vida de las comunidades locales.

- **Innovación y Competitividad:** La investigación en la industria del cuero puede impulsar la innovación, permitiendo el desarrollo de nuevos productos y materiales que sean más sostenibles y atractivos para los consumidores, esto puede aumentar la competitividad de las empresas en un mercado cada vez más consciente del medio ambiente.

Objetivos de la Investigación

Los objetivos principales de esta investigación incluyen:

- **Análisis del Impacto Ambiental:** Evaluar el impacto ambiental actual de la industria del cuero, enfocándose en la contaminación del agua y el suelo, esto implica estudiar los efectos de los productos químicos utilizados en el proceso de curtido y cómo afectan a los ecosistemas locales.
- **Identificación de Tecnologías Limpias:** Identificar tecnologías limpias y procesos más ecológicos que puedan ser implementados en las curtiembres, esto incluye explorar alternativas como el uso de productos químicos menos nocivos, el reciclaje de subproductos y la implementación de sistemas de tratamiento de agua más eficientes.
- **Desarrollo de Estrategias Sostenibles:** Desarrollar estrategias para reducir los residuos sólidos y líquidos generados durante el proceso de curtido, esto puede involucrar la optimización de los procesos de producción, la reutilización de materiales y la implementación de prácticas de reciclaje efectivas.
- **Promoción de la Sostenibilidad:** Promover prácticas sostenibles en toda la cadena de producción del cuero, esto implica no solo mejorar las condiciones ambientales, sino también educar a los trabajadores y a las comunidades locales sobre la importancia de la sostenibilidad y cómo puede contribuir a ella.

Al abordar estos objetivos, la investigación contribuirá significativamente a mejorar la sostenibilidad de la industria del cuero, mitigando sus impactos negativos sobre el medio ambiente y la salud pública, al tiempo que se promueve el desarrollo económico sostenible en este sector.

2. METODOLOGÍA O MATERIALES Y METODOS

Método inductivo: Este método comienza con observaciones específicas y obtiene resultados generales, basándose en el análisis de casos específicos, con el fin de adquirir patrones que puedan aplicarse de manera más amplia (Ponce, s.f.), en tal virtud, se ha desarrollado un proceso metodológico detallado para explorar y comprender los movimientos legales que rigen la protección y gestión ambiental, implicando métodos lógicos y analíticos para probar teorías generales con datos específicos observados en la práctica, conjuntamente con la recopilación de datos relevantes para respaldar o cuestionar las hipótesis del estudio, además se entrevistó al encargado del área ambiental de la industria de cueros El-alce, por otro

lado, se emite la revisión detallada de los acontecimientos regulatorios ambientales del estado ecuatoriano para comprender cómo se aplican estos principios en la práctica curtiembre.

Métodos empíricos: Los métodos empíricos, como experimentos, observaciones y análisis de contenido, capturan y miden aspectos observables del objeto de estudio, así mismo, realiza un estudio minucioso de documentos que serán fundamentales para poder evaluar objetiva y sistemáticamente documentos jurídicos, identificar fenómenos (Villabella, 2020), de tal manera, se ejecutara un meticuloso recorrido por la industria del cuero El Al-ce centrándose principalmente en la observación del procedimiento de la curtiembre y sobre todo como se gestionan los residuos líquidos y sólidos, para así lograr determinar si se están cumpliendo con las políticas ambientales regladas por el estado ecuatoriano.

2.1 Enfoque de la investigación

Enfoque cualitativo: Este enfoque se aplica debido a un esquema de indagación documental y experimental, las cuales sentaron bases para establecer un presente estudio con fenómenos jurídicos ambientales, sin centrarse en la medición de variables, dicho enfoque trabajará en conjunto con la investigación empírica o de campo la cual se refiere a la indagación práctica, que observa y analiza directamente fenómenos usando muestras representativas para establecer patrones y generalizaciones

2.2 Unidades de análisis

Comprender todos los caracteres primordiales relacionados con la gestión de residuos de curtiembres y políticas de sostenibilidad en la industria del cuero, con ayuda de normas y documentos legales en ámbitos regulatorios y específicos, incluyendo fuentes teóricas relevantes para comprender cómo se implementan y regulan políticas amigables con el medio ambiente en el procedimiento de la curtiembre.

2.3 Técnicas de recolección

Se utilizaron entrevistas personales para recopilar información relevante para el propósito del estudio dirigidas hacia el Ing. Cesar Puente, de igual forma se aplicó el método de investigación de campo en la Industria del cuero El AL-CE situado en el cantón Guano de la provincia de Chimborazo, sitio en el cual se visibilizó como se tratan a los residuos que provienen del procedimiento de la curtiembre.

