



Industrial Data

ISSN: 1560-9146

ISSN: 1810-9993

industrialdata@unmsm.edu.pe

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Perú

Moreno Ríos, Christiaan Errol; Loja Herrera, Pedro Modesto; García Saavedra, Edgardo; Davila Ruiz, Berita
Determinación de parámetros tecnológicos en curtición vegetal de piel de paiche (Arapaima gigas) con extracto de quebracho (Schinopsis balansae) y mimosa (Acacia dealbata) para el aprovechamiento industrial ambientalmente sostenible
Industrial Data, vol. 26, núm. 2, 2023, Agosto-Diciembre, pp. 25-52
Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Lima, Perú

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81678884002>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc

Red de revistas científicas de Acceso Abierto diamante

Infraestructura abierta no comercial propiedad de la academia

Determinación de parámetros tecnológicos en curtición vegetal de piel de paiche (*Arapaima gigas*) con extracto de quebracho (*Schinopsis balansae*) y mimosa (*Acacia dealbata*) para el aprovechamiento industrial ambientalmente sostenible

CHRISTIAAN ERROL MORENO RÍOS¹
PEDRO MODESTO LOJA HERRERA²
EDGARDO GARCÍA SAAVEDRA³
BERITA DAVILA RUIZ⁴

RECIBIDO: 31/05/2023 ACEPTADO: 16/08/2023 PUBLICADO: 15/12/2023

RESUMEN

La crianza de paiche en la Amazonía peruana produce suficiente materia prima para la elaboración de cuero a base de piel de pescado; sin embargo, estas pieles representan un problema de contaminación debido a su limitado aprovechamiento. En esta investigación, se resalta la relevancia de emplear procedimientos tanto mecánicos como químicos con el fin de obtener cuero de excelente calidad. Para llevar a cabo este proceso, se utilizaron diferentes concentraciones de quebracho y mimosa. El cuero de piel de paiche resultante fue resistente y moldeable, con una capacidad de resistencia a la flexión que excede las 30 000 flexiones sin deformación, mayor resistencia al desgarro en T1 (146.23 N) y T5 (143.12 N) y mayor tracción en T4 (16.62 N/mm²). Además, presentó un contenido de cenizas inferior al 1%, humedad inferior al 9% y óxido de cromo inferior al 1.5%. Se trataron además los efluentes generados durante el proceso, los cuales presentaron valores aceptables de pH, conductividad y DQO.

Palabras clave: piel; paiche; mimosa; quebracho; curtición.

INTRODUCCIÓN

El aporte principal de este artículo consiste en la identificación de los parámetros tecnológicos más adecuados para la curtición vegetal de la piel de paiche utilizando extractos de quebracho y mimosa. Estos parámetros incluyen variables tales como la concentración de los extractos, el tiempo de curtición, la temperatura y otras condiciones de procesamiento.

La curtición es el proceso mediante el cual se trata la piel de animales para convertirla en cuero, y la curtición vegetal se presenta como una alternativa ecológica y sostenible frente a los métodos convencionales que utilizan productos químicos sintéticos.

La contribución de este trabajo de investigación es de gran relevancia. Por un lado, el paiche (*Arapaima gigas*) es una especie de pez amazónico que se cultiva en algunas regiones y cuya piel puede ser aprovechada como una valiosa fuente de cuero. Por otro lado, al emplear métodos de curtición vegetal en lugar de químicos sintéticos, se reduce el impacto ambiental y se fomenta la sostenibilidad en la industria del cuero.

1 Ingeniero agroindustrial. Actualmente, es especialista en Innovación y Transferencia Tecnológica en el Instituto Tecnológico de la Producción (Pucallpa, Perú).

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3228-563X>

Autor de correspondencia: christiaanmoreno1@gmail.com

2 Ingeniero químico. Magister en Administración con mención en Gestión Empresarial. Actualmente, es docente asociado en el Departamento Académico de Diseño Y Tecnología Industrial en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Lima, Perú).

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6382-3432>

E-mail: plojah@unmsm.edu.pe

3 Ingeniero en Industrias Alimentarias. Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Actualmente, es docente principal en la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali (Pucallpa, Perú).

Orcid: <http://orcid.org/0000-0001-6299-7692>

E-mail: Edgardo_garcia@unu.edu.pe

4 Licenciado en Ciencias de la Comunicación. Magister en Gestión Pública. Actualmente, es docente en la Escuela Profesional de Ciencias de la Comunicación de la Facultad de Educación y Ciencias Sociales de la Universidad Nacional de Ucayali (Pucallpa, Perú).

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5909-5081>

E-mail: berita_davila@unu.edu.pe

El uso de extractos de quebracho y mimosa como agentes curtientes posee una relevancia económica y social significativa. Estos extractos son de origen natural y pueden ser obtenidos de forma sostenible, lo que beneficia a las comunidades locales que dependen de estos recursos naturales. Al establecer los parámetros tecnológicos óptimos, se facilita la implementación de procesos de curtición vegetal en la industria, a la vez que se generan oportunidades de empleo y se promueve la conservación de los ecosistemas forestales.

Por tanto, la relevancia de este trabajo radica en promover prácticas sostenibles en la industria del cuero, aprovechar los recursos naturales de manera responsable y generar oportunidades económicas y sociales en las comunidades locales. El cuero resultante de este proceso demostró ser resistente y moldeable, al superar las pruebas de resistencia a la flexión y desgarro. Además, se trataron los efluentes generados durante el proceso de manera adecuada, lo cuales obtuvieron valores aceptables de potencial de hidrógeno (pH), conductividad y demanda química de oxígeno (DQO).

En el contexto actual de preocupación por la conservación del medio ambiente, el enfoque ambientalmente sostenible de este estudio resulta especialmente relevante. Al reducir la dependencia de productos químicos nocivos y promover el uso de recursos naturales renovables, como los extractos vegetales, se puede minimizar el impacto ambiental negativo asociado con la producción de cuero.

El paiche es un recurso acuícola amazónico popular, de venta en mercados a nivel nacional e internacional, debido a su elevado contenido proteico y al buen sabor de su carne. Sin embargo, según Alcántara y Guerra (1992), se desperdicia un volumen considerable de piel, escamas, cabeza y otros restos de paiche, que representan el 53% del total, ya que solo se comercializa la carne. Los acuicultores no aprovechan debidamente estos residuos. Como resultado, estos residuos son descartados en vertederos y cuerpos de agua y se convierten en una fuente de contaminación ambiental.

