

BIOTECNOLOGÍA EN EL SECTOR AGROPECUARIO Y AGROINDUSTRIAL

Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias · Universidad del Cauca

PUBLICACIÓN ANTICIPADA EN LÍNEA

El Comité Editorial de Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial informa que este manuscrito ha cumplido los requisitos editoriales y científicos y ha sido aprobado para publicación, con base en los conceptos emitidos por los pares evaluadores. Se publica anticipadamente, en versión pdf, de manera provisional, con base en la última versión electrónica del manuscrito y sin haber sido sometido a los procesos de edición, diagramación y corrección de estilo.

La versión anticipada de este manuscrito puede ser descargada, usada y citada, aclarando que la versión definitiva que se va a encontrar en la plataforma de la revista, puede diferir de ésta e aspectos de forma.

Evaluación del cuero obtenido a partir de piel de pescado de Cachama Negra (*Colossoma macropomum*) utilizando taninos extraídos del pseudotallo del plátano (*Musa paradisiaca*)*

Evaluation of leather obtained from Cachama Negra fish skin (*Colossoma macropomum*) using tannins extracted from pseudostem of banana (*Musa paradisiaca*)

PALENCIA-BLANCO, CRISTIAN-GIOVANNY¹; PAZ-DÍAZ, HECTOR-JULIO²; PORRAS-OLIVEROS, JENNIFER-TATIANA³, CARREÑO-CASTAÑO, LEIDY-ANDREA⁴, SALAZAR-BELEÑO, ANA-MILENA⁵, PACHECO-VALDERRAMA, MÓNICA-MARÍA⁶

* Proyecto de investigación de origen: "Efecto de la curtición de pescado en la especie (*Colossoma macropomum*) comparando las concentraciones de cromo y tanino vegetal extraído del pseudotallo (*Musa paradisiaca*)". Financiación: Instituto Universitario de la Paz – UNIPAZ. Culminación: noviembre 15 de 2020.

¹ Instituto Universitario de la Paz (UNIPAZ), Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Grupo de Investigación en Innovación, Desarrollo Tecnológico y Competitividad en Sistemas de Producción Agroindustrial (GIADAI). M.Sc. Ing. Químico. Barrancabermeja, Santander. <https://orcid.org/0000-0001-9912-1061>

² Instituto Universitario de la Paz (UNIPAZ), Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Grupo de Investigación en Innovación, Desarrollo Tecnológico y Competitividad en Sistemas de Producción Agroindustrial (GIADAI). Esp. Ing. Agroindustrial. Barrancabermeja, Santander. <https://orcid.org/0000-0002-3278-7667>

³ Instituto Universitario de la Paz (UNIPAZ), Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Grupo de Investigación en Innovación, Desarrollo Tecnológico y Competitividad en Sistemas de Producción Agroindustrial (GIADAI). Ing. Agroindustrial. Barrancabermeja, Santander. <https://orcid.org/0000-0003-4619-8334>

⁴ Instituto Universitario de la Paz (UNIPAZ), Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Grupo de Investigación en Innovación, Desarrollo Tecnológico y Competitividad en Sistemas de Producción Agroindustrial (GIADAI). Esp. Ing. Agroindustrial. Barrancabermeja, Santander. <https://orcid.org/0000-0002-4374-5235>

⁵ Instituto Universitario de la Paz (UNIPAZ), Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Grupo de Investigación en Innovación, Desarrollo Tecnológico y Competitividad en Sistemas de Producción Agroindustrial (GIADAI). M.Sc. Ing. Alimentos. Barrancabermeja, Santander. <https://orcid.org/0000-0001-7592-2550>

⁶ Instituto Universitario de la Paz (UNIPAZ), Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Grupo de Investigación en Innovación, Desarrollo Tecnológico y Competitividad en Sistemas de Producción Agroindustrial (GIADAI). M.Sc. Ing. Alimentos. Barrancabermeja, Santander. <https://orcid.org/0000-0003-2051-4589>

Correspondencia: cristian.palencia@unipaz.edu.co

RESUMEN

Los taninos son compuestos fenólicos de gran interés económico y ecológico, con diversos usos entre los cuales se encuentran la curtición natural de pieles, los cuales ayudan a la minimización del impacto ambiental causado por el uso indiscriminado del cromo. Por tal razón, en esta investigación, se propuso extraer, cuantificar y evaluar el efecto curtiente de taninos en la piel de pescado de la especie cachama (*Colossoma macropomum*), extraídos de la savia del pseudotallo del plátano (*Musa paradisiaca*) en estado de senescencia. Para esto, se realizaron extracciones con diferentes concentraciones de disolvente Savia/Etanol/Agua variando su temperatura (4 y 30 °C) con el fin de encontrar la mejor relación de solventes para optimizar la extracción de taninos. Se encontró que la temperatura óptima de extracción de taninos del pseudotallo fue a 4 °C con una relación 1:1 Savia/Etanol. El extracto obtenido fue analizado mediante una prueba cualitativa logrando mostrar la presencia de taninos condensados en el pseudotallo en estado de senescencia. La cuantificación de los taninos se realizó mediante el análisis de espectrofotometría UV-Vis utilizando el método Folin Ciocalteu a una medición de 280 nm, obteniendo una concentración máxima de 12,27 g/L equivalentes a ácido gálico (EAG). Se realizó el proceso de curtido en piel de pescado Cachama (*Colossoma macropomum*), donde se determinaron las propiedades físico-mecánicas del cuero obtenido como resistencia a la tracción (26,3 MPa), porcentaje de elongación (91,2 %), resistencia al desgarro (58,6 N), temperatura de contracción (62 °C), distensión (13,72 mm) y rotura (53,16 daN), comparando la calidad del curtido con los extractos de tanino vegetal del pseudotallo respecto al curtido industrial con cromo (wet blue). Se encontró que el extracto del pseudotallo es un potencial sustituto a las sales de cromo, permitiendo procesos de curtiembres con propiedades similares y con menor impacto ambiental.

PALABRAS CLAVES: Curtido; Cromo; Cachama Negra; Elongación; Resistencia a la tracción; Resistencia al desgarro; Distensión; Temperatura de contracción; Ácido Gálico.

