




ORIGINAL

Leather substitute based on natural black cabuya fiber (*Agave cordillerensis*)

Sustituto de cuero a base de fibra natural de cabuya negra (*Agave cordillerensis*)

Linda M Flores Fiallos¹  , Diego Vinueza Tapia¹  , Adriana Rodríguez Basantes¹  , María Augusta Guadalupe Alcoser¹  

¹Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Facultad de Ciencias. Riobamba 060106, Ecuador.

Citar como: Flores Fiallos LM, Vinueza Tapia D, Rodríguez Basantes A, Alcoser MAG. Leather substitute based on natural black cabuya fiber (*Agave cordillerensis*). Salud, Ciencia y Tecnología - Serie de Conferencias. 2025; 4:1442. <https://doi.org/10.56294/sctconf20251442>

Enviado: 15-07-2024

Revisado: 21-11-2024

Aceptado: 11-02-2025

Publicado: 12-02-2025

Editor: Prof. Dr. William Castillo-González 

Autor para la correspondencia: Linda M Flores Fiallos 

ABSTRACT

Black cabuya (*Agave cordillerensis*) is a rosette plant that is easily found in the inter-Andean zone of Ecuador and is used for therapeutic and food purposes. Since ancient times, mechanical treatments have been used to obtain fibers, which are generally used in the manufacture of ropes, sacks, and thin fabric production. In this research, the high percentage of fiber in black cabuya (*Agave cordillerensis*) was used to obtain a leather substitute. For the treatment of the fiber, a mechanical technique using blows was used, which was noted for being economical since it was not necessary to perform a bleaching process on the obtained fiber. For the formulation of the leather substitute, different percentages of fiber were used (30 %, 50 % and 60 %), in addition, the distribution of the fiber was taken into consideration (random, 45° and 90°) to make a fabric, which was covered by a mixture of resins (RD-A and RD-U). The best formulation was 50 % polyester with a thickness of 0.05 mm, 50 % black cabuya fiber woven completely at random with a thickness of 0,03 mm and 25 ml of RD-A and RD-U resins. Mechanical tests of elongation, lastometry and tension were carried out on the obtained product. The results of the mechanical tests demonstrated that black cabuya fiber (*Agave cordillerensis*) is a suitable raw material for obtaining a leather substitute since, in the production process, environmental pollution is considerably minimized.

Keywords: Fiber; Green Leather; Mechanical Properties.

RESUMEN

La cabuya negra (*Agave cordillerensis*) es una planta en roseta que se encuentra fácilmente en la zona interandina del Ecuador la cual es utilizada con fines terapéuticos, alimenticios. Desde la antigüedad se han utilizado tratamientos mecánicos para la obtención de fibras, las cuales generalmente se utilizan en la fabricación de sogas, confección de sacos, producción de tela rala. En esta investigación, se aprovechó el alto porcentaje de fibra que presenta la cabuya negra (*Agave cordillerensis*) para la obtención de un sustituto de cuero. Para el tratamiento de la fibra se empleó una técnica mecánica empleando golpes la cual se destacó por ser económica ya que no fue necesario realizar un proceso de blanqueo en la fibra obtenida. Para la formulación del sustituto de cuero se utilizaron diferentes porcentajes de fibra (30 %, 50 % y 60 %), además, se tomó en consideración la distribución de la fibra (aleatorio, 45° y 90°) para realizar un tejido, mismo que fue recubierto por una mezcla de resinas (RD-A y RD-U). La mejor formulación fue 50 % de poliéster con un espesor de 0,05mm, 50 % de fibra de cabuya negra tejida completamente al azar con un espesor de 0,03mm y 25 ml de resinas RD-A y RD-U. En el producto obtenido se realizaron pruebas mecánicas de elongación, elastometría y tensión. Los resultados de las pruebas mecánicas demostraron que la fibra de cabuya negra (*Agave cordillerensis*) es una materia prima adecuada para la obtención de un sustituto de cuero ya que, en el proceso de producción se minimiza considerablemente la contaminación ambiental.

Palabras clave: Fibra; Cuero Verde; Propiedades Mecánicas.