La industria del cuero en el Perú está evolucionando hacia un mayor aprovechamiento de los recursos, que incluyen pieles de culebras, lagartos, animales silvestres, aves y otros. En este contexto, la piel de paiche desempeña un papel fundamental, ya que se desperdician grandes cantidades durante el procesamiento de la carne. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es aprovechar la piel del paiche mediante la determinación de los parámetros tecnológicos en curtición vegetal de

piel de paiche con extracto de quebracho y mimosa para su aprovechamiento industrial ambientalmente sostenible.

Con este fin, se han propuesto distintos tratamientos de estudio con mimosa, quebracho y una combinación de ambos. Con esta investigación se pretende solucionar el problema de contaminación y desperdicio de este gran recurso, así como aprovecharlo transformándolo en cueros exóticos que puedan abrir nuevas oportunidades en la industria del cuero, como por ejemplo la producción de zapatos, correas, billeteras, entre otros.

La producción de cuero a partir de la piel del paiche ha permitido conocer en detalle los aspectos tecnológicos de la curtiduría vegetal, desde la recepción de la materia prima hasta el proceso de acabado, todo ello conforme a las Normas Técnicas Peruanas. Esto demuestra que es posible aprovechar debidamente los residuos de la piel de paiche y transformarlos en un recurso valioso para la industria del cuero, al mismo tiempo que se reduce la contaminación ambiental.

Este estudio se estructura en tres secciones. En la primera sección, se procedió a la fabricación de cuero a partir de la piel del paiche, utilizando cinco concentraciones distintas de quebracho y mimosa, con tres repeticiones para cada tratamiento. En la segunda sección, se evaluaron las características fisicoquímicas y mecánicas de las muestras obtenidas en cada tratamiento, lo que permitió determinar las diferencias y cualidades obtenidas para la fabricación de calzado y prendas de vestir. En la tercera sección, se trataron las aguas residuales para su eliminación dentro de los límites máximos permisibles establecidos por el Ministerio del Ambiente.

El cuero de pescado es un recurso con potencial a explotar debido a su textura que se adapta fácilmente al cuerpo, además, es impermeable y liviano, lo que lo convierten en un recurso más conveniente en comparación con otros tipos de cuero con alta demanda en el mercado (Álvarez et al., 2020). Por otro lado, existen numerosas oportunidades de inversión en la producción de cueros a partir de pieles de paiche con el propósito de incursionar en la industria de la moda y comercializar con naciones como Estados Unidos, China y la Unión Europea, que tienen una gran demanda de productos de este tipo (Gonzales, 2019).

Una vez que la piel de pescado ha sido completamente procesada, se puede comenzar con el diseño y la confección de prendas y agregar

apliques de cuero de diferentes texturas, colores y formas, lo que da como resultado final colecciones únicas y auténticas que aprovechan al máximo las pieles de pescado.

MARCO TEÓRICO

Antecedentes nacionales

En su estudio cuantitativo para su tesis de maestría denominado *Evaluación comparativa de los métodos de curtido con tara y glutaraldehído aplicados en piel de pollo*, Lizárraga (2015) llega a la conclusión de que el método que produce más cuero está determinado por una comparación de los métodos. Asimismo, determinó que el nivel de contaminación química del agua residual (DBO_5) para los curtidos estudiados fue de 10 400 y 4600 g/L.

Barrera y Símpalo (2014), en su estudio denominado *Determinación del tiempo y temperatura óptima en la operación de teñido de cuero de piel de pescado perico (Coryphaena hippurus) utilizando el colorante natural carmín de cochinilla (Dactilopius coccus costa) Chiclayo - Lambayeque, 2013*, concluyen que el tiempo y temperatura óptimos para el teñido de cuero de pescado es de 60 minutos y 44.33°C respectivamente, que permiten obtener un color con características significativas que muestran mayor solidez y resistencia.

Antecedentes internacionales

En su trabajo de investigación *Estudio técnico-económico para la creación de una empresa que elabore zapatos de cuero a base de la piel de pescado en la ciudad de Esmeraldas*, Valdez (2015) concluye que los costos fijos y variables representan valor significativo al tratarse de un producto de alto valor adquisitivo.

Ramírez (2015), en su trabajo de grado *Obtención de cuero a partir de piel de tilapia (Oreochromis niloticus), utilizando como curtiente extracto de quebracho, en el laboratorio de química de la UNAN-MANAGUA. Segundo semestre del año 2014*, concluye que los resultados operativos óptimos para el procesamiento del cuero se obtienen tras 16 días de curtiembre utilizando extracto de quebracho a un nivel del 40% del peso del cuero, lo que le confiere al producto mayor brillo, flexibilidad y color y, en consecuencia, mayor aceptación.

Hourdebai et al. (2007), en su publicación científica denominada *Estudio comparativo de taninos de tara, mimosa y pino como re curtientes*, concluyen que todos los cueros recurtidos en el estudio (con tara, mimosa y pino radiata), partiendo de cuero bovino wet blue para confección de capelladas, cumplen con las especificaciones preestablecidas, a excepción de los referidos con la tracción en los ensayos evaluados.

Duran y Lopez (1993), en su trabajo de grado denominado *Industrialización y comercialización de la piel de pescado (merluza, berrugate y tiburón)*, concluyen que las pieles de pescado pueden ser utilizadas para aplicaciones exóticas en mercados elitistas, lo que permite comercializarlas a precios elevados y generar altos márgenes de utilidad.

Paiche

De acuerdo a lo expresado por Campos (2001), el paiche es una especie de pez escamoso de agua dulce que pertenece a la familia Arapaimidae (*Osteoglossidae*) y al superorden Osteoglossomorpha, el cual está compuesto por peces tropicales primitivos a excepción de la familia Hiodontidae (Figura 1).



Figura 1. *Arapaima gigas* (paiche).

Fuente: Elaboración propia.

El paiche es un pez de agua dulce de gran tamaño que puede alcanzar una longitud total de hasta 3 m y un peso promedio de 200 kg. Su cuerpo está cubierto de escamas y presenta una cabeza proporcionalmente pequeña. Su coloración generalmente es de tonos ceniza oscuro, aunque también puede mostrar un borde de escamas amarillo o rojizo similar al achiote. Sus aletas son pequeñas y se orientan hacia atrás. Posee una lengua ósea que mide aproximadamente 25 cm de largo y 5 cm de ancho, así como dientes filiformes.

Piel de pescado

Según lo señalado por Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2010), la piel con escamas del paiche presenta un tono marrón claro en la parte superior y un tono blanquecino en la parte inferior, que puede tornarse rojizo durante los períodos de reproducción. Aunque el paiche no presenta un dimorfismo sexual externo, durante los períodos de apareamiento, se pueden distinguir diferencias en la coloración que permiten identificar el sexo de los individuos. Los machos presentan una coloración rojiza intensa, mientras que las hembras presentan una coloración menos intensa.