ABSTRACT

Tannins are phenolic compounds of great economic and ecological interest, with various uses among which are natural tanning of skins, which help to minimize the environmental impact caused by the indiscriminate use of chromium. For this reason, in this research, it was proposed to extract, quantify and evaluate tanning effect of tannins on the skin of fish of the species cachama (*Colossoma macropomum*), extracted from the sap of the pseudostem of banana (*Musa paradisiaca*) in a state of senescence. For this, extractions were made with different concentrations of solvent Sap/Ethanol/Water varying its temperature (4 and 30 °C) with the purpose of finding the best ratio of solvents to optimize extraction of tannins. It was found that the optimal tannins extraction temperature of the pseudostem was at 4 °C with a ratio 1:1 Sap/Ethanol. The extract obtained was analyzed by a qualitative test to show the presence of

Cómo citar este artículo

PALENCIA-BLANCO, CRISTIAN-GIOVANNY; PAZ-DÍAZ, HECTOR-JULIO PORRAS-OLIVEROS, JENNIFER-TATIANA, CARREÑO-CASTAÑO, LEIDY-ANDREA, SALAZAR-BELEÑO, ANA-MILENA, PACHECO-VALDERRAMA, MÓNICA-MARÍA. Evaluación del cuero obtenido a partir de piel de pescado de Cachama Negra (*Colossoma macropomum*) utilizando taninos extraídos del pseudotallo del plátano (*Musa paradisiaca*). Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, v. 21, n. 1, 2023, p. xx-xx. Doi:

Historial del artículo

Recibido para evaluación: 21 de Junio 2022

Aprobado para publicación: 21 de Septiembre 2022

condensed tannins in the pseudostem in a state of senescence. The quantification of tannins was performed by UV-Vis spectrophotometry analysis using Folin Ciocalteu method at a measurement of 280 nm, obtaining a maximum concentration of 12,27 g/L equivalent to gallic acid (EAG). The process of tanning in cachama fish skin (*Colossoma macropomum*) was performed, where physical-mechanical properties of the leather obtained were determined as tensile strength (26,3 MPa), elongation percentage (91,2 %), tear resistance (58,6 N), shrinkage temperature (62 °C), distension (13,72 mm) and breakage (53,16 daN), comparing the quality of tanning with vegetable tannin extracts of the pseudostem with industrial tanning with chromium (wet blue). It was found that the pseudostem extract can be a potential substitute to chromium salts, allowing tannery processes with similar properties and with less environmental impact.

KEY WORDS: Tanning; Chromium; Cachama Negra; Elongation; Tensile strength; Tear Load; Distension; Shrinkage temperature; Gallic Acid.

INTRODUCCIÓN

La curtición es un proceso donde se transforman las pieles de distintos animales en cuero, mediante distintos procesos químicos dándole unas características resistentes a los ataques bacterianos. Durante su proceso de transformación, se hace uso de agua y productos químicos tales como solventes, ácidos, entre otros y su duración requiere entre una y dos semanas, brindándole suavidad, elasticidad y flexibilidad a la piel curtida (Sathish *et al.*, 2016; Maina *et al.*, 2019).

Uno de los reactivos claves para el proceso industrial de curtición es el cromo, elemento que forma una unión con la proteína del colágeno y genera una estabilidad al material. Sin embargo, las industrias de curtiembres han generado impactos negativos al medio ambiente durante años, desencadenando contaminaciones debido a los constantes vertimientos de fuentes hídricas debido al continuo uso de productos químicos para el proceso de curtido con cromo, siendo el cromo un metal pesado que no es de fácil descomposición, produciendo efectos de tipo cancerígenos, genotóxicos en el ser humano y ambiente (Almeida *et al.*, 2019; Arellano-Sánchez *et al.*, 2021).

Existen otros compuestos que ofrecen características similares en el proceso de curtido conocidos como taninos. Los taninos abundan en el reino vegetal y son conocidos por su capacidad antioxidante; son polímeros constituidos principalmente por glucósidos, pertenecientes a los polifenoles solubles en agua, los cuales a su vez tienen como principal propiedad la capacidad de precipitar las proteínas (Sulaiman *et al.*, 2015; Shirmohammadli *et al.*, 2018). Dichas características son fundamentales en la aplicación de la curtición de pieles, por lo cual los cueros curtidos con taninos vegetales son un fenómeno significativo para la industria de curtiembres, ya que son fáciles de conseguir y económicos al realizar los procesos y con los cuales se busca mitigar el impacto ambiental y afectación a los seres humanos, buscando que a su vez se reemplacen los procesos tradicional con químicos (sales de cromo) ya que son grandes generadoras del deterioro de los ecosistemas y la salud (Paz-Díaz *et al.*, 2021).

Colombia se caracteriza por ser biodiversa en fauna y flora contando con un clima tropical que la hace potencia para el desarrollo de especies agrícolas y piscícolas. Una de estas especies agrícolas es el plátano (*Musa paradisiaca*) siendo una de las plantas herbáceas más importantes en la producción agrícola colombiana. Al final del ciclo productivo de esta especie queda un pseudotallo, siendo la parte de la planta que se asemeja a un tronco conocido como falso tallo y está formado por un conjunto apretado de vainas foliares superpuestas (Campo-

Arana *et al.*, 2020; Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2021). Se ha encontrado que esta parte de la planta posee ciertas concentraciones de taninos vegetales la cual no se ha dado un aprovechamiento real de uso agroindustrial (Silveira *et al.*, 2020). Infortunadamente, cerca del 95 % de los residuos que se generan del cultivo del plátano no son aprovechados eficientemente, dado que solo se enfoca en la comercialización del fruto (Gómez-Soto *et al.*, 2021). Por otra parte, una de las especies piscícolas más importantes en Colombia es la especie cachama (*Colossoma macropomum*), siendo una de las principales especies de pescados en la comercialización nacional. Durante esta comercialización se generan ciertos subproductos siendo la piel de pescado uno de los subproductos principales. Uno de los usos que se le ha dado a la piel de pescado ha sido su uso como cuero para la producción de zapatos, carteras y otras artesanías manipulando la piel de pescado como materia prima. Se han utilizado varias especies en diferentes países para su uso aplicado en la industria del cuero tales como la corvina, el salmón y la tilapia, siendo este último el más requerido por tener las escamas pequeñas y la piel dura (Ehrlich, 2015; Duraisamy *et al.*, 2016; Santos-Correa *et al.*, 2021). La cachama al poseer características similares en la concentración de colágeno y en su piel resistente puede ser una materia prima alternativa para obtener cueros.

Teniendo en cuenta lo anterior, en este trabajo se llevó a cabo la extracción y cuantificación de taninos presente en el pseudotallo del plátano con el fin de curtir pieles de pescado y observar el efecto de curtición; de esta manera, evaluar la calidad del cuero mediante diferentes propiedades físico-mecánicas como ruptura de la flor, resistencia al desgarre, resistencia a la tensión, elongación y prueba de encogimiento (Martins *et al.*, 2018; Meyer *et al.*, 2021; Tomljenović *et al.*, 2020) y, así mismo, determinar el mejor comportamiento de las pieles curtidas con taninos vegetales y con cromo, aplicado a pieles menores como lo es la especie Cachama (*Colossoma macropomum*).

MÉTODO

Localización

La investigación concerniente al proceso de extracción y cuantificación del tanino se desarrolló en el laboratorio de aguas del Centro de Investigación Santa Lucía del Instituto Universitario de la Paz (UNIPAZ), ubicado a 14 km de Barrancabermeja, Colombia. El proceso de curtición de la piel del cachama se realizó en la Unidad Académica Plantas Agroindustriales ubicada en el barrio Santa Bárbara en Barrancabermeja, Colombia, altura de 86 msnm, temperatura de 32 °C y humedad relativa del 82 %.