2.4 Procesamiento y análisis de la información

Los resultados de este artículo científico se reflejan de la siguiente manera: uso de observaciones temáticas, identificación de patrones de datos cualitativos significativos, entrevistas capturadas, investigación de campo, recopilación de diversas normas y leyes relacionadas con el tema en producción, con la finalidad de comprender las conexiones entre el marco teórico y la información de expertos, para llegar a discutir los hallazgos de la investigación cualitativa.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

MARCO TEÓRICO

3.1. Industria Curtiembre

La industria curtiembre se dedica al procesamiento de pieles de animales, es considerada como subproducto de la industria alimentaria, pues sin el proceso de curtido, estas pieles serían arrojadas a los vertederos o vertederos, provocando problemas medioambientales y de residuos, dicho proceso de curtido convierte las pieles en cuero, un material duradero y versátil que se utiliza en muchos productos, incluidos zapatos, ropa, muebles y accesorios.

El curtido implica varios pasos, comprendido el tratamiento químico y físico del cuero para hacerlo rígido, flexible y adecuado con fin comercial, este procedimiento no solo aumenta el valor económico de los subproductos, sino que ayuda a la sostenibilidad al reducir los desechos y aprovechar al máximo los recursos animales, por lo tanto, la industria del curtido desempeña un papel importante en la cadena de valor de la producción ganadera, aumentando sustentabilidad y eficacia de las industrias relacionadas proporcionando materiales necesarios aplicables en una amplia gama de opciones (Ministerio de Salud y Protección Social, 2015).

En la región central del Ecuador existen dieciséis curtidurías grandes y medianas, así como alrededor de 45 curtidurías artesanales, en otro orden de ideas, a nivel mundial, la producción de cuero de vaca es baja, sin embargo mantiene un crecimiento constante en la última década debido al crecimiento de esta industria en los países en desarrollo, mientras que, en 2000 la fabricación de cuero de bovino aumentó casi 5,8 millones de toneladas, por la disminución de la curtiembre en algunos países desarrollados (Flores, 2015).

3.2. Procesos De La Curtiembre

El proceso de curtido del cuero consta de veintidós pasos diferentes que transforman la piel del animal en cuero (Gómez, 2023):

- **Pelambre:** Este proceso consiste en eliminar el pelo o la lana de la piel, las pieles se colocan en un barril lleno de agua y se tratan químicamente para disolver el pelo o la lana.
- **Descarne:** Implica quitar la cubierta de la piel, llamada epidermis, la grasa y el sebo que se adhiere a ella, se utiliza una herramienta mecánica.
- **Desencalado:** La cal se elimina durante el proceso de descalcificación, mediante una solución de cloruro de amonio y sulfatos para disolverla de la piel y eliminarla.
- **Rendido:** La solución de enzima pancreática se usa para suavizar la piel, descomponen las fibras de colágeno y otras proteínas, haciendo que la piel sea más elástica.
- **Piquelado:** Inmersión de la piel en una solución de ácido sulfúrico o fórmico, esto reduce el nivel de pH de la piel y disuelve las fibras de colágeno.
- **Curtición:** En este paso se utilizan agentes curtientes como el sulfato de cromo para estabilizar las fibras del cuero y evitar que se deterioren.
- **Dividido:** Consiste en dividir la piel en dos partes: la piel propiamente dicha y la corteza, esto se realiza mediante un proceso mecánico que permite un uso óptimo del cuero.