Estructura de la piel de pescado

Con base en la investigación de Duran y Lopez (1993), la piel del pescado tiene una estructura queratínica en forma de placas llamadas escamas que derivan del esqueleto dérmico y no tienen glándulas sebáceas. Las fibras de la piel están dispuestas en capas y/o haces horizontales, con columnas de fibras que comienzan en el lado de la pulpa y terminan en el lado de la flor.

En lo que respecta a su composición, el colágeno de pescado es muy similar al de los mamíferos, ya que tienen un peso molecular y dimensiones similares, aunque presentan diferencias en cuanto a los aminoácidos y el contenido de hidroxiprolina, serina, treonina y metionina.

La piel de los peces es vulnerable a sufrir lesiones y daños debido a la exposición a condiciones ambientales, como el tiempo y la temperatura, lo que puede favorecer la proliferación de microorganismos y generar contaminación.

Aprovechamiento de la piel

Según Prado (s.f.), la piel de los peces tiene una superficie lisa y moderadamente pigmentada con escamas en forma de óvalo firmemente adheridas a ella. Sin embargo, para que pueda utilizarse como

materia prima para la producción de cuero, la piel debe cumplir tres requisitos importantes:

- No debe contener carne.
- No debe presentar rasgaduras ni daños por fileteado o descamado deficiente.
- Debe ser lo más larga y estar lo más intacta posible.

Curtido

El objetivo principal del proceso de curtido es lograr la irreversibilidad de la piel, lo que aumenta su resistencia a la degradación enzimática, los productos químicos y el calor. Este proceso se lleva a cabo de forma artesanal y limpia, lo que genera nuevas oportunidades de negocio. Según Jones (2002), este proceso consta de varias etapas, entre las que se incluyen el desencalado, rendido (purga), piquelado y curtido. Durante las etapas de desencalado y rendido, no se elimina completamente toda la cal que la piel absorbe, lo que deja un residuo combinado con el colágeno, y el pH final se sitúa en torno a 8.3. En el piquelado, se tratan las pieles desencaladas y rendidas con insumos ácidos que reducen el pH hasta un valor que oscila entre 1.8 y 3.5, según el tipo de artículo que se va a elaborar.

Curtido vegetal

Según Jones (2002), algunos diseñadores innovadores están buscando cueros sostenibles y consideran que los cueros curtidos con cromo o utilizando extractos vegetales extraídos naturalmente de árboles cultivados y cosechados, que son ampliamente utilizados por las curtiembres en la actualidad, no cumplen con los estándares de sostenibilidad. El curtido vegetal se utiliza para la elaboración de diversos artículos como suelas, cueros para guarnicionería, cinturones, monturas, aplicaciones industriales y cueros repujados. Los taninos obtenidos principalmente del extracto de quebracho, la corteza de zarzo negro y la mimosa son las fuentes más comunes de curtido vegetal. En el pasado, el proceso de curtido se realizaba en pozos, lo que tomaba varias semanas. Hoy en día, las curtidurías modernas utilizan tambores giratorios para curtir las pieles durante aproximadamente 12 horas en una solución de taninos al 12%; sin embargo, algunas empresas de bronceado todavía usan pozos, controlando la concentración del líquido curtierte.

Tipos de curtiertes con extractos vegetales

Según lo expuesto por Alfonso et al. (2015), las empresas a nivel mundial están buscando

diversificar sus áreas de negocio y agregar valor a sus productos, tal como sucede en todo el mundo con la acuicultura y pesca con la conversión de pieles de pescado para consumo humano. Anualmente se desechan miles de toneladas de estos residuos o se utilizan para hacer harina de pescado, por lo tanto, la transformación de pieles de pescado se presenta como una atractiva propuesta para la industria.

Por otro lado, de acuerdo con Soler (2004), los principales productos utilizados son extractos vegetales derivados de plantas que han sido sometidos a diferentes tratamientos para conferirles propiedades específicas. Los taninos se clasifican en dos tipos según su hidrólisis al ser hervidos en agua acidulada con ácido clorhídrico caliente: los hidrolizables y los condensados. Los primeros se descomponen en ácido gálico o elágico durante la hidrólisis, mientras que los segundos generan productos insolubles. En el mercado, se pueden encontrar extractos vegetales de plantas con alto contenido de taninos, que son accesibles o fáciles de importar al país.

Quebracho

Según lo expuesto por Ramírez (2015), el nombre quebracho deriva de su gran dureza. Contiene una compleja combinación de polifenoles naturales que le confieren características particulares. Pertenecen a la familia de los taninos condensados y es de origen catequínico. Su peso molecular oscila entre 200 y 15 000 uma, y su composición puede separarse de acuerdo al uso que se le quiera dar. Además, posee trómeros y tetrómeros de polímeros C15 con numerosos grupos oxhidrilos (OH-), lo que le confiere una gran reactividad. Por otro lado, posee niveles muy bajos de ácidos y azúcares, y es altamente estable frente a la hidrólisis y potencialmente resistente a los microorganismos.

Mimosa

De acuerdo con el Instituto Forestal de Chile (2005), la *Acacia melanoxylon* es una especie de árbol de hoja ancha que presenta diferentes características fenotípicas en función del ambiente en el que crece. Su tamaño puede variar desde un arbusto compacto hasta convertirse en una de las acacias más imponentes de toda Australia. Pertenecen a la familia Leguminosae, subfamilia Mimosoidae y al orden Rosales, que también incluye la *Acacia dealbata*. Estas especies se destacan por su capacidad para fijar nitrógeno y por ser colonizadoras rápidas y eficientes.

Proceso de curtición

De acuerdo con Puente (2018), una vez que el animal es sacrificado en el matadero, la piel es separada del resto del cuerpo y sometida a diferentes tratamientos para su conservación temporal antes de ser entregada al curtidor. Estos tratamientos pueden variar según el país de origen, las condiciones climáticas y el tipo de animal. Los dos tratamientos más comunes son el secado y el salado, ambos destinados a evitar la proliferación de bacterias en la piel que contiene proteínas y grasas. El objetivo del secado y el salado es deshidratar la piel y emplear bactericidas para su conservación. Mediante estos tratamientos se busca evitar la putrefacción de la piel antes de llegar a manos del curtidor.