Materiales

Se utilizó el Pseudotallo de Plátano (*Musa paradisiaca*) en estado de senescencia como fuente de taninos vegetales y la piel de Cachama Negra (*Colossoma macropomum*) para el proceso de curtido. Se utilizó etanol, acetato de plomo y cloruro férrico de grado reactivo como solventes de extracción de taninos vegetales. Se utilizó estándar de ácido gálico para la cuantificación de taninos. Para el proceso de curtición se utilizó bisulfito de sodio, sulfato de amonio, bicarbonato de sodio, ácido sulfúrico al 98 %, ácido fórmico, sal de cromo, aceite de ricino; todos en grado reactivo o superior.

Pretratamiento

Se tomó el pseudotallo de plátano en estado de senescencia y se cortó en trozos con diámetros de 10 cm*5 cm para facilitar el proceso de trituración. El pseudotallo se trituró en un extractor de jugos Oster FPSTJE318Z y en este punto, se obtuvo la savia del pseudotallo.

Extracción de taninos vegetales

Se realizó la extracción de taninos de la savia siguiendo las metodologías utilizadas por algunos autores, con modificaciones (De Hoyos-Martínez *et al.*, 2019; Paz-Díaz *et al.*, 2021). Se tomaron las concentraciones de savia/etanol/agua variando el volumen 50/50/0 y 50/25/25 respectivamente y la temperatura de extracción entre 4 y 30°C, realizando 3 réplicas por cada experimento. Las muestras se almacenaron en reposo por tres días en un lugar oscuro debido a que estos compuestos son sensibles a la luz. El líquido sobrenadante obtenido, se retiró y se filtró al vacío con papel Whatman N°40 con el fin de purificar la muestra. Se utilizó un rotoevaporador marca IKA RV 10 a una presión de 175 mbar, 100 rpm y una temperatura de 60 °C durante 20 minutos con el fin de separar los solventes (etanol-agua) y obtener el extracto de taninos.

Análisis Cualitativo de Taninos

Para la determinación de la presencia de taninos en el extracto del pseudotallo del plátano se utilizó 1 g de acetato de plomo al 5 % en 1 mL de la muestra extraída. Transcurridos 10 min, se observó un precipitado, indicando la presencia de taninos condensados. Se tomaron imágenes para ser analizadas por software ImageJ® (Campá, 2017).

Cuantificación de taninos

El contenido de polifenoles totales se cuantificó siguiendo la metodología descrita por Aguilar-López *et al.*, 2012; de Hoyos-Martínez *et al.*, 2019; Paz-Díaz *et al.*, 2021. La concentración se obtuvo por medio de la técnica de espectrofotometría UV-Vis, basándose en una reacción colorimétrica de óxido-reducción a una longitud de onda de 280 nm. Se determinaron las concentraciones finales utilizando la curva de calibración teniendo en cuenta el estándar de ácido gálico y se expresó en g equivalentes de ácido gálico g EAG/L de savia. Los espectros UV-Vis y las medidas cuantitativas se registraron en el equipo Espectrofotómetro UV/Vis marca Thermo scientific modelo Génesis 10S.

Análisis estadístico

Se realizaron los análisis por triplicado y los datos se expresaron como medias \pm desviaciones estándar. Se aplicó análisis ANOVA y prueba de Tukey para la determinación de la significancia de los resultados. El análisis estadístico se realizó con el software TIBCO Statistica 13.5 Desktop Versión 1.35.

Proceso de Curtición del pescado

Se sumergieron 200 g de piel en un recipiente de 1 L con agua durante 1 hora, con el fin de remover la suciedad del tejido. Posteriormente, se sumergió el tejido de pez en una solución de cal de 40 g durante 24 horas (apelambrado) generando un hinchamiento de la piel de pescado y revisando que haya alcanzado el grosor de 3 veces el espesor inicial. Una vez el tejido alcanzó el grosor requerido, se procedió a remover el tejido adiposo de las pieles y escamas teniendo cuidado de no causar fisuras a la piel (descarnado). Se continuó lavando el tejido removido en una solución de 10 g de Na₂SO₄ durante 8 horas para retirar todo el residuo de cal impregnado

y reducir el pH en la piel de pescado (desencalado) (Álvarez *et al.*, 2020; Paz-Díaz *et al.*, 2021; Santos-Corrêa *et al.*, 2021).

Se lavó la piel con agua y se sumergió en una solución 1 L con 80 g de NaCl añadiendo 10 mL de H₂SO₄ durante 24 horas con el fin de reducir el pH hasta 2,5 (piquelado) y que el proceso de curtición ocurra. Se adicionó 1 L de tanino vegetal extraído a la solución anterior para empezar el proceso de curtición y dar color a la primera capa del cuero dejándose reposar durante 2 días. Para el proceso de curtición con cromo, se adicionó cromo sin desechar el agua del proceso anterior y se dejó reposar por 3 días, con el fin de que ocurriera la curtición (Aguilar-López *et al.*, 2012; Paz-Díaz *et al.*, 2021; Tomljenović *et al.*, 2020).

Proceso de Recurtición del pescado

Se procedió a neutralizar las pieles con 10 g de Na₂SO₄ y 10 g de NaHCO₃ en 1 L de agua, por un tiempo de 2 horas. Se utilizó tinte Carex color azul y amarillo, y se alcanzó una temperatura de 50 °C para luego ser sumergido con la piel en el recipiente. Este proceso duró 24 horas con el fin de que el recurtido fuera más eficiente.

Proceso de acabado de la piel de pescado

Se realizó el proceso de engrase donde se adicionó aceite de ricino 20 mL a una temperatura de 60 °C y se sumergió por 5 horas en 500 mL de agua; después se adicionó la piel para dar un mejor resultado de las escamas del pescado. Se llevaron las pieles a un proceso de secado durante 3 días; una vez secado el cuero, se realizó el ablandado deseado. Este proceso se realizó a mano, para darle la firmeza, suavidad, y forma al cuero de pescado (Aguilar-López *et al.*, 2012; de Hoyos-Martínez *et al.*, 2019; Paz-Díaz *et al.*, 2021).

Evaluación de las propiedades físico-mecánicas

Se determinó la resistencia a la tracción, resistencia al desgarre y el porcentaje de elongación mediante un dinamómetro. Para la determinación de la distensión y resistencia de la capa de la flor en el ensayo de estallido con esfera se utilizó un lastómetro. Por último, se determinó la temperatura de contracción del cuero sometido a un lento incremento de la temperatura (2 °C/min). Los valores de las propiedades físico-mecánicas fueron evaluadas en los dos sentidos, longitudinales (paralelo al espinazo) y transversal (perpendicular al espinazo) del cuero de pescado (Aguilar-López *et al.*, 2012; Santos-Correa *et al.*, 2021; Vaca-Cárdenas *et al.*, 2022).