- **Escurrido:** Después del proceso de limpieza y enjuague, se elimina el exceso de agua y otros líquidos de la piel, usando un compresor para estrujar mecánicamente la piel y extraer líquido.
- **Rebajado:** Se retraen las zonas de la piel que no tienen el espesor requerido tras la segmentación, para lograr un grosor uniforme en toda la superficie del cuero.
- **Recurtición:** Proceso adicional que se realiza después del curtido inicial para mejorar ciertas características del cuero.
- **Neutralización:** Utilizar una solución alcalina para eliminar los residuos ácidos de la piel después del bronceado y ajustar el pH a un nivel neutro.
- **Tintura:** Pinta la piel para darle el aspecto deseado con diferentes tipos de pintura y métodos de aplicación.
- **Engrase:** Aplicar aceite, grasa o cera sobre la piel para suavizarla y mejorar su apariencia, está diseñado para reducir la cantidad de sebo en la piel.
- **Secado:** Eliminación de la humedad del cuero después de pintar y engrasar, esto se puede hacer de diversas formas, como secar al aire o en masa.
- **Pinzado:** Se aplica presión mecánica sobre la piel para quitarle elasticidad y endurecerla, esto se hace para prevenir la formación de bolsas o arrugas en la piel.
- **Ablandado:** Este es el proceso de limar y ampliar la flexibilidad del cuero a medida que se seca, se utilizan métodos químicos o mecánicos para liberar las fibras de colágeno de la piel.
- **Pigmentación:** Aplicar pigmentos o tintes sobre la piel para darle un color específico.
- **Prensado:** Una prensa térmica alisa la superficie del cuero y le da un acabado satinado brillante.
- **Recortar:** Este paso elimina partes de la piel que no son necesarias para el producto final, como bordes o zonas dañadas, se puede hacer manualmente o usando una máquina especial.
- **Clasificar:** Luego de todas las etapas de preparación del cuero, se clasifican según calidad, textura, tamaño y otras características que afectan el producto final.
- **Medir:** Mide el cuero en pies o metros cuadrados para tener una idea de la cantidad disponible y calcular el costo de los materiales utilizados en la producción.

3.3. Residuos Del Proceso De La Curtiembre

Hay que considerar que los residuos que deja el proceso de curtido son líquidos y sólidos, los cuales deben tener un tratamiento no contamine el medio ambiente.

Residuos solidos

Uno de los residuos que genera la curtiembre son sólidos y estos son tejido subcutáneo o pulpa, se produce con productos alcalinos, cal hidratada y sulfuro, también con el uso de aceite (Hidalgo et al., 2017), por aquello, para evitar la contaminación es pertinente la prevención, la reducción de residuos y la evaluación, esto significa que se deben tomar varias medidas:

- Minimizar la cantidad y tipo de sustancias peligrosas, incluso, la exposición evitando efectos nocivos.
- Invertir en procedimientos y preparación para que los residuos se conviertan en reciclaje, y se pueda reutilizar u otras formas.

Residuos líquidos

El proceso de curtido del cuero requiere de 50 a 150 litros de agua para su procesamiento, los caudales de aguas residuales pueden variar de una industria a otra, pero debido a diferentes tipos de productos químicos, son contaminados con ácidos y alcalinos, el proceso de curtido está asociado con la contaminación del agua, ya que, es muy utilizado en todas las etapas.

Tratamiento de agua de curtiembre: La industria del cuero genera grandes cantidades de aguas residuales que contienen diversos contaminantes nocivos para el medio ambiente y la salud humana, ante esta causa, el procesamiento de aguas residuales implica una combinación de métodos físicos, químicos y biológicos (Mendoza, 2017):

- **Pretratamiento:** El cribado elimina partículas sólidas grandes, la sedimentación elimina partículas en suspensión y arena y la flotación, grasas y aceites.
- **Tratamiento primario:** Se comienza con la coagulación y floculación es la adición de coagulantes para agregar partículas finas en floculaciones.
- **Tratamiento secundario:** El uso de microorganismos para descomponer la materia orgánica, incluyen lodos activados (sistema aeróbico) y birreactores de membrana.
- **Tratamiento terciario:** La filtración de sólidos residuales y compuestos disueltos mediante arena, carbón activado o membrana; la oxidación avanzada destruye compuestos rebeldes con ozono, peróxido de hidrógeno o luz ultravioleta; finaliza con el intercambio iónico (págs. 60-70).

3.4. Valoración Ambiental Respecto A La Política Ambiental De Ecuador

El derecho ambiental en Ecuador no consiste solo en un sistema ordenado y sistematizados, sino que la gestión ambiental en el Ecuador se basará esencialmente en la solidaridad, la responsabilidad compartida, la cooperación y la coordinación entre todos los ecuatorianos para asegurar un desarrollo sostenible equilibrado y armonioso entre la sociedad, la economía y el medio ambiente, con el Suplemento – Registro Oficial N° 983, el Código Orgánico Ambiente y en el cantón la Ordenanza Para La Gestión Integral De Residuos Sólidos En El Cantón Guano.

El Artículo 27 (Suplemento – Registro Oficial N° 983) menciona las facultades de autogobierno y municipios descentralizados en cuestiones ambientales y el Artículo 229 el alcance y etapas de la gestión, administración del uso de estos residuos para prevenir el impacto y daños, sin embargo, no existen diferentes etapas de gestión integrada de residuos sólidos, pues el peligro lo determinará la Agencia Danesa de Protección Ambiental del País. (Suplemento – Registro Oficial N° 983, 2017)

Mientras que él (Código Orgánico Ambiental) en el Art. 224 menciona que la gestión integral de residuos acepta la supervisión estatal, su objetivo es promover el desarrollo sostenible a través de diversas políticas, pero el que guía de la gestión de residuos de la industria es (La gestión integral de residuos sólidos del GAD municipal de Guano):

Art.-3. Las instituciones estatales, privadas y ciudadanos deben clasificar los residuos sólidos, antes de transportarlos a los vehículos recolectores, según el tiempo y la frecuencia.