METODOLOGÍA

Hernández et al. (2014), en su libro titulado *Metodología de la investigación*, describen la naturaleza experimental que permite al investigador manipular y controlar las variables independientes para observar sus efectos sobre las variables dependientes. También describen la cuantitativa que se centra en recopilar y analizar datos numéricos y estadísticos para obtener conclusiones. Por lo anterior, esta investigación es de tipo experimental porque se evalúan distintas concentraciones de dos insumos vegetales (quebracho y mimosa) en el proceso de obtención de cuero de paiche. Asimismo, es cuantitativa porque se obtuvieron valores para cada tratamiento en estudio, los cuales fueron analizados estadísticamente. Además, este estudio en particular tiene una naturaleza correlacional puesto que el objetivo principal es investigar el grado de asociación entre la utilización de extracto de quebracho y de mimosa en el proceso de producción de cuero de paiche.

Unidad de análisis

Las unidades de prueba utilizadas en este estudio experimental fueron 15 pieles de paiche con las mismas características (especie, peso, edad y tamaño), seleccionadas en el centro de acuicultura.

- Especie: *Arapaima gigas*
- Peso: 9 - 11 kg
- Edad: 13 meses
- Tamaño total promedio: 1.05 m

Técnicas de recolección de datos

En la investigación experimental, los datos primarios se recogen directamente del objeto del análisis,

que en este caso es el cuero, después de someterlo al proceso de curtido utilizando extractos de quebracho y mimosa.

Primero, se pesó individualmente cada piel de paiche para determinar la concentración de quebracho y mimosa a utilizar previo acondicionamiento. A continuación, se registró la cantidad de insumos y materiales que se requieren. Posterior a la curtiembre, se enviaron las pieles de paiche al laboratorio del CITE Call Lima del Ministerio de Producción para ser sometidas a análisis físicos, mecánicos y químicos.

Herramientas, equipos, materiales e insumos

En esta etapa, se utilizó lo siguiente: tablero de madera, cuchillo, tinajas de 15 L, probetas de 500 ml, balde de 8 L, lija de fierro N.º 200, lija de fierro N.º 100, cinta pH, balanza, densímetro de Baumé, termómetro, sal de mesa, desengrasante, bactericida, humectante, ácido orgánico, fungicida, extracto de quebracho, extracto de mimosa, dispersante, ácido oxálico, bicarbonato de sodio, anilina, dispersante de colorante, ablandador de agua, aceite para cuero vegetal, crema mate, crema brillo, indicador de remojo, indicador bromocresol, coagulantes y floculantes.

Obtención cuero de piel de paiche

a. Recepción de la materia prima

Se recibieron 15 paiches frescos con escamas y carne adherida después del proceso de procesamiento primario, conservados a una temperatura adecuada de no más de 4.4°C, tal como lo recomienda el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (SANIPES). Se realizó un análisis físico-sensorial del pescado para evaluar su frescura, incluyendo la textura, el olor, el color y el aspecto general. No se detectó la presencia de contaminantes físicos o químicos.

b. Desescamado y descarnado

En esta etapa, se removieron las escamas manualmente, utilizando un cuchillo para retirarlas de una en una y teniendo cuidado de no dañar la superficie de la piel. Durante este proceso también se eliminó la carne adherida a la piel.

c. Acondicionamiento de las pieles

Para proteger la piel de factores externos como bacterias y hongos, se utilizó sal doméstica al 35% del peso de las piletas de paiche y se dejaron bajo sombra durante 24 horas.

d. Remojo

Con el fin de devolver el cuero a su estado natural y eliminar la suciedad, se llevaron a cabo los siguientes procedimientos:

- Primer remojo: Las pieles fueron sumergidas en agua a temperatura ambiente (26°C) tres veces, cambiando el agua en cada ocasión.
- Segundo remojo: Se añadió un desengrasante y bactericida a las pieles con el propósito de hidratar la piel y eliminar grasas, aceites naturales y otros residuos que pudieran estar presentes en la piel. Las pieles fueron movidas constantemente y se dejaron reposar durante 24 horas.

e. Desengrase

Para eliminar la grasa de la piel, se diluyeron el desengrasante y el humectante agitándolos durante 30 minutos y repitiendo el procedimiento en siete ocasiones. A continuación, se frotó la piel con la mano para retirar cualquier residuo de grasa. Al finalizar el proceso, la piel no debía presentar un aspecto grasoso.

f. Piquelado

Para conseguir un pH ácido en la piel antes del proceso de curtido, se busca garantizar una correcta adhesión del agente curtiente a la piel.

g. Curtido

Se utilizaron diversos curtientes vegetales para evitar la degradación de la piel al fijar el agente. Estos taninos además ayudan al asentamiento de la piel frente al calor y la humedad. La selección de los extractos de tanino vegetal utilizados afecta la calidad del cuero producido y la procedencia de cada uno le otorga características particulares como el tono, la tensión y la firmeza de la piel resultante.

Evaluación paramétrica para el análisis

Modelo matemático

Según Gutiérrez y De la Vara (2008), el modelo matemático utilizado en el ANOVA se basa en la descomposición de la variabilidad total de los datos en dos componentes: la variabilidad entre los grupos y la variabilidad dentro de los grupos. Esta investigación reúne las condiciones para utilizar este modelo matemático, ya que se valorarán cinco (5) tratamientos en estudio con tres repeticiones para cada uno de ellos.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

- Y_{ij} : El resultado obtenido del grupo sometido al tratamiento «i».
- μ : La media general de todos los datos del experimento.
- τ_i : Efecto del tratamiento «i».
- ε_{ij} : El error experimental hace referencia al efecto aleatorio de muestreo en un experimento.

En la Tabla 1, se observa la relación de los cinco tratamientos en estudio con el agente curtiende y/o combinación entre el quebracho y la mimosa.