RESULTADOS

Análisis cualitativo de taninos

Se observaron cualitativamente las muestras de savia y se encontró un precipitado en cada una de ellas generado por la reacción con el acetato de plomo. Los ensayos de estudio mostraron que a una concentración etanol/savia 50/50 y a una temperatura de 4 °C se obtiene el precipitado con mayor rapidez, de color amarillo claro y sin turbidez, indicando la presencia de taninos condensados (García-Granados *et al.*, 2019). Se obtuvo un histograma de intensidad de los extractos colorados con el fin de identificar problemas en la exposición, contraste o el rango dinámico de la muestra. En las figuras 1 y 2 se observan los histogramas de intensidad a temperaturas y concentraciones realizadas obtenidas por el software Imagen J. Se observa que existe una intensidad más marcada en los tratamientos realizados a 4 °C con respecto a los realizados a los 30 °C en un rango dinámico entre 90 a 185; esto refleja un cambio positivo

debido a que a bajas temperaturas se concentra la actividad enzimática en la piel de pescado al igual que su intensidad (De La Luz Romero-Tejeda *et al.*, 2015; Paz-Díaz *et al.*, 2021). A diferencia de las muestras sometidas a la temperatura de 30°C como se observa en la figura 2, se encuentra un cambio en el rango de 120 a 200, mostrando una reducción de la intensidad, efecto ocurrido por la desnaturalización térmica de la enzima dado que a temperaturas altas la actividad en la enzima disminuye y sufre procesos de inactivación enzimática (De La Luz Romero-Tejeda *et al.*, 2015; Tena and Jorrín, 2016).

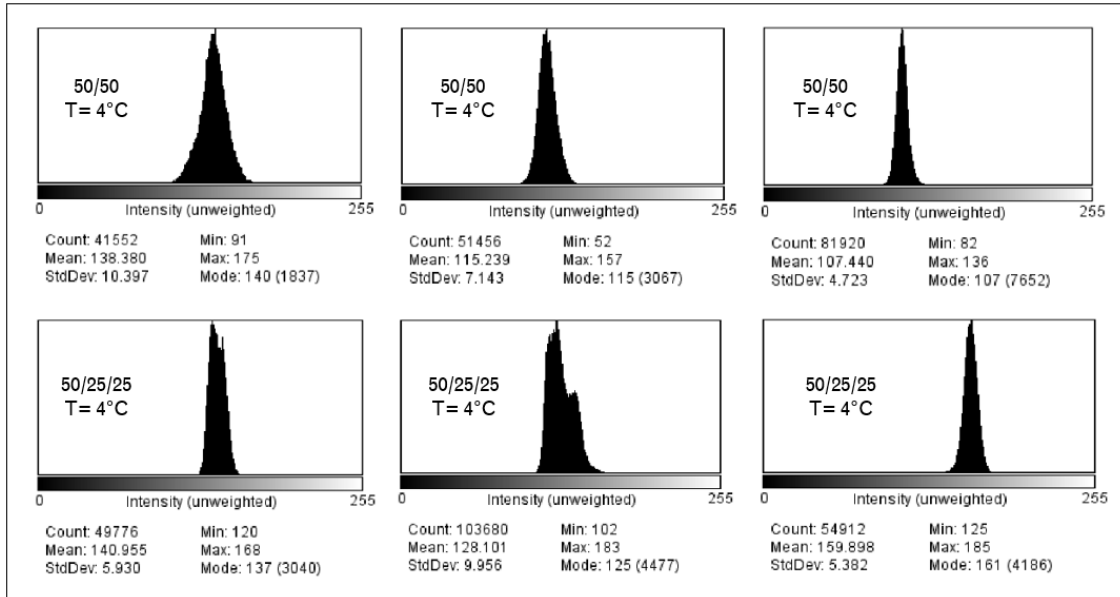


Figura 1. Histograma de intensidad a temperatura de 4 °C.

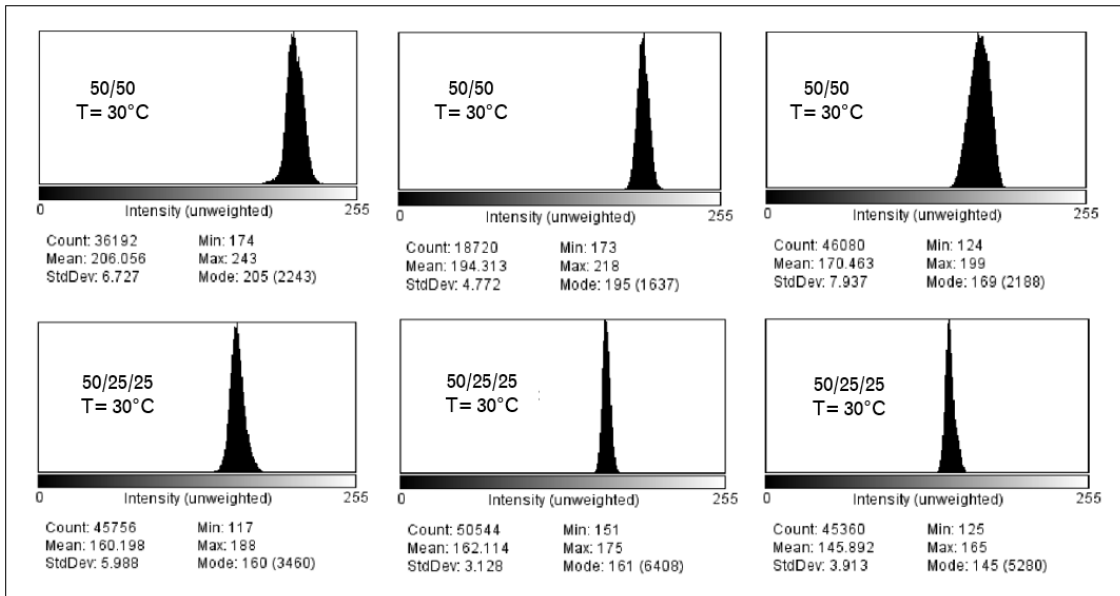


Figura 2. Histograma de intensidad a temperatura de 30 °C.

Con respecto a las concentraciones de los tratamientos a 4 °C, se observan desviaciones en los picos obtenidos y cambios en el rango dinámico cuando se trata con savia/etanol/agua a diferencia de cuando se trata savia/etanol, dado que el agua puede generar inconvenientes en

el proceso de extracción de taninos. De igual manera, Paz-Díaz *et al.* (2021), compararon los solventes acetona, etanol y metanol para la extracción de taninos a partir del fruto del árbol piñón de oreja mediante histogramas de intensidad; encontraron que el etanol tiene un amplio rango dinámico en comparación con la acetona y el metanol, quienes denotan errores al estar sus valores acumulados en la parte izquierda y derecha respectivamente, lo que permite indicar que el etanol posea una mayor capacidad para extraer taninos de la matriz vegetal.