Art.-5. La dirección de gestión y planificación del GADM-C Guano, a través del Departamento de Gestión Ambiental y Saneamiento, con la participación de consejos parroquiales, organismos estatales, privados e institucionales, se encarga de la recolección, disposición final y tratamiento de los residuos sólidos.

5.1 Industria de cuero el ALCE

5.1.1 Procedimiento de la curtiembre

Este es el proceso específico mediante el cual cueros y pieles se convierten en cuero utilizable en la curtiduría Cueros El-Alce, cada fase juega un papel crucial en la preparación y tratamiento de la piel, como se describe a continuación (Cueros El Al-ce, 2014) ¹:

Ribera

- **Remojo:** Limpieza inicial de la piel con agua y limpiadores para eliminar contaminantes como suciedad, sangre y heces.
- **Pelambre, encalado y depilado:** Utiliza cal y sulfuro de sodio para eliminar cutículas y pelos de la piel.
- **Descarnado y Dividido:** Retirar la tripa interior y separar la piel en dos capas: grano y pulpa.
- **Desencalado:** Utiliza una variedad de productos químicos para eliminar la cal y los productos alcalinos de la piel.
- **Rendido (purga) y lavado:** Utiliza enzimas para relajar la estructura del colágeno y limpiar la piel de productos de desecho.

Curtición

- **Piquelado:** Preparar la piel para el bronceado acidificándola y eliminando la cal que se une al colágeno, con ácidos sulfúrico y fórmico, sales como el cloruro de sodio.
- **Curtido:** Se usa sales de cromo principalmente sulfato de cromo (III), para estabilizar la estructura de la fibra del cuero.
- **Rebajado:** Ajustar el espesor de la piel al nivel requerido para el producto final.

Terminado en húmedo

- **Recurtido:** Acidificación de la piel con sales de cromo y curtientes naturales o artificiales, para mejorar la elasticidad y suavidad de la piel.

- **Neutralización:** Utiliza agua y sales como el formiato de sodio para elevar el pH de la piel, y así reducir la acidez.
- **Teñido:** Aplicar el color sobre la piel con agua tibia en un rodillo.
- **Engrase:** Impregnación de cueros con aceites vegetales, animales, minerales o sintéticos para hacer la piel más suave, fuerte y elástica.

Acabado

- **Secado:** Elimina el agua absorbida durante el proceso anterior.
- **Repasado:** Estira y pule para prevenir arrugas aumentando la superficie.
- **Ablandado:** La acción mecánica asegura la suavidad y elasticidad necesaria de la piel.
- **Estacado:** Ajusta el nivel de humedad final de la piel para mantenerlo constante.

Figura 1

Compostaje



Tomada por: Ocaña y Salguero, 2024

Figura 2

Planchado



Tomada por: Ocaña y Salguero, 2024

Figura 3

Materiales del proceso de curtiembre



Tomada por: Ocaña y Salguero, 2024

Figura 4

Pretratamiento de las pieles



Tomada por: Ocaña y Salguero, 2024

Figura 5

Almacenamiento



Tomada por: Ocaña y Salguero, 2024

5.1.2 Residuos líquidos y sólidos

Residuos líquidos

El proceso de curtido genera una gran cantidad de aguas residuales, que están contaminadas principalmente con proteínas solubles y residuos químicos, estos desechos líquidos afectan el medio ambiente de diversas maneras, por ellos es imprescindible gestionarlos (Cueros El Al-ce, 2014) ²:

- **Proteínas y diferentes clases de sustancias orgánicas:** Es producido por taninos, aceites, grasas y otras sustancias orgánicas que consumen oxígeno en el medio receptor.
- **Sulfuros:** Potencialmente tóxico, especialmente a pH bajo, sin embargo, pueden tratarse mediante recirculación y oxidación durante el tratamiento del agua.
- **Cromo:** El cromo trivalente precipita y tiene baja solubilidad, pero su conversión en cromo hexavalente es preocupante, aunque su acumulación en la cadena alimentaria es limitada.

- **Cloruros y Sulfatos:** Los derrames pequeños son relativamente inofensivos, pero los derrames grandes pueden causar problemas de salinización del agua superficial.