Tal como se observa en la Tabla 2, en el estudio se asignaron cinco tratamientos de forma aleatoria y cada tratamiento se repitió tres veces (T1: quebracho 0% - mimosa 20%), (T2: quebracho 20% - mimosa 0%), (T3: quebracho 10% - mimosa 10%), (T4: quebracho 5% - mimosa 15%), (T5: quebracho 15% - mimosa 5%).

h. Neutralizado

La neutralización se lleva a cabo para eliminar los ácidos libres que pudieran generarse durante el proceso de curtido. Para ello, se elimina la humedad de las fibras de la piel utilizando un adyuvante que no las daña.

i. Teñido

El proceso de teñido consistió en agregar color y belleza al cuero sumergiéndolo en un baño de tintes ácidos e impregnando o fijando el color en el cuero. Para ello, se diluyó la anilina en agua hasta obtener una pasta homogénea, se agregó un dispersante y un suavizante, mezclando lentamente. Finalmente, se añadió un fungicida con agitación suave y se agregó el ácido orgánico como fijador del tinte. Las pieles se retiraron del baño y se colocaron a secar a la sombra durante 24 horas. Posteriormente, se agregaron ácidos orgánicos como estabilizador del tinte.

j. Engrase

El proceso de engrase se realizó aplicando una capa uniforme de grasa animal sobre la superficie de la piel mediante una esponja, cubriendo toda la superficie de la piel y dejando que la grasa se absorbiera durante 24 horas en un ambiente fresco y sombreado. Esto devuelve a la piel su suavidad y flexibilidad natural, lo que mejora su resistencia y elasticidad ante tensiones mecánicas, además de protegerla de la humedad y agentes externos.

k. Acabado

El propósito del proceso de acabado es mejorar las características físicas del cuero

Tabla 1. *Tratamientos en estudio.*

Tratamientos	Quebracho (<i>Schinopsis balansae</i>)	Mimosa (<i>Acacia dealbata</i>)
T1	0%	20%
T2	20%	0%
T3	10%	10%
T4	5%	15%
T5	15%	5%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. *Designación de tratamientos.*

Tratamientos	Repeticiones		
	1	2	3
T1	R_1	R_2	R_3
T2	R_1	R_2	R_3
T3	R_1	R_2	R_3
T4	R_1	R_2	R_3
T5	R_1	R_2	R_3

Fuente: Elaboración propia.

mediante técnicas que realzan su color, brillo y textura, al mismo tiempo que lo protegen de factores como la humedad. Para lograrlo, se aplican cremas brillantes y mates en la superficie de la piel, frotando suavemente la capa externa del cuero. Luego, se deja secar a la sombra durante cuatro horas antes de pulirla con un paño para conseguir un acabado brillante.

I. Recolección y tratamiento de aguas residuales

Con la finalidad de analizar el potencial de hidrógeno, conductividad y demanda química de oxígeno, se recolectaron 15 L de las aguas residuales obtenidas de las muestras en estudio, generadas durante los procesos de remojo, desengrasado, piquelado y curtido, y se sometieron a un tratamiento de homogeneización mediante coagulación y floculación. Para ello, se agregaron sustancias floculantes y coagulantes y posteriormente agua oxigenada, con el objetivo de conseguir una tonalidad clara en el agua y un pH cercano a 6 conforme a lo recomendado por Abdón (2018).

En la Tabla 3, se indica el porcentaje de coagulante, floculante y agua oxigenada utilizada con respecto al total de efluente recolectado.

RESULTADOS

Propiedades físico-mecánicas del cuero de piel de paiche

a. Determinación de la resistencia a la flexión

Los resultados de las propiedades de resistencia a la flexión se presentan en la Tabla 4. Se observa que los cinco tratamientos cumplen con los parámetros establecidos en las Normas Técnicas Peruanas NTP 241.021:2022, NTP 241.022:2022 y NTP 241.023:2022 para la fabricación de calzado casual, calzado de caballero y calzado de mujer. Estas normas señalan que el cuero debe tener una resistencia a la flexión en seco $\geq 30\ 000$, sin que se observen defectos en el material.

b. Determinación de la resistencia al desgarro

Como se muestra en la Tabla 5, el resultado promedio para la fuerza de desgarro es

Tabla 3. Tratamiento de aguas residuales.

N.º	Insumos químicos	Porcentaje	Insumo
1	Coagulante	5%	Sulfato férrico al 10%
2	Floculante (polímero aniónico)	0.1%	Arifloc C606 al 0.1%
3	Agua oxigenada 20°	0.5%	Peróxido de hidrógeno

*% Relación agua residual con insumos.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 4. Resultados de la resistencia a la flexión del cuero.

Tratamiento	Número de probetas ensayadas	Treinta mil flexiones efectuadas en promedio
T1	Seis	No se observan defectos en el material.
T2	Seis	No se observan defectos en el material.
T3	Seis	No se observan defectos en el material.
T4	Seis	No se observan defectos en el material.
T5	Seis	No se observan defectos en el material.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Resultados de la resistencia al desgarro de cuero.

Tratamiento	Sentido	Fuerza de desgarro promedio (N)
T1	A – B	146.23
T2	A – B	93.31
T3	A – B	88.70
T4	A – B	92.39
T5	A – B	143.12
Promedio		112.75

Fuente: Elaboración propia.

112.75 N. Esto significa que los valores obtenidos se sitúan dentro de los rangos establecidos en las Normas Técnicas Peruanas NTP 241.021:2022, NTP 241.021:2022 y NTP 241.023:2022 para la fabricación de calzado casual, calzado de caballero y calzado de mujer. Estas normas señalan que el cuero debe tener una resistencia al desgarro ≥ 40 N.

Método para la comparación entre tratamientos

Hipótesis nula: Todos los valores promedio son idénticos.

Hipótesis alterna: Al menos un valor promedio difiere de los demás.

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Para el análisis, se asumió que las varianzas eran iguales (ver Tabla 6).

Criterio de decisión

Si $\alpha > p$, se rechaza H_0 .

Si $\alpha \leq p$, se acepta H_0 .

De acuerdo al análisis de varianza, se tiene un valor p de 0.004. Puesto que α (0.05) es mayor que el valor p (0.004) se rechaza la H_0 , es decir, el tipo de tratamiento empleado sí influye en los resultados de desgarro obtenido.

Pruebas de comparación

Al encontrarse que al menos una media es diferente a los demás, es necesario realizar pruebas de comparación de Tukey.

De acuerdo con la información presentada en la Tabla 7, se puede apreciar que los tratamientos T1 y T5 exhiben los valores promedio más favorables en los resultados obtenidos, en comparación con los tratamientos T2, T3 y T4.

c. Determinación de la resistencia a la tracción

Los resultados de resistencia a la tracción del cuero se presentan en la Tabla 8. Se puede observar que los valores obtenidos por cada tratamiento analizado se encuentran dentro de los rangos establecidos para cueros en las Normas Técnicas Peruanas NTP 241.021:2022, NTP 241.021:2022 y NTP 241.023:2022 para la fabricación de calzado casual, calzado de

Tabla 6. Varianza para la determinación de la resistencia al desgarro.

Fuente	gl	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Factor	4	10 152	2537.9	7.78	0.004
Error	10	3264	326.4		
Total	14	13 416			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7. Tukey empleado para evaluar la resistencia al desgarro con un nivel de confianza del 95%.