Cuantificación de taninos

En la figura 3 se observa la curva de calibración del ácido gálico obtenida del espectrómetro UV-VIS con un coeficiente de correlación igual $R^2 = 0,9992$. A partir de esta curva de calibración, se obtuvieron las diferentes concentraciones de taninos como se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1. Promedio de la concentración (ppm) del ácido gálico en las muestras

Solvente	T (°C)	Concentración Solventes	Concentración (ppm)
Savia/Etanol	30	50/50	10,81 ± 0,27 ^a
Savia/Etanol/Agua	30	50/25/25	5,29 ± 0,06 ^b
Savia/Etanol	4	50/50	12,27 ± 0,30 ^c
Savia/Etanol/Agua	4	50/25/25	5,64 ± 0,16 ^b

^{a,b,c} Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas en la prueba de Tukey $p < 0,05$

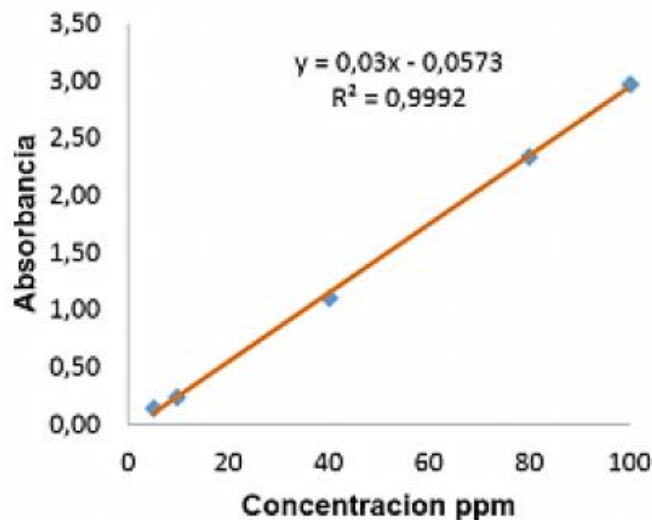


Figura 3. Curva de calibración del Ácido Gálico para la cuantificación de taninos.

Se observa que la concentración de los taninos extraídos se reduce casi un 50 % aproximadamente, cuando se adiciona el solvente agua, debido a que estos compuestos fenólicos tienden a ser más solubles con etanol, mostrando que este solvente es adecuado para la extracción de taninos (Sarría *et al.*, 2021). De igual manera, al observar la relación de savia/etanol, se observa que existe un aumento en la extracción de taninos a la temperatura de 4 °C con respecto a la temperatura de 30 °C. Este evento se puede relacionar con los histogramas de color mencionados anteriormente, dado al aumento en la actividad enzimática cuando la temperatura es de 4 °C (Tena and Jorrín, 2016). Investigaciones con resultados similares se obtuvieron por Correa *et al.* (2019), donde cuantificaron taninos a partir de la

semilla de mango dando como resultado 1 g EAG/L aproximadamente con solvente metanol y Guo *et al.* (2021), que cuantificaron taninos extraídos de la corteza de *Coriaria nepalensis* obteniendo una concentración máxima de 2,41 g EAG/L con solvente etanol; de esta manera, se exhibe una alta concentración de taninos en el pseudotallo del plátano (*Musa paradisiaca*) obteniendo en esta investigación 12,27 g/L con solvente etanol.

Determinación de la resistencia a la tracción y porcentaje de elongación

Según Abid *et al.* (2020), la resistencia a la tracción es la tensión que se debe aplicar para fracturar una muestra de cuero de un determinado grosor y una orientación de las fibras específicas. El porcentaje de elongación también es una medida relacionada con la tensión e indica la capacidad del cuero para estirarse bajo tensión sin romperse. En los cuadros 2 y 3, se observan los resultados de resistencia a la tracción del cuero con curtición con taninos vegetales y cromo respectivamente. Se observa que el extracto curtiente del pseudotallo de plátano muestra en corte paralelo y en corte perpendicular un valor de 19,3 MPa y 26,3 MPa respectivamente, cumpliendo con la norma internacional de resistencia a la tracción y del porcentaje de elongación UNE-EN ISO 3376 (UNE, 2021), donde menciona que el valor mínimo de resistencia a la tracción debe ser de 14,7 MPa y los valores óptimos oscilan en 19,6 MPa. De igual manera, se observan valores similares a los valores obtenidos por cromo con 16,5 MPa corte paralelo y 27,8 MPa corte perpendicular mostrando resultados mejores con la curtición con taninos (Puente-Guijarro *et al.*, 2021). Por otra parte, se muestra la elongación a la rotura de los cueros curtidos con taninos en corte paralelo y perpendicular de 91,2 y 37,9 % respectivamente, mientras que los cueros curtidos con cromo muestran valores de 38,7 y 30,2 %. Según la norma internacional UNE-EN ISO 3376, un valor óptimo de elongación a la rotura oscila entre 35 y 80 %, encontrándose los valores de la curtición con taninos dentro de los límites permisibles de la norma, considerándose de buena calidad. Caso contrario sucede con el curtiente con cromo que se encuentra un poco por debajo del rango permitido, indicando que los cueros por fuera de estos valores tienden a ser rígidos y frágiles al momento de ser utilizados y no serían aptos de acuerdo con la norma, necesitando tener cierta elasticidad y características para su confección.

Cuadro 2. Resistencia a la tracción y porcentaje de elongación con curtiente vegetal.

Sentido del corte	Tracción (MPa)	Elongación (%) a carga 100 N	Elongación a la rotura (%)
Paralelo	19,3 ± 4,2	4,5 ± 1,1	91,2 ± 33,8
Perpendicular	26,3 ± 1,5	4,4 ± 1,7	37,9 ± 17,1

Cuadro 3. Resistencia a la tracción y porcentaje de elongación con curtiente cromo.

Sentido del corte	Tracción (MPa)	Elongación (%) a carga 100 N	Elongación a la rotura (%)
Paralelo	16,5 ± 3,1	5,2 ± 1,2	38,7 ± 1,0
Perpendicular	27,8 ± 1,5	4,6 ± 1,3	30,2 ± 10,7

Valores similares se obtuvieron por Abid *et al.* (2020) en la evaluación de cueros de piel de pescado de la especie *Solea solea* curtidos con taninos extraídos de la corteza de maderas *Azadirachta indica*, *Acacia nilotica*, *Cassia fistula* y *Pinus roxburghii*, con valores de resistencia a la tracción perpendicular de 14,33, 21,32, 10,23 y 19,75 MPa respectivamente y porcentaje de elongación de 30, 33, 18 y 36 % respectivamente; se observa una mayor resistencia a la tracción (26,3 MPa) y elongación (37,9 %) con la piel de Cachama, posiblemente por un porcentaje mayor de grasa en la piel de la especie, favoreciendo al proceso de curtido lo cual

genera una mayor resistencia. Do Nascimento Santos *et al.* (2022), realizaron curtición de piel de pescado de tilapia con taninos vegetales y obtuvieron valores de resistencia a la tracción de 22,74 MPa y elongación de 86 % para peces en estanques excavados y 19,10 MPa y 85 % para peces en estanques de redes. Mencionaron que no existe una diferencia significativa en las propiedades de los cuero obtenidos, pero sí existe una diferencia en los resultados de las características corporales.