Residuos sólidos

La gestión de residuos sólidos en la industria del cuero “El Al-ce” es fundamental para prevenir la contaminación ambiental y proteger la salud pública, por tal razón, es necesario tomar medidas efectivas para tratar y eliminar adecuadamente estos desechos, especialmente los que contienen cromo, con el fin de minimizar el impacto en el medio ambiente (Cueros El Al-ce, 2014) ³:

- **Residuos provenientes del cuero fresco (recortes) y de cuero en tripa:** Los restos de cuero fresco se descomponen rápidamente, mientras que, los recortes intestinales no suponen un problema.
- **Los residuos sólidos cromados:** Se obtienen cortando y reduciendo pieles curtidas, a partir de lodos de depuradora, contienen altos niveles de cromo, lo que los hace tóxicos.

5.1.3 Política Ambiental

La política ambiental de la industria de cueros “El Al-ce”, se centra en el tratamiento de aguas residuales líquidas y el reciclaje de residuos sólidos, conjuntamente con materias primas no utilizadas, dicha política tiene como objetivo reducir el impacto ambiental a través de tecnologías de tratamiento de aguas residuales y promover una economía circular con el reutilizamiento de materiales, estas acciones comprimen la contaminación mediante al gestionar los residuos de forma sostenible (Cueros El Al-ce, 2020) ⁴.

5.1.4 Plan de Manejo Ambiental

El Plan de Gestión Ambiental incluye varios programas diseñados para gestionar los impactos ambientales y promover la seguridad en la curtiduría, conteniendo un enfoque integral para la protección ambiental y la seguridad de los trabajadores, abordando aspectos clave como la prevención de la contaminación, la participación de la comunidad y el monitoreo continuo de los impactos ambientales (Cueros El Al-ce, 2014) ⁵.

5.1.5 Entrevista realizada al Ing. Cesar Puente

- *¿Qué normativas, programas o medidas ambientales están disponibles para ayudar a las curtidurías a gestionar los residuos?*

La normativa vigente se debe cumplir, en este caso lo que dice el GAD, para obtener certificados o licencias ambientales, además se debe cumplir los planes de manejo ambiental establecidos en la empresa. En los planos de manejo ambiental, se contempla que los vertidos se traten adecuadamente en la planta de tratamientos de aguas residuales, se manejan la oxidación de sulfuros para el proceso de pelambre y la separación del cromo 3 en el tratamiento de las aguas residuales.

- *¿Qué productos químicos están presentes principalmente en los líquidos residuales del proceso de curtido del cuero y cómo afecta al medio ambiente?*

Los dos componentes considerados peligrosos son el cromo 3 y el azufre de sodio, presentes en forma de sulfuros en el pelambre. El azufre de sodio, se somete a una oxidación catalítica, transformándose

en sulfatos y tratándose con el método aeróbico de lodos activados. El cromo se puede precipitar fácilmente con cal, hasta llegar a un pH de 9, obteniendo hidróxido de cromo 3, luego, este lodo se deja reposar durante dos días en los tamices para que elimine toda el agua, posteriormente, se acidula con ácido sulfúrico, obteniendo nuevamente sulfato de cromo 3, y se mezcla en una proporción del 30% de cromo reciclado y 70% de cromo nuevo. La carga orgánica se trata mediante un proceso aeróbico, una vez que se separan los lodos del agua del pelambre, se introduce oxígeno mediante un compresor de aire, este tratamiento puede durar unas 5 horas, siendo más eficiente con el uso de microorganismos. Otros microorganismos los obtenemos del estiércol de cerdo, al cual añadimos un poco de melaza y lo dejamos trabajar durante 5 días, esto se convierte en biomasa, luego, se añade al compost para los residuos sólidos.

- ***¿Qué estrategias se pueden implementar para reducir la cantidad de residuos sólidos generados en el proceso de curtido del cuero?***

Sí, la primera parte sería, antes de empezar el pelambre, realizar la extracción de la carnaza, cuando la piel cruda llega, se le saca la carnaza en verde antes de añadir el sulfuro, esos residuos no causan ningún problema y pueden manejarse de manera mucho más sencilla, en cambio, si ya están tratados con sulfuro después del pelambre, el proceso es un poco más laborioso, pero aun así se pueden separar. El raspado que contiene algo de cromo lo manejamos bien en el dividido, por lo que queda un mínimo de residuo, ese residuo de cromo incluso se utiliza como sello para las tapas de los bombos durante el trabajo. En cuanto a las emisiones, realmente no hay muchas, en el acabado, estamos utilizando productos acuosos en lugar de compuestos orgánicos volátiles como los tintes y solventes.