INTRODUCCIÓN

El cuero de origen animal está constituido a base de colágeno, queratina, aminoácidos como alanina, glicina, prolina; el cual se obtiene después de varios procesos químicos. A lo largo del tiempo el uso del cuero animal ha desarrollado una alta exigencia, ya que es utilizado en muchas áreas comerciales en la fabricación de billeteras, chaquetas, zapatos, cinturones, etc., desencadenando así una fuerte industrialización del material. ⁽¹⁾ El uso del cuero de origen animal se debe a que es transpirable, impermeable, de alta resistencia a la abrasión. En la actualidad el uso de cuero sintético ha provocado una gran evolución en el ámbito tecnológico, ya que reduce el sacrificio de animales debido a que tradicionalmente es fabricado con una base de plástico, ceras, colorantes, poliuretano. Pero este proceso de elaboración libera toxinas nocivas para el ser humano y el planeta, ⁽²⁾ ya que aumentan la demanda química de oxígeno (DQO), la demanda biológica de oxígeno (DBO) y el nivel total de sólidos disueltos en el agua.

En Ecuador a partir del siglo XX la industria del cuero ha tenido un gran desarrollo lo que impulsó el incremento del desarrollo industrial, de forma resumida el proceso consiste en el tratamiento de la materia prima para extraer todo el pelo de la piel, a continuación se realiza el proceso de curtido a base de sales de cromo, cal, sulfuro de sodio, ácidos fuertes, y agentes vegetales (uso de extractos a partir de cortezas, madera, hojas y raíces)⁽³⁾ y finalmente, la formación de costras. Las cargas contaminantes están asociadas a las tres etapas, pero la primera etapa es la que más contribuye al total de residuos en el proceso de curtiembre.⁽⁴⁾

Uno de los subprocesos más importantes en la etapa preparatoria es el desengrasado de la piel, ya que, libera gran parte de grasa utilizando cantidades exorbitantes de detergente.⁽⁵⁾ A través de las diferentes etapas para su obtención se originan residuos altamente contaminantes ⁽⁶⁾ debido a que la mayoría de pieles provienen de la industria cárnica y láctea utilizando un sin número de productos químicos potencialmente dañinos generando así grandes cantidades de aguas residuales.⁽⁷⁾ Estas aguas contienen contaminantes nocivos como cromo, sólidos disueltos totales y sales neutras en forma de cloruros, por lo que, los investigadores se han centrado netamente en procesos de curtido ecológicos.⁽⁸⁾

Actualmente para minimizar la contaminación provocada por las curtiembres se estudian alternativas eco-amigables. Una de estas alternativas es la fabricación de sustitutos de cuero a base de material orgánico (fibra vegetal),⁽⁹⁾ recubierto de poliuretano (PU) o cloruro de polivinilo (PVC). La principal limitación de este tipo de cuero artificial son sus propiedades mecánicas relativamente bajas. El conocimiento y uso de las fibras naturales ha sido de gran importancia para el avance de la civilización humana,⁽¹⁰⁾ convirtiéndose una alternativa realmente llamativa para aplicaciones industriales por su bajo costo, peso ligero y por ser una materia prima renovable con propiedades químicas, físicas y mecánicas superiores a otros materiales.⁽¹¹⁾ Las fibras de origen vegetal son conjuntos de células cuyo contenido es esencialmente lignina y celulosa, el contenido de lignina permite que estas fibras puedan soportar la acción mecánica a las que se someten durante los procesos de tensión, mientras que, el contenido de celulosa resulta poco asimilable para los microorganismos, asegurando de esa manera su durabilidad.⁽¹⁰⁾ Estudios previos han demostrado la utilización de fibras de hojas de piña (PALF) derivadas de desechos agrícolas como materiales de refuerzo tanto en plásticos^(11,12) como en cauchos⁽¹³⁾ para mejorar las propiedades mecánicas de este material. Por lo tanto, utilizar fibras de piña como material de soporte para caucho flexible o látex para crear una apariencia similar al cuero representa un enfoque intrigante y sostenible para producir una alternativa de cuero 100 % de base biológica.