Determinación de la resistencia al desgarre

La resistencia al desgarro del cuero curtido se refiere a la fuerza (Newton) necesaria para realizar un corte en la muestra en una dirección específica. En los cuadros 4 y 5 se reportan los resultados evaluados y se muestra el efecto tanto del curtiente de tanino vegetal como del cromo en la piel de pescado de acuerdo con las especificaciones de la norma internacional de resistencia al desgarro UNE-EN ISO 3377-2 (UNE, 2016a), donde expresa los estándares exigidos para cueros de calidad. La resistencia al desgarre de los cueros de pescados curtidos con taninos vegetales muestran un promedio de 58,6 N y los curtidos con cromo un promedio de desgarre de 41,7 N, superando ampliamente los parámetros de calidad según la norma internacional UNE-EN ISO 3377-2; es decir, según la norma, los cueros obtenidos con estos valores no sufrirán fractura fácilmente debido a que su estructura fibrilar está fuertemente constituida elevando su fuerza a más de 30 N (Aguilar-López *et al.*, 2012; Paz-Díaz *et al.*, 2021; Puente-Guijarro *et al.*, 2021). Se aclara en la norma que la resistencia al desgarro debe ser mínimo 30 N para ser utilizado como forro de calzado.

Cuadro 4. Resistencia al desgarre en curtiente de tanino vegetal.

Sentido del corte	Espesor (mm)	Desgarro (N)	Desgarre Promedio (N)
Paralelo	0,78	51,4 ± 5,3	58,6 ± 18,8
Perpendicular	0,79	65,7 ± 7,7	

Cuadro 5. Resistencia al desgarre en curtiente cromo.

Sentido del corte	Espesor (mm)	Desgarro (N)	Desgarre Promedio (N)
Paralelo	0,78	34,5 ± 4,2	41,7 ± 10,1
Perpendicular	0,79	48,9 ± 4,9	

Por otra parte, Abid *et al.* (2020), muestran en la evaluación de cueros de piel de pescado de la especie *Solea solea* curtidos con taninos extraídos de la corteza de maderas *A. indica*, *A. nilotica*, *C. fistula* y *P. roxburghii*, valores de resistencia al desgarre de 70, 62, 58 y 74 N respectivamente con espesor promedio de 0,8 mm. Do Nascimento Santos *et al.* (2022), muestran valores de resistencia al desgarro de 88 N y 79 N en peces en estanques excavados y peces en estanques de redes respectivamente. Todos los valores obtenidos en estas investigaciones concluyen que los cueros curtidos con extractos vegetales poseen propiedades óptimas para ser utilizados en diversas industrias del cuero.

Determinación de distensión y resistencia de la capa de la flor en el ensayo de estallido con esfera

En los cuadros 6 y 7 se muestra la distensión y resistencia de la capa de flor en el ensayo de estallido con esfera en cuero con taninos y con cromo. Se observa que el promedio de distensión utilizando taninos vegetales da como resultado 13,72 mm y con cromo un 11,48 mm,

mientras que los valores de la capa de flor muestran resultados tanino vegetal con una rotura final de 53,16 daN y con cromo una rotura final de 42,19 daN. Es importante tener en cuenta que la resistencia de la capa de flor consiste en la aplicación de fuerza en un punto central del cuero que incrementa el esfuerzo en la zona de la flor hasta producir el estallamiento de esta. Cuanto mayor sea esta propiedad físico-mecánica, mejor resistirá el cuero a ataques bacterianos, a una mala conservación, engrase inadecuado y a un estiramiento excesivo. Los valores obtenidos en la determinación de la distensión y resistencia de la capa de la flor en el ensayo de estallido con esfera en cuero con los dos tipos de curtición cumplen con las exigencias de calidad para el cuero con la norma internacional UNE-EN ISO 3379 (UNE, 2016b), donde menciona que se requiere como mínimo permisible 7,5 mm de distensión para considerarse como cueros muy resistentes a la fricción.

Cuadro 6. Distensión y resistencia de la capa de la flor en el ensayo de estallido con esfera en curtiente tanino.

Probeta	Inicial		Final	
	Rotura (daN)	Distensión (mm)	Rotura Total (daN)	Distensión (mm)
1	28,9	8,3	48,6	14,6
2	30,2	7,4	51,2	13,1
3	32,5	9,4	59,7	13,6
Promedio (mm)	30,52	8,37	53,16	13,72

Cuadro 7. Distensión y resistencia de la capa de la flor en el ensayo de estallido con esfera en curtiente cromo.

Probeta	Inicial		Final	
	Rotura (daN)	Distensión (mm)	Rotura Total (daN)	Distensión (mm)
1	9,2	7,8	32,8	10,5
2	9,6	6,8	47,9	12,6
3	9,4	5,2	45,9	11,4
Promedio (mm)	9,38	6,57	42,19	11,48

Determinación de la temperatura de contracción del cuero

En los cuadros 8 y 9 se presentan los resultados de la evaluación de la temperatura de contracción del cuero de pescado curtido con taninos y con cromo. La temperatura de contracción es aquella a la cual se produce una contracción perceptible al calentar gradualmente un cuero sumergido en un medio acuoso; por lo tanto, es recomendable que el cuero soporte mayor temperatura, el cual le ofrecerá al cuero una mayor estabilidad térmica en la estructura fibrilar y que pueda ser utilizado en diferentes industrias del cuero (Sahubawa *et al.* 2017). Se observa que las muestras de curtido con cromo arrojan valores de temperaturas más altas (70 °C) con respecto a los valores de las muestras curtidas con taninos vegetales (62 °C).

Cuadro 8. Temperatura de contracción del cuero en curtiente tanino.

Probeta	Volumen de agua (mL)	Temperatura de contracción (°C)
1	350	61
2	350	62
3	350	63
	Promedio	62

Cuadro 9. Temperatura de contracción del cuero en curtiente cromo.

Probeta	Volumen de agua (mL)	Temperatura de contracción (°C)
---------	----------------------	---------------------------------

1	350	70
2	350	69
3	350	71
	Promedio	70

Sin embargo, ninguna de las dos supera la temperatura mínima permisible de 75 °C que menciona la norma internacional de temperatura de contracción hasta 100 °C UNE-EN ISO 3380 (UNE, 2016c). Según Melgar (2000), los cueros sufren encogimiento de forma notoria mostrando deficiencias en la resistencia al calor y enuncia que estos no están correctamente curtidos dado que un cuero bien curtido puede soportar hasta 100 °C sin llegar a encogerse. Sin embargo, hay algunas incidencias de errores tal como lo precisa en el manual de tecnología del cuero (Melgar, 2000), que pueden presentarse en el proceso de piquelado, presentando un alto encogimiento al someterlo a la prueba de agua en ebullición. Por otro lado, Abid *et al.* (2020), muestran en la evaluación de cueros de piel de pescado de la especie *Solea solea* curtidos con taninos extraídos de la corteza de maderas *A. indica*, *A. nilotica*, *C. fistula* y *P. roxburghii*, valores temperatura de contracción de 83, 88, 89 y 87 °C respectivamente, evidenciando y logrando destacar temperaturas de contracción adecuadas para cueros de calidad.