Resultados:

Tabla 1

Procesos de producción del cuero

INDUSTRIA DE CUERO EL AL-CE	CÓDIGO ORGÁNICO AMBIENTE	ORDENANZA PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL CANTÓN GUANO
Se inicia con el remojo y este comienza con la limpieza con agua y limpiadores, luego tenemos el pelambre y depilado en el cual se usa cal y sulfuro de sodio y se finaliza con el lavado donde se usa productos químicos para eliminar cal.	El Código Orgánico Ambiental nos dice se promueve prácticas limpias y sostenibles como también el control de productos químicos tóxicos, pero siempre con la ayuda de la supervisión estatal para manejo de todos los químicos que se utilizan.	Carece de información

Nota: En la presente tabla se puede apreciar el proceso de la curtiembre en el marco legal ecuatoriano.

Tabla 2

Gestión de residuos líquidos de la industria curtiembre

INDUSTRIA DE CUERO EL AL-CE	CÓDIGO ORGÁNICO AMBIENTE	ORDENANZA PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL CANTÓN GUANO
El tratamiento inicial comienza con la filtración y eliminación de sólidos, se realiza la oxidación avanzada con luz UV y para finalizar el intercambio iónico, donde se eliminan metales pesados.	El Código Orgánico Ambiental nos ayuda con la supervisión y control estatal como la promoción de tecnologías limpias las cuales nos ayudan a su gestión integral de residuos líquidos sin afectar a la sostenibilidad ambiental.	Carece de información

Nota: Con esta tabulación se evidencia que actividad de gestión realiza la Industria El-Alce y dictámenes plantean los cuerpos legales plasmados.

Tabla 3

Gestión de residuos sólidos de la industria curtiembre

INDUSTRIA DE CUERO EL AL-CE	CÓDIGO ORGÁNICO AMBIENTE	ORDENANZA PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL CANTÓN GUANO
La clasificación de residuos sólidos comienza con la separación de residuos orgánicos e inorgánicos, después hay una disposición y recolección la cual coordina con las autoridades locales	El Código Orgánico Ambiental nos dice que la Agencia Nacional del Medio Ambiente, como rectoría, dicta las políticas y lineamientos para el manejo general de los residuos sólidos en el país y elabora el plan nacional correspondiente. También es responsable de la regulación y supervisión.	Nos ayudan estipulando en el Art.3 que informa que la separación de los residuos sólidos es responsabilidad de instituciones estatales, privadas y ciudadanos de la ciudad antes de entregarlos a los camiones recolectores en horarios y frecuencias acordados en cada sector de la ciudad.

Nota: Se describe la gestión de residuos sólidos ejecutados por la Industria El-Alce y como establece la normativa ecuatoriana.

Tabla 4

Químicos, sustancias o elementos usados para la gestión de residuos sólidos y líquidos de la industria curtiembre.

INDUSTRIA DE CUERO EL AL-CE	CÓDIGO ORGÁNICO AMBIENTE	ORDENANZA PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL CANTÓN GUANO
Los productos de limpieza que utiliza la industria son detergentes y limpiadores. También se utiliza Sulfuro de sodio es cual es necesario en el pelambre donde se realiza el control de sustancias tóxicas, los productos químicos que utilizan en el lavado.	El Código Orgánico Ambiental nos determina en sus normativas sobre cuáles son los productos permitidos para el proceso donde nos determina el control de las sustancias tóxicas y nos da una supervisión estatal.	Carece de información

Nota: Detallan los elementos, sustancias o químicos que pueden ser usados para gestionar residuos líquidos y sólidos en las industrias curtiembres comparando con lo empleado en la Industria El-Alce.

Tabla 5*Plan de manejo ambiental.*

INDUSTRIA DE CUERO EL AL-CE	CÓDIGO ORGÁNICO AMBIENTE	ORDENANZA PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL CANTÓN GUANO
El programa se centró en controlar la contaminación del agua, el suelo y el aire mediante el tratamiento de aguas residuales y el manejo adecuado de los residuos sólidos. Como también nos establecen una capacitación para todos los trabajadores sobre prácticas seguras y amigables con el medio ambiente, uso de equipos de protección personal y manejo adecuado de residuos.	Las industrias deben contar con un plan de manejo de residuos sólidos, que incluya segregación, tratamiento y disposición final segura. Nos dicta normativas que obligan a las industrias a capacitar a sus trabajadores en seguridad laboral y manejo de residuos.	Promueve prácticas para prevenir y controlar la contaminación generada por residuos industriales, asegurando su tratamiento y disposición segura. También nos establece programas de educación ambiental para empleados y la comunidad, promoviendo prácticas sostenibles y seguras

Nota: verificar el contenido del plan de manejo ambiental de la Industria El-Alce y si tiene concordancia con los cuerpos legales.