Tratamientos	N	Media	Agrupación
1	3	146.2	A
5	3	141.96	A
4	3	92.39	B
2	3	92.32	B
3	3	88.70	B

Las medias de diferentes grupos son significativamente diferentes entre sí cuando no comparten una misma letra.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8. Resultados de la resistencia a la tracción.

Tratamientos	Sentido	Fuerza de tracción promedio (N/mm ²)
T1	A – B	13.05
T2	A – B	8.17
T3	A – B	14.94
T4	A – B	16.62
T5	A – B	10.43

Fuente: Elaboración propia.

caballero y calzado de mujer. Estas normas señalan que el cuero debe tener una resistencia a la tracción ≥ 10 N/mm². Únicamente el tratamiento dos (T2) presenta valores inferiores.

Método para la comparación entre tratamiento

Hipótesis nula: Todos los valores promedio son idénticos.

Hipótesis alterna: Al menos un valor promedio difiere de los demás.

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Para el análisis, se asumió que las varianzas eran iguales (ver Tabla 9).

Criterio de decisión

Si $\alpha > p$, se rechaza H_0 .

Si $\alpha \leq p$, se acepta H_0 .

De acuerdo al análisis de varianza, se evidencian diferencias significativas entre los grupos, dado que el valor de p (0.004) es inferior a 0.05.

Por lo tanto, es necesario realizar la prueba de comparación múltiple de Tukey.

Pruebas de comparación

De acuerdo con la información presentada en la Tabla 10, se puede apreciar que los tratamientos T1 y T5 exhiben los valores promedio más favorables en los resultados, en comparación con los tratamientos T2, T3 y T4.

Propiedades físico-químicas del cuero de piel de paiche posterior al procesamiento

Los valores obtenidos para las propiedades de contenido de cenizas, porcentaje de humedad y porcentaje de óxido de cromo se presentan en la Tabla 11. Es posible apreciar que todos los datos de los cinco tratamientos evaluados cumplen con los rangos establecidos para cueros según las Normas Técnicas Peruanas anteriormente mencionadas.

Recuperación de las aguas obtenidas del proceso de curtición

La Resolución Ministerial N.º 071-2022-MINAM establece los límites máximos permisibles para

Tabla 9. Varianza para la determinación de la resistencia a la tracción.

Fuente	gl	SC	MC	F	P
Factor	4	138.48	34.620	7.86	0.004
Error	10	44.02	4.402		
Total	14	182.50			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10. Tukey empleado para evaluar la resistencia al desgarro con un nivel de confianza del 95%.

Tratamientos	N	Media	Agrupación
4	3	16.62	A
3	3	14.940	A B
1	3	13.05	A B C
5	3	10.44	B C
2	3	8.170	C

Las medias de diferentes grupos son significativamente diferentes entre sí cuando no comparten una misma letra.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11. Contenido de cenizas, humedad y óxido de cromo.

Tratamientos	Código	Contenido de cenizas	% humedad	% óxido de cromo
T1	129-(1,2,3)	0.40	8.79	0.0116
T2	129-(4,5,6)	0.40	8.39	0.0132
T3	129-(7,8,9)	0.36	8.36	0.0128
T4	129-(10,11,12)	0.34	8.12	0.0135
T5	129-(13,14,15)	0.36	8.51	0.0132

Fuente: Elaboración propia.

efluentes producidos por las actividades de curtido y adobo de cuero, así como por el adobo y teñido de pieles. Esta normativa vela por el cumplimiento de los requisitos necesarios para la liberación de efluentes, con un pH entre 5 a 8.5 y una DQO de 50 mg/L. En la Tabla 12 se presentan los promedios de los límites máximos permitidos para los efluentes generados durante los procesos de curtido correspondientes a los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5.

Tabla 12. Recuperación de las aguas obtenidas del proceso de curtición.

Tratamientos	pH	DQO (mg/L)
T1	6.3	45
T2	6.1	46
T3	6	45.5
T4	6.3	46.1
T5	6.3	45.6

Fuente: Elaboración propia.

DISCUSIÓN

Propiedades físico-mecánicas de las pieles de paiche resultantes de la curtición

- El presente artículo científico resalta la importancia crítica de la resistencia a la flexión en los productos de cuero, como lo mencionan diversos estudios, tales como los de Vilca (2019) y Ramírez (2015). Los tratamientos investigados superaron las 30 mil flexiones con éxito, lo que mejora significativamente la durabilidad y apariencia de los productos de cuero, como zapatos y carteras. Además, se está explorando la potencial de aplicación de pieles de pescado en mercados elitistas (Ramírez, 2015), lo que generaría altos márgenes de utilidad. No obstante, se deben considerar aspectos éticos y sostenibles para garantizar prácticas responsables en la obtención de estas pieles. También se debe evaluar la percepción cultural del uso de pieles de pescado, pues podría influir en su aceptación en el mercado. Este estudio proporciona una base valiosa para futuras investigaciones en el campo del cuero y la innovación de materiales.
- Se destaca la relevancia de la resistencia al desgarro en productos de cuero, por cuanto los tratamientos T1 y T5 exhibieron una mayor capacidad para resistir la rotura bajo fuerzas de tracción o rasgado. Estos resultados

también revelan la integridad estructural del material al ser estirado o sometido a tensión. Investigaciones como la de Puentes (2018) demuestran la eficacia de ciertos métodos de curtido para alcanzar valores elevados de resistencia al desgarro, lo cual es crucial en artículos como bolsas y cinturones sometidos a cargas pesadas. Sin embargo, el estudio de Hourdebaigt et al. (2007) señala que ciertos cueros recurtidos no cumplen con las especificaciones de resistencia a la tracción. Es importante abordar estas limitaciones para mejorar la calidad y durabilidad de los productos de cuero.

- La investigación revela que el tratamiento T4 muestra resultados destacados en resistencia a la tracción (16.62 N/mm²), seguido de los tratamientos T3 (14.940 N/mm²) y T1 (13.05 N/mm²). Estos resultados denotan la capacidad del material para resistir cargas que provocan estiramiento sin romperse, lo que refleja su resistencia a la rotura. Autores como Melgar (2000) y Valdez (2015) han destacado la importancia de la resistencia a la tracción en el cuero, tanto para garantizar la durabilidad del producto como su valor adquisitivo. Estos hallazgos resaltan la necesidad de optimizar la resistencia a la tracción en la producción de cuero.