CONCLUSIONES

Se logró la extracción de los taninos vegetales del pseudotallo de plátano (*Musa paradisiaca*) con resultados cualitativos que reportaron la presencia de taninos en los extractos. Para las extracciones realizadas con la mezcla de solventes y la cuantificación de taninos, se encontró que el etanol es el solvente que otorga mejores resultados. Se eligió el extracto de etanol para la curtición de las pieles, debido a la economía, a la compatibilidad con los principios de química verde y facilidad de manejo.

Se observó que la extracción de taninos vegetales del pseudotallo de plátano puede ser una alternativa a la curtición del cuero con cromo, mostrando resultados similares a las pieles curtidas con cromo en las propiedades físico-mecánicas como resistencia a la tracción, porcentaje de elongación, resistencia al desgarro, distensión y rotura, resultando obtener valores óptimos de calidad según las normas internacionales, aplicadas al cuero de pescado de la especie cachama (*Colossoma macropomum*) relacionada como pieles de especies menores.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Instituto Universitario de La Paz – UNIPAZ y al Laboratorio de Pruebas de Calzado y Polímeros Avanzados - LACPA del Centro de Diseño y Manufactura del Cuero por su colaboración en esta investigación.

REFERENCIAS

- ABID, UZMA; MUGHAL, TAHIRA; SADDIQA, ZEB; ANWAR, MUHAMMAD. Vegetable tanning of sole fish skin by using tannins extracted from plants. *Asian Journal of Research in Biosciences*, v. 2, n. 2, 2020, p. 1-9.
- AGUILAR-LÓPEZ, JORGE; JAÉN-JIMÉNEZ, JEAN-CARLO; VARGAS-ABARCA, ANA-SOFÍA; JIMÉNEZ-BONILLA, PABLO; VEGA-GUZMÁN, ILEANA; HERRERA-NÚÑEZ, JACQUELINE; BORBÓN-ALPÍZAR, HENRY; SOTO-FALLAS, ROY-MARIO. Extracción y evaluación de taninos condensados a partir de la corteza de once especies maderables de Costa Rica. *Tecnología En Marcha*, v. 25, n. 4, 2012, p. 15–22.
<https://doi.org/10.18845/tm.v25i4.615>

- ALMEIDA, JOANA; CARDOSO, CELSO; TAVARES, DANIELA; FREITAS, ROSA; TRINDADE, TITO; VALE, CARLOS; PEREIRA, EDUARDA. Chromium removal from contaminated waters using nanomaterials – A review. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, v. 118, 2019, p. 277–291.
<https://doi.org/10.1016/j.trac.2019.05.005>
- ÁLVAREZ, ROXANA; NÚÑEZ, LINDA; CALDERÓN, FAUSO; MENDOZA, EFRÉN. Producción y comercialización de productos de curtiembre de piel de pescado, Santa Elena-Ecuador. *Revista de Ciencias Sociales (RCS)*, v. 26, n. 4, 2020, p. 353–367.
<https://doi.org/10.31876/rcs.v26i4.34667>
- ARELLANO-SÁNCHEZ, MÓNICA; DEVOUGE-BOYER, CHRISTINE; HUBERT-ROUX, MARIE; AFONSO, CARLOS; MIGNOT, MÉLANIE. Chromium Determination in Leather and Other Matrices: A Review. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 2021, p. 1–20.
<https://doi.org/10.1080/10408347.2021.1890545>
- CAMPA, VICTOR. *Análisis de Imágenes de Microscopía con Image J*. 1 ed. Scotts Valley (United states Of America): Create-Space Publishing, 2017, ISBN: 978-1542671309.
- CAMPO-ARANA, RODRIGO; VÉLEZ-LEITON, SONIA; BARRERA-VIOLETH, JOSÉ. La sigatoka negra *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, en los cultivos de plátano y banano: una revisión. *Fitopatología Colombiana*, v. 44, n. 2, 2020, p. 61–66.
- CORREA, DORIS; ROMERO, BLANCA; LEÓN, NOEMÍ. Extracción de taninos de semilla de mango criollo (*Mangifera indica* L.) y su aplicación como curtiente. *Journal of Agro-industry Sciences*, v. 1, n. 3, 2019, p. 51-55.
<http://dx.doi.org/10.17268/JAIS.2019.007>
- DE HOYOS-MARTÍNEZ, PEDRO; MERLE, JULIETTE; LABIDI, JALEL; CHARRIER-EL BOUHTOURY, FATIMA. Tannins extraction: A key point for their valorization and cleaner production. *Journal of Cleaner Production*, v. 206, n. 1, 2019, p. 1138–1155.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.243>
- DE LA LUZ ROMERO-TEJEDA, MARÍA; MARTÍNEZ-DAMIÁN, MARÍA; RODRÍGUEZ-PÉREZ, JUAN. Efecto de la temperatura de almacenamiento en la actividad enzimática y capacidad antioxidante en brotes de *Salvia officinalis* L. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, v. 21, n. 3, 2015, p. 199–213.
<https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2015.01.003>
- DO NASCIMENTO-SANTOS, VAGNER; RODRIGUEZ, HUMBERTO; DE AMORIM-MELO, IURY; ROCHA, JOANA; ALVES, YAGO; FEIDEN, ALDI. Rendimento de carcaça, composição química e resistência de couro da tilápia cultivada em viveiros escavados e tanques-rede. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 7, 2022, p. e17711729778-e17711729778.
<https://doi.org/10.33448/rsd-v11i7.29778>
- DURASAMY, RAMESH; SHAMENA, SEGUYE; BERKETE, ABIYU. A Review of Bio-tanning Materials for Processing of Fish Skin into Leather. *International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)*, v. 39, n. 1, 2016, p. 10-20.
- EHRlich, HERMANN. Fish Skin: From Clothing to Tissue Engineering. *Biological Materials of Marine Origin, Biologically-Inspired Systems*, v. 4, 2015, p. 263–276.
https://doi.org/10.1007/978-94-007-5730-1_6
- GARCÍA-GRANADOS, R.U.; CRUZ-SOSA, F.; ALARCÓN-AGUILAR, F.J.; NIETO-TRUJILLO, A.; GALLEGOS-MARTÍNEZ, M. E. Análisis fitoquímico cualitativo de los extractos acuosos de *Thalassia testudinum* banks ex kőning et sims de la localidad de Champotón, Campeche, México, durante el ciclo anual 2016-17. *Polibotánica*, n. 48, 2019, p. 151-168.
<https://doi.org/10.18387/polibotanica.48.12>