Discusiones:

Los resultados fueron alcanzados gracias a la elaboración de una entrevista dirigida al Ing. Cesar Puentes gerente general de la industria El Al-ce conjuntamente con la recopilación documental y normativa, en tal virtud, se obtuvo que los procesos de la producción de cuero se centran en prácticas sostenibles y limpias dejando fuera a las sustancias tóxicas suplantadas con elementos no nocivos, esta disposición la otorga el Código Orgánico Ambiental de manera muy general, sin embargo, la Ordenanza para la Gestión de Residuos del Cantón Guano no especifica nada acerca de esta temática, no obstante, la industria El-Alce si contribuye con la implementación de limpiadores para reemplazar a las sustancias químicas.

En cuanto a la gestión de residuos líquidos de la industria curtiembre la Ordenanza para la Gestión de Residuos del Cantón Guano no se pronuncia, pero el Código Orgánico Ambiental de manera amplia detalla la tecnología limpia y el control estatal como una herramienta para gestionar este tipo de residuos, por su parte, la industria El-Alce innova con la implementación de luz UV e intercambio iónico, mientras que, la gestión de residuos sólidos tiene un marco legal reforzado pero no específico, es aquí donde el Código Orgánico Ambiental determina como la entidad encargada de gestionar policías sostenibles y monitoreo sobre estos residuos a la Agencia Nacional del Medio Ambiente, en contraste, la Ordenanza para la Gestión de Residuos del Cantón Guano otorga la responsabilidad de los residuos sólidos a instituciones estatales, privadas y ciudadanos, en base a estos preceptos, la industria El Al-ce aplica la separación de residuos orgánicos e inorgánicos como fuente de clasificación para a posterior recolectarla y gestionar con las autoridades locales su desecho.

Para complementar las líneas anteriores es necesario especificar qué tipo de químicos, sustancias o elementos se usa en la industria curtiembre para la gestión de residuos sólidos y líquidos, la industria El-

Alce aplica detergente y limpiadores en el proceso del cuero, pero también utiliza de manera controlada el sulfuro de sodio en la fase del procedimiento denominada “pelambre”, esto lo hace en concordancia con el Código Orgánico Ambiental que dispone el control de sustancias tóxicas, ante este particular la Ordenanza para la Gestión de Residuos del Cantón Guano no se pronuncia.

Finalmente, el plan de manejo ambiental se halla regulado por el Código Orgánico Ambiental que manifiesta la segregación, tratamiento y disposición final segura de residuos, a este precepto se suma la capacitación de los trabajadores, la Ordenanza para la Gestión de Residuos del Cantón Guano respalda este argumento y agrega los programas de educación ambiental tanto para trabajadores de las industrias como para la comunidad, el plan de manejo ambiental de la industria El Al-ce si cumple con todos los lineamientos mencionados.

4. CONCLUSIONES

La industria curtiembre se basa en la utilización del cuero de un animal para la elaboración de distintos productos, mediante un proceso minucioso que garantice la calidad, sin embargo, el procedimiento del cuero es variado, por lo cual las industria dedicadas a este ámbito deben centrarse en lo plasmado en el Código Orgánico Ambiental que establece un control masivo para evitar usar sustancias tóxicas, sin embargo, normas locales carecen de detalles acerca de esta temática, pero industrias como El Al-ce si acatan las políticas de sostenibilidad dadas por ley orgánica usando detergentes y limpiadores para ejecutar el proceso, además de aquello, evita las sustancias nocivas y maneja con precaución elementos como el sulfuro de sodio.

Los residuos líquidos en la industria del cuero son un gran causante de contaminación, si no se maneja adecuadamente, debido a la utilización de sustancias químicas como el cromo 3 y sulfuros, por tal motivo, el Código Orgánico Ambiental plasma el impulso del uso de tecnologías limpias, no obstante, la insuficiencia de norma específica hace que sea difícil el control y monitoreo de un correcto manejo de residuos líquidos, varias industrias curtiembres no poseen un plan sostenible para gestionar de la manera idónea, pero, otras como El Al-ce además de implementar políticas ambientales emplea luz UV e intercambio iónico para lograr una buena gestión de residuos líquidos.