El *Agave cordillerensis* popularmente conocido en el Ecuador como cabuya negra o penco negro se encuentra en toda la zona interandina,⁽¹²⁾ es una planta de tallo corto cuya altura aproximada es de 30 cm con hojas de color verde grisáceo de apariencia cóncava, debido a la resistencia, durabilidad y consistencia áspera que posee permite que la cabuya negra sea un material ideal para la obtención de fibra⁽¹³⁾ y esto a su vez la elaboración de cuero natural o cuero vegano.

En consecuencia, esta investigación tiene como objetivo explorar la elaboración de un sustituto de cuero a partir de fibras naturales de la cabuya negra (*Agave cordillerensis*) como una alternativa para contribuir al cuidado y conservación del ambiente.

MÉTODO

Extracción de la fibra de cabuya negra (*Agave cordillerensis*):

Para la extracción de la fibra de cabuya negra (*Agave cordillerensis*) se procedió a recolectar hojas maduras ya que asegura la obtención de fibras de mejor calidad y los desperdicios generados son mínimos, el corte de las hojas se realizó a 15 cm de la base, luego se retiró los espinos de la hoja. Debido a las características que presenta la hoja: lisa y casi impermeable en primera instancia se procedió a machacar la hoja con la finalidad de eliminar la mayor cantidad de pulpa y goma existente en la misma. Previo al descrude químico se dejó en

remojo en agua destilada durante 72 horas lo cual facilitó la remoción manual de la fibra. Para la remoción de la lignina se empleó 35g/lit de NaOH a 90°C.

Finalizado este proceso, se procedió al lavado y neutralizado de las fibras empleando ácido acético al 3 % hasta alcanzar un pH cercano a 7. Después de ello se llevó a cabo el cardado, lavado, secado y peinado de las fibras resultantes de cada proceso. El cardado se realizó con cuidado de no romper las fibras y durante el cual se fue evaluando con cuál de los ensayos se obtuvieron de la manera más sencilla fibras largas, y una vez secas las muestras se evaluó el color y cuál de ellas tenía la menor presencia de impurezas. Una vez obtenida la fibra se realizó una caracterización química con la finalidad de asegurar los parámetros necesarios para la obtención del sustituto deseado.

Preparación de láminas de fibra no tejida

Las láminas de fibra no tejida se crearon utilizando una técnica de fabricación de papel, en el cual la fibra tuvo una distribución aleatoria, en X y cuadrangular tal como lo muestra la figura 1. Las fibras se dispersaron en agua y posteriormente se moldearon en láminas de fibra no tejida utilizando una serigrafía. Luego, estas láminas se secaron en un horno de aire caliente a 70 °C durante 24 h para obtener las láminas de fibra no tejida. Las láminas de fibra no tejida resultantes tienen un peso aproximado de 240 g/m².

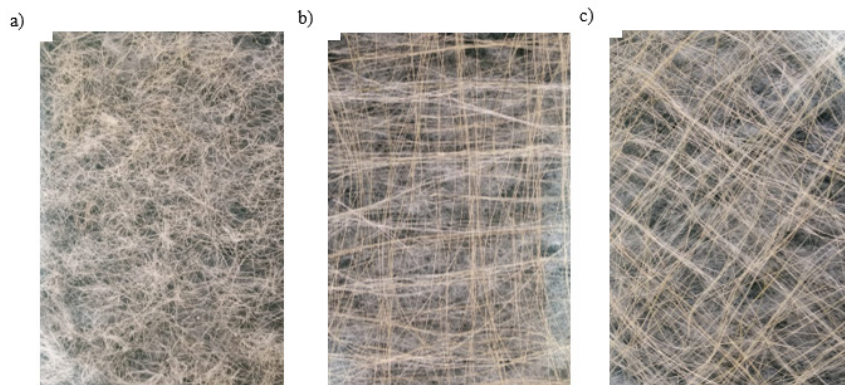


Figura 1. Distribución de la fibra. a) Aleatorio b) X c) Cuadrangular

Elaboración del sustituto de cuero.