- GÓMEZ-SOTO, JAIME; SÁNCHEZ-TORO, ÓSCAR; MATA LLANA-PÉREZ, LUIS. Processes of transformation: Perspective of use for the residues of the plantain agro-industry. *Producción + Limpia*, v. 16, n. 1, 2021, p. 6–30.
<https://doi.org/10.22507/pml.v16n1a1>
- GUO, LINXIN; QIANG, TAOTAO; MA, YANGMIN; REN, LONGFANG; DAI, TINGTING. Purification and characterization of hydrolysable tannins extracted from *Coriaria nepalensis* bark using macroporous resin and their application in gallic acid production. *Industrial Crops and Products*, v. 162, 2021, p. 113302.
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113302>
- MAINA, PETER; OLLENGO, MOSES; NTHIGA, ESTHER. Trends in leather processing: A Review. *International Journal of Scientific and Research Publications (IJSRP)*, v. 9, n. 12, 2019, p. 212-223.
<https://doi.org/10.29322/IJSRP.9.12.2019.p9626>
- MARTINS, DANIELA; DUARTE, LILIANA; SILVA, VAINA; CRISPIM, ANTONIO; BEGHINI, E.; CRISPIM, FILIPE. Study of vegetable extracts effect on wet-white leather. *Revista de Pielarie Incaltaminte*, v. 18, n. 3, 2018, p. 213–218.
<https://doi.org/10.24264/lfj.18.3.6>
- MELGAR, DIMAS. *Tecnología del Cuero: Procesos de curtición, control de calidad y maquinarias*, Huancayo (Perú): Unidad Operativa de Aplicaciones de Tecnologías Hualhuas, Tomo I, 1 ed, 2000.
- MEYER, MICHAEL; DIETRICH, SASCHA; SCHULZ, HAIKO; MONDSCHHEIN, ANKE. Comparison of the technical performance of leather, artificial leather, and trendy alternatives. *Coatings*, v. 11, n. 2, 2021, p. 226.
<https://doi.org/10.3390/coatings11020226>
- COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. *Cadena de plátano*. Dirección de Cadenas Agrícolas y Forestales. Bogotá (Colombia): 2021, p. 4.
- PAZ-DÍAZ, HÉCTOR; AGUDELO-BELTRAN, ASTRID; PLATA-PASTOR, DAYANNA; PACHECO-VALDERRAMA, MÓNICA; SALAZAR-BELEÑO, ANA; MURILLO-MÉNDEZ, CRISTIAN. Extracto de taninos del fruto piñón de oreja (*Enterolobium cyclocarpum*) como curtiente para piel de conejo común (*Oryctolagus cuniculus*). *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, v. 19, n. 1, 2021, p. 180–190.
[https://doi.org/10.18684/bsaa\(19\)180-190](https://doi.org/10.18684/bsaa(19)180-190)
- PUENTE-GUIJARRO, CESAR; ARCOS-LOGROÑO, JESSICA; MOLINA-PAGUAY, JIMMY. Curtición orgánica de pieles bovinas utilizando diferentes niveles de ácido húmico y caesalpinia spinosa para cuero de marroquinería. *Polo Del Conocimiento*, vol. 6, n. 1, 2021, p. 583–602.
<http://dx.doi.org/10.23857/pc.v6i1.2166>
- SAHUBAWA, LATIF; PERTIWININGRUM, AMBAR; NINGSIH, SRI. The Effects of Concentration from Mimosa and Formalin Tanner Materials Mixture on the Tanned Black Tilapia Leather Quality. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, v. 7, n. 18, 2017, p. 29-33.
- SANTOS-CORREA, STEFANE; DE SOUZA, LUIZ; CHIMBIDA, JANETE; FRANCO, MELINA; MATIUCCI, MARCOS; MESQUITA, DOROTY; RODRIGUES DE SOUZA, MARÍA; FEIDEN, ALDI; SILVA DA OLIVERA, JOSÉ. Avaliação mecânica, morfológica e fisicoquímica, de couros de corvina, pescada amarela e tilápia. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 15, 2021, p. 1–15.
<https://doi.org/10.33448/rsd-v10i15.22629>
- SARRIA VILLA, R.A.; GALLO CORREDOR, J.A.; BENÍTEZ-BENÍTEZ, R. Extracción de compuestos fenólicos y contenido de catequina en cortezas de tres especies forestales del Cauca-Colombia. *Entre Ciencia e Ingeniería*, v. 15, n. 29, 2021, p. 19–27.
<https://doi.org/10.31908/19098367.2622>

- SATHISH, MURALI; MADHAN, BALARAMAN; SREERAM, KALARICAL; RAGHAVA, JONNALAGADDA; UNNI NAIR, BALACHANDRAN. Alternative carrier medium for sustainable leather manufacturing - A review and perspective. *Journal of Cleaner Production*, v. 112, n. 1, 2016, p. 49–58.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.06.118>
- SHIRMOHAMMADLI, YOUNES; EFHAMISISI, DAVOOD; PIZZI, ANTONIO. Tannins as a sustainable raw material for green chemistry: A review. *Industrial Crops and Products*, v. 126, n. 15, 2018, p. 316–332.
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.10.034>
- SILVEIRA, JOSÉ; DOS SANTOS-PEDREIRA, MARCIO; DEL REI, ANTONIO; SILVA-FREITAS, CLAUDIO; DA SILVA, HENRIQUE; SANTOS-SOARES, MAXWELDER; DE OLIVEIRA, ALANA; FERREIRA-DA HORA, FERNANDA. Use of banana (*Musa sp.*) pseudostem hay in feedlot sheep feeding. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 49, 2020, p. 1-15.
<https://doi.org/10.37496/RBZ4920180178>
- SULAIMAN, MOHAMMED; ABD MANAN, FAZILAH. Analysis of total phenolics, tannins and flavonoids from *Moringa oleifera* seed extract. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, v. 7, n. 1, 2015, p. 132–135.
- TENA, MANUEL; JORRÍN, JESÚS. Estudio cinético de la actividad de la invertasa de levadura. *Departamento de Bioquímica y Biología Molecular*, 2016, p. 1–8.
- TOMLJENOVIC, ANTONETA; AKALOVIC, JADRANKA; ZIVICNJAK, JURO; BARISIC, ANDRIJANA. Influence of Sampling Location on Physical and Mechanical Properties of Full Grain Leather. *Koža & Obuća*, v. 69, n. 2, 2020, p. 4–11.
<https://doi.org/10.34187/ko.69.2.1>
- UNE-ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN. Cuero. Ensayos físicos y mecánicos. Determinación de la resistencia a la tracción y del porcentaje de alargamiento. Madrid (España): UNE-EN ISO 3376, 2021.
- UNE-ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN. Cuero. Ensayos físicos y mecánicos. Determinación de la resistencia al desgarro. Parte 2: Desgarro doble. Madrid (España): UNE-EN ISO 3377-2, 2016a.
- UNE-ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN. Cuero. Ensayos físicos y mecánicos. Determinación de la extensión y de la resistencia a la tracción de la superficie (método de la bola). Madrid (España): UNE-EN ISO 3379, 2016b.
- UNE-ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN. Cuero. Ensayos físicos y mecánicos. Determinación de la temperatura de contracción hasta 100C. Madrid (España): UNE-EN ISO 3380, 2016c.
- VACA-CÁRDENAS, MARITZA; OLEAS-LÓPEZ, JULIO; PERALTA-CONGIA, MARCO; HIDALGO-ALMEIDA, LUIS. Evaluación Físico - Mecánicas del Acabado Catiónico con Diferentes Niveles de Cera de Cuero Pulible de Cabra. *Polo Del Conocimiento*, v. 7, n. 2, 2022, p. 1568–1584.
<https://doi.org/10.23857/pc.v7i2.3666>