Propiedades químicas de las pieles de paiche resultantes de la curtición

- El contenido de ceniza y humedad en el cuero es crucial para determinar su calidad y seguridad. Los resultados revelaron un bajo contenido promedio de ceniza (0.37) en todas las muestras, conforme a la norma NTP 241.023.2022, que especifica un límite máximo de 2. Un alto contenido de ceniza podría indicar un uso excesivo de productos químicos o de baja calidad. Además, afectaría negativamente la salud y el medio ambiente. El contenido promedio de humedad (8.43%) se alinea con las referencias anteriores (Melgar, 2000) y se considera óptimo para la durabilidad del cuero. Un exceso de humedad lo vuelve susceptible al moho, mientras que la sequedad lo vuelve quebradizo. En cuanto al proceso de teñido, el estudio de Barrera y Símpalo (2014) recomienda que se realice en 60 minutos a 33°C con carmín de cochinilla para obtener colores óptimos con características químicas adecuadas para humedad y ceniza.

Aguas de recuperación obtenidas del proceso de curtición

- El artículo científico que presentamos representa un exhaustivo análisis de los límites máximos permitidos para los efluentes generados durante el proceso de curtido. Estos límites han sido minuciosamente comparados con los valores establecidos en la Resolución Ministerial N.º 071-2022-MINAM (R. M. N.º 071-2022-MINAM, 2022) para garantizar que las operaciones de curtido se adhieran rigurosamente a los estándares ambientales prescritos. Esta conformidad es esencial para garantizar que las actividades industriales no tengan un impacto negativo sobre los recursos naturales y la salud pública.
- Esta metodología es coherente con el enfoque planteado por Lizárraga (2015), quien concluyó que identificar el método más eficiente para producir cuero requiere una evaluación detallada y exhaustiva de las diversas técnicas de curtición disponibles. Lizárraga subraya la importancia de considerar la eficiencia y la sostenibilidad a la hora de seleccionar procesos de curtición, un aspecto crucial en el contexto de la producción de cuero a partir de paiche.
- La alineación de los resultados obtenidos en términos de pH y DQO con los estándares requeridos en la Resolución Ministerial N.º 071-2022-MINAM respalda de manera contundente la afirmación de que el método utilizado es ambientalmente responsable. Estos resultados validan la viabilidad de adoptar prácticas más sostenibles en la producción de cuero (R. M. N.º 071-2022-MINAM, 2022).

Impactos económicos y ambientales

- Los resultados obtenidos en la investigación sobre la resistencia a la flexión, fuerza de desgarrado y resistencia a la tracción son indicativos de la calidad del cuero producido a partir del proceso de curtición vegetal del paiche. Estos resultados positivos tienen el potencial de tener un impacto significativo a múltiples niveles. A nivel local y regional, la creación de industrias de curtición y manufactura de productos de cuero puede impulsar la economía, generar empleo y mejorar la infraestructura en las zonas donde se lleva a cabo la producción (De los Ríos

et al., 2017). A nivel nacional, el desarrollo de una cadena de suministro sostenible y la exportación de productos de cuero de alta calidad podrían contribuir a la diversificación económica y a la mejora de la balanza comercial (Gereffi et al., 2001). Por último, a nivel internacional, la oferta de productos de cuero sostenibles y de alta calidad puede fortalecer la presencia del país en los mercados globales y mejorar su imagen como proveedor responsable y sostenible (Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo [UNCTAD], 2018).

- La calidad y la sostenibilidad del cuero producido a partir del proceso de curtición vegetal del paiche son altamente relevantes para su inclusión en un plan nacional o política pública. Dado que estos resultados cumplen con las normas técnicas y ambientales, se pueden utilizar como base para promover la adopción de prácticas sostenibles en la industria del cuero a nivel nacional. Un enfoque podría ser el establecimiento de incentivos para las empresas que implementen procesos de curtición vegetal y cumplan con los estándares establecidos. Además, la inversión en la formación de mano de obra y en la investigación y desarrollo de tecnologías sostenibles puede ser parte integral de un plan nacional para fortalecer esta industria.
- Los resultados positivos obtenidos en la investigación demuestran el cumplimiento de los límites máximos permitidos para los efluentes generados durante el proceso de curtición vegetal del paiche. Esto tiene un impacto ambiental altamente positivo al minimizar la liberación de productos químicos dañinos en el medio ambiente y asegurar que los efluentes cumplan con requisitos específicos de pH y DQO. Como resultado, se reduce significativamente la contaminación del agua y el impacto negativo en los ecosistemas acuáticos (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial [ONUDI], 2020).

CONCLUSIONES

El proceso tecnológico aplicado en la curtición vegetal de la piel de paiche, utilizando extractos de quebracho y mimosa, incluye una secuencia de etapas que comprende la recepción de la materia prima, el acondicionamiento de las pieles, el remojo, el desengrase, el piquelado,

el curtido, la neutralización, el teñido, el estirado, el secado, el lijado, el engrase y el acabado. Además, se destaca la relevancia del tratamiento de las aguas residuales producidas durante el proceso de curtido. Al reducir la emisión de sustancias químicas perjudiciales para el entorno ambiental y garantizar el cumplimiento de los estándares particulares en términos de pH y DQO en los residuos líquidos, se logra una disminución sustancial de la contaminación hídrica y de los impactos adversos sobre los ecosistemas acuáticos.

Al evaluar las propiedades físico-mecánicas del cuero de piel de paiche, se evidenciaron diferencias significativas en los distintos tratamientos en términos de resistencia a la flexión. Además, se observaron diferencias significativas en la resistencia al desgarramiento entre los tratamientos T1 (mimosa 20% y quebracho 0%) y T5 (mimosa 15% y quebracho 5%). Asimismo, se observó una disparidad significativa en la resistencia a la tracción, pues se obtuvieron resultados superiores en el tratamiento T4 (mimosa 5% y quebracho 15%) en comparación con los tratamientos que utilizaron extractos de mimosa y quebracho.

Al evaluar las propiedades químicas, no se observaron diferencias significativas en los niveles de cenizas, humedad y contenido de óxido de cromo al utilizar diferentes concentraciones y/o combinaciones de quebracho y mimosa.

Todos los resultados obtenidos en los cinco tratamientos en estudio en los análisis de pH y DQO de los efluentes tratados después del proceso de curtición cumplen con los límites establecidos por el Decreto Supremo N.º 071-2022-MINAM para el tratamiento de las aguas residuales generadas durante el proceso de curtido.

AGRADECIMIENTO

Al Instituto Tecnológico de la Producción, el cual me permitió utilizar sus instalaciones y laboratorios mediante el Centro de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica (CITE) pesquero Amazónico Pucallpa, CITE Calzado Lima y la Dirección de Investigación, Desarrollo, Innovación y Transferencia Tecnológica (DIDTT).