Por otro lado, la gestión de residuos sólidos, es más controlada en un marco legal general como el Código Orgánico Ambiental y local en caso de la Ordenanza para la Gestión Integral de Residuos Sólidos en el cantón Guano con solo dos articulados generales, que especifica la responsabilidad compartida para una buena gestión englobando a autoridades estatales, particulares y población en general, en el caso pertinente, El Al-ce usa un método guiado por políticas y directrices que inicia con la clasificación, seguido de la separación y finalizando con la recolección de estos residuos, sin embargo, aún existen industrias curtiembres que en un acto de inconciencia desechan los residuos sólidos sin método alguno y contribuyendo al detrimento ambiental.

No solo es necesario el endurecimiento de los cuerpos legales en este ámbito, si no, que se requiere la implementación de articulados claves para esta industria, ya que, solamente se habla de rasgos macros

que posiblemente engloben la situación de la curtiembre, claro está, que existen investigaciones referentes al tema, pero no se da una estructuración procedimental, ni de gestión de residuos unificada para este sector, con esto, se plantea que autoridades pertinentes plasmen políticas de manera local, estatal e incluso privada con el plan de manejo ambiental para garantizar la sostenibilidad medioambiental en Ecuador.

FINANCIACIÓN

Los autores no recibieron financiación para el desarrollo de la presente investigación.

CONFLICTO DE INTERESES

Los Autores declaran que no existe conflicto de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

<i>Participar activamente en:</i>	<i>Autor 1.</i>	<i>Autor 2</i>	<i>Autor 3</i>
<i>Conceptualización</i>		X	X
<i>Análisis formal</i>	X	X	X
<i>Adquisición de fondos</i>	X	X	X
<i>Investigación</i>		X	X
<i>Metodología</i>		X	X
<i>Administración del proyecto</i>	X	X	X
<i>Recursos</i>	X	X	X
<i>Redacción –borrador original</i>		X	X
<i>Redacción –revisión y edición</i>	X		
<i>La discusión de los resultados</i>		X	X
<i>Revisión y aprobación de la versión final del trabajo.</i>	X		

REFERENCIAS

- Código orgánico ambiente.* (2018). Obtenido de https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf
- Cueros El Al-ce. (2014). Estudio de impacto ambiental ex-post. *Mambientechimborazo*. Obtenido de <https://mambientechimborazo.wordpress.com/wp-content/uploads/2014/09/borrador-esia-cueros-el-alce-1.pdf>
- Cueros El Al-ce. (2020). *cueroselal-ce*. (Corebits, Editor) Obtenido de Nuestras políticas : <https://www.cueroselal-ce.com.ec/informacion>
- Flores, A. (2015). Evaluación del impacto ambiental de los procesos de ribera, curtido y acabados de pieles en la empresa ecuatoriana de curtidos Salazar. *Dspace ESPOCH*. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5235/1/Tesis.pdf>
- Gómez, J. (2023). Proceso de Curtido de la Piel. *Dipòsit Digital de Documents de la UAB*. Obtenido de https://ddd.uab.cat/pub/estudis/2023/281209/CUIRSprocur_a2023.pdf
- Hidalgo et al. (2017). *Plan de manejo de residuos solidos para la empresa curtiembre Aldas*.
- La gestión integral de residuos sólidos del GAD municipal de Guano.* (2016). Obtenido de <https://vlex.ec/vid/canton-guano-gestion-integral-651266845>
- Martínez et al. (05 de Diciembre de 2016). *Revisión del estado actual de la industria de las curtiembres en sus procesos y productos*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/909/90953767006/html/>

- Mendoza, M. (2017). *Estudio de los residuos generados en el proceso de curtido y el impacto ambiental*. Obtenido de <https://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/627/1/Loor%20Mendoza%20Levi%20Michael.pdf>
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2015). Guía para el desarrollo de actividades de promoción y prevención en la industria de curtiembr. *Mindsalud*. Obtenido de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/6guia-actividades-pyp-curtiembres.pdf>
- Ponce, L. (s.f.). La metodología de la investigación científica del derecho. *Unam*.
- Silva et al. (11 de Enero de 2022). *La contaminación proveniente de la industria curtiembre, una aproximación a la realidad ecuatoriana*. Obtenido de <https://revista.uisrael.edu.ec/index.php/rcui/article/view/427/516>
- Suplemento – Registro Oficial N° 983*. (2017). Obtenido de <https://faolex.fao.org/docs/pdf/ecu167116.pdf>
- Villabella, M. (2020). Los Métodos En La Investigación Jurídica. Algunas Precisiones. *Unam*. Obtenido de <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/13/6226/12a.pdf>