Para ello se formó una tela no tejida compuesta por fibra sintética de poliéster al 50 % con un espesor de 0,05mm y fibra de cabuya negra (*Agave cordillerensis*) al 50 % con un espesor de 0,03mm. Para que la fibra de cabuya negra (*Agave cordillerensis*) se distribuyera adecuadamente sobre la fibra de poliéster se procedió a alisar las mismas con la ayuda de una plancha para el cabello a temperatura baja (25°C), con ello se redujo las curvaturas de la fibra para que se acomodaran de forma paralela sobre la fibra de poliéster. Las fibras obtenidas se colocaron en el medio de dos planchas de poliéster tal como lo indica la figura 2.

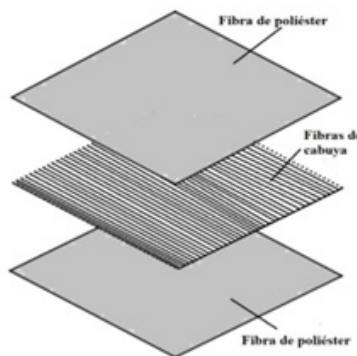


Figura 2. Diseño plancha fibra-poliéster

Caracterización fisicoquímica de la fibra de cabuya negra (*Agave cordillerensis*):

Para el contenido de humedad de la fibra de cabuya negra, se pesaron cuatro muestras de 1 gramo, después se colocaron en la termobalanza a una temperatura de 80°C la cual es la temperatura de secado de la fibra, se esperó durante unos minutos hasta que el equipo muestre el resultado.

Para el contenido de cenizas se procedió a someter los crisoles a la estufa durante 3 horas, se retiran de la estufa, se colocan en un desecador hasta que se enfríen y se proceden a tarar. Luego se calcina la muestra y se

deja en la mufla a 550 °C durante 12 horas.

Análisis de espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR)

El análisis de la composición química de la superficie de las fibras de cabuya negra (*Agave cordillerensis*) se realizó utilizando espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) con un instrumento Jasco modelo FTIR-4000-100. Los espectros se escanearon en un rango de 4000 cm^{-1} a 400 cm^{-1} con una resolución de 4 cm^{-1} .

Caracterización mecánica de la fibra de cabuya negra (*Agave cordillerensis*):

Para medir la resistencia a la tensión y el porcentaje de elongación se tomó un hilo de cabuya negra realizando muestras de 8cm de largo con nudos cada 7cm, dejando 1 cm fuera de cada nudo. Para las pruebas de lastometría se empleó el mismo hilo de cabuya blanca para formar un tejido circular con un diámetro de 5,5 cm como lo muestra la figura 1, para ello se hizo uso de un crochet para tejer de numero 0,5 y se aplicó el método del ‘‘ anillo mágico ’’ con 6 puntos bajos.



Figura 3. Muestra prueba de lastometría

Para validar los resultados de la resistencia a la tensión de la fibra obtenida se realizaron cuatro repeticiones de tres tratamientos, los cálculos se realizaron con el programa Minitab empleando un análisis de varianza ANOVA de un solo factor con la finalidad de determinar si existen o no diferencias significativas entre los tratamientos.

Para las pruebas mecánicas del hilo de fibra de cuya blanca y el sustituto de cuero se emplearon dos máquinas prototipo, un lastómetro y probador de tensión y elongación. Para todos los procesos se empleó una secadora marca redLine modelo RF53 con temperatura máxima de 150 °C, una balanza analíticas marca RADWAG can capacidad mínima de 10 mg y capacidad máxima de 220 mg.

Elaboración del sustituto de cuero.

Finalizados las pruebas para la caracterización de la fibra de cabuya negra (*Agave cordillerensis*), se procedió a elaborar el sustituto de cuero. Para ello se formó una tela no tejida compuesta por fibra sintética de poliéster al 50 % con un espesor de 0.05mm y fibra de cabuya negra al 50 % con un espesor de 0,03mm. Para que la fibra de cabuya negra (*Agave cordillerensis*) se distribuyera adecuadamente sobre la fibra de poliéster se procedió a alisar las mismas con la ayuda de una plancha para el cabello a temperatura baja (25°C), con ello se redujo las curvaturas de la fibra para que se acomodaran de forma paralela sobre la fibra de poliéster. Las fibras obtenidas se colocaron en el medio de dos planchas de poliéster tal como lo indica la figura 4.