REFERENCIAS

- [1] Abdón, M. (2018). *Manual: Curtido de piel de paiche de forma artesanal*. Lima: Editorial Biblioteca Nacional del Perú N.º 2018-00104.
- [2] Alcántara Bocanegra, F., y Guerra Flores, H. (1992). CULTIVO DE PAICHE, Arapaima gigas, UTILIZANDO BUJURQUI, Cichlassoma bimaculatum, COMO PRESA. *Folia Amazónica*, 4(1), 133-144. <https://doi.org/10.24841/fa.v4i1.187>
- [3] Alfonso, C., Caballero, J., Castillo, O., Flores, I., Perez, G., y Maria, S. (2015). Biocueros: Piel marinas curtidas con savia de la *Musa paradisiaca*. *Journal of Undergraduate Research*, (1). <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/349/343>
- [4] Álvarez Acosta, R., Núñez Guale, L., Calderón Pineda, F., y Mendoza Tarabó, E. (2020). Producción y comercialización de productos de curtiembre de piel de pescado, Santa Elena - Ecuador. *Revista de ciencias sociales*, 26(4), 353-367. <https://doi.org/10.31876/rcs.v26i4.34667>
- [5] Barrera Clavo, M. B., y Símpalo López, W. B. (2014). *Determinacion del tiempo y temperatura óptima en la operacion de teñido de cuero de piel de pescado perico (Coryphaena hippurus) utilizando el colorante natural carmín de cochinilla (Dactilopius coccus costa)*. (Tesis de grado). Universidad Señor de Sipan, Pimentel. <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/1776/INGENIERIA%20AGROINDUSTRIAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [6] Campos Baca, L. (2001). *Historia Biológica del Paiche o Pirarucu Arapaima gigas (Cuvier) y Bases para su Cultivo en la Amazonía Iquitos, Perú*. <http://www.iiap.org.pe/Archivos/publicaciones/ArapaimaGigasHist.pdf>
- [7] Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (2018), *Identifying Regional Value Chains in Leather and Leather Products in Africa*. https://unctad.org/system/files/official-document/gdsecidc2017d6_en.pdf
- [8] De los Ríos, C., Monge, P., y Cortez, C. (2017). Desarrollo de la cadena de cuero en la región Moquegua. *Revista Científica Teoría y Praxis*, 17, 87-99.
- [9] Duran, D. F., y Lopez Cortez, F. J. (1993). *Industrialización y comercialización de la piel de pescado (merluza, berrugate y tiburón)*. (Trabajo de grado). Corporación universitaria autónoma de occidente. <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/2190/T0000475.pdf;jsessionid=78B26F78278998246590D08951CFA773?sequence=1>

- [10] Gereffi, G., Humphrey, J., Kaplinsky, R., y Sturgeon, T. (2001). Introduction: Globalisation, value chains, and development. *IDS Bulletin*, 32(3), 1-8.
- [11] Gonzales Delgado, G. (2019). *Oportunidad de inversión en la producción de cuero a partir de piel de Paiche con fines de exportación, en la Región Ucayali 2018*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Ucayali, Pucallpa.
- [12] Gutiérrez Pulido, H., y De la Vara Salazar, R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos* (2ª ed.). México DF, México: Mcgraw-Hill/ Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- [13] Hernández, S., Fernández, C., y Baptista, L., (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). México DF, México: Mc-Graw Hill.
- [14] Hourdebaigt, R., Iade, J., Le Rose, C., y Damonte, D. (2007). Estudio comparativo de taninos de tara, mimosa y pino como recurtientes. *INNOTEC*, (2), 24-27. <https://www.redalyc.org/pdf/6061/606166689008.pdf>
- [15] Instituto Forestal de Chile. (2005). *La investigación con Acacia dealbata, Acacia melanoxylon y Acacia mearnsii en Chile*. Concepción, Chile: INFOR. <https://doi.org/10.52904/20.500.12220/4875>
- [16] Jones, C. (2002). *Manual de Curtición Vegetal*. Buenos Aires, Argentina: Lemin.
- [17] Lizarraga Velásquez, F. N. (2015). *Evaluación comparativa de los métodos de curtido con tara y glutaraldehído aplicados en piel de pollo*. (Tesis de maestría) Universidad Nacional del Ccentro del Perú, Huancayo. <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/4612/Lizarraga%20Velasquez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [18] Melgar, D. (2000). *Tecnología del cuero*. Ministerio de Industria, Turismo, Integración y Negociaciones Comerciales Internacionales
- [19] Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. (2020). *Leather and Leather Products Industry*. <https://www.unido.org/our-focus/creating-shared-prosperity/agribusiness-and-rural-entrepreneurship-development/leather-and-leather-products-industry>
- [20] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2010). *Peces nativos de agua dulce de América del Sur de interés para la acuicultura: Una síntesis del estado de desarrollo tecnológico de su cultivo*. <https://www.fao.org/3/i1773s/i1773s.pdf>
- [21] Prado Pasos, L. A. (s.f.). *Piel de pescado*. Biblioteca Virtual Universal. <https://biblioteca.org.ar/libros/cueros/pescado.htm>
- [22] Puente Guijarro, C. A. (2018). *Aplicación de un proceso de curtido de pieles bovinas sin cromo utilizando oxazolidina en combinación con Caelsalpinia spinosa (tara)*. (Tesis doctoral). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/7710>
- [23] Ramírez, Y. (2015). *Obtención de cuero a partir de piel de tilapia (*Oreochromis niloticus*), utilizando como curtiente extracto de quebracho, en el laboratorio de química de la UNAN-Managua. Segundo semestre del año 2014*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua. <https://repositorio.unan.edu.ni/6671/1/70235.pdf>
- [24] Resolución Ministerial N.º 071-2022-MINAM. Establecen los valores límites máximos permisibles para efluentes líquidos de las actividades de curtido de cueros y pieles. Diario Oficial El Peruano (2022, 18 de marzo).
- [25] Soler, J. (2004). *Procesos de curtidos*. Barcelona, España: Consorci Escola Tècnica d'Igualada.
- [26] Valdez Ortiz, H. E. (2015). *Estudio técnico - económico para la creación de una empresa que elabore zapatos de cuero a base de la piel de pescado en la ciudad de Esmeraldas*. (Tesis de grado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/17639/1/TESIS%202015%20VALDEZ%20HEVER1111.pdf>
- [27] Vilca, N. (2019). *Evaluación del curtido de piel de alpaca (*Vicugna pacos*) para peletería en un reactor batch*. (Tesis de grado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3280451>