Se realizaron tres tejidos a base de la cabuya negra tal como se puede observar en la figura 2, donde se observa una distribución aleatoria, en X y cuadrangular.

Se procedió a humedecer el laminado con la mezcla de 25 ml de resinas (RD-A y RD-U) recomendadas para dar un aspecto parecido al cuero, la mezcla de ambas resinas se hizo con el objetivo de que la sustancia creada actúe como un buen relleno sobre la tela no tejida al mismo tiempo de dar una buena elasticidad. Finalmente, la lámina obtenida fue sometida a un secado a una temperatura de 80 °C durante 2 horas.

Resina RD-A 1034

Emulsión acuosa de poliacrilato, es un ligante que ofrece una excelente cobertura y buen relleno a pesar de

que forma un film delgado, posee una excelente retención al grabado.⁽¹⁴⁾

Resina RD-U 3010

Es un poliuretano blando que puede ser usado en agua o mezclas de base solvente como un protector de adherencia y es altamente compatible con ambos sistemas catiónicos y aniónicos.⁽¹⁴⁾

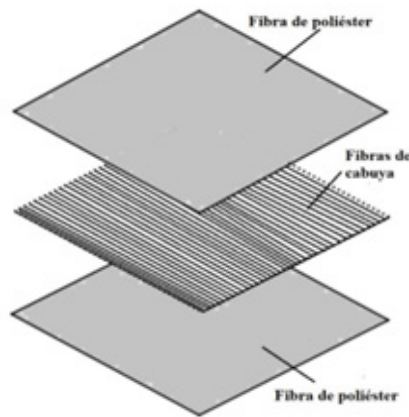


Figura 4. Diseño plancha fibra-poliéster

RESULTADOS

Obtención de la fibra de cabuya negra (*Agave cordillerensis*)

Gracias al proceso mecánico de machacado y remojo de las hojas de cabuya negra (*Agave cordillerensis*) se pudo extraer con mayor facilidad las fibras, obteniéndose tiras delgadas de fibra con una menor cantidad de pulpa y goma listos para el proceso de descrude o remoción de lignina con NaOH. Es importante mencionar que la fibra obtenida no necesitó de un proceso de blanqueo ya que presentó buen color ahorrando recursos.

Al obtener fibras de un largo considerable alrededor de 80 cm fue un parámetro muy importante a la hora de elaborar un sustituto de cuero con una buena resistencia, debido a que el objetivo era formar un tejido con fibras de cabuya negra distribuidas a lo largo de la plancha de la fibra de poliéster. Al haber empleado una concentración baja de hidróxido de sodio se pudo obtener fibras largas alrededor de los 80 cm, lo que no sucedió cuando se decidió aumentar la concentración ya que al momento de realizar la carda las fibras se iban quebrando, obteniéndose fibras cortas de alrededor de 15 cm. Se consideró además que, un tiempo de cocción superior a los 30 minutos las fibras obtenidas son frágiles difíciles de manipular ya que son bastante quebradizas.

La limpieza de las fibras es un aspecto importante que se debe considerar a la hora de elaborar un material textil, ya que esto evita que exista alguna interferencia en los procesos como el suavizado, en necesario contar con fibras que no contengan ningún rastro de lignina o celulosa puesto que al presentarse hace que la fibra se vuelva más rígida, impidiendo la manipulación de esta. La tabla 1 muestra la caracterización organoléptica de la fibra:

No.	Parámetro	Fibra De Cabuya
1	Olor	Parecido a la madera húmeda
2	Sabor	Sin sabor
3	Color	Beige
4	Textura	Suave
5	Brillo	Sin brillo

Caracterización fisicoquímica de la fibra de cabuya negra (*Agave cordillerensis*)

El análisis de contenido de humedad de las fibras de cabuya negra se realizó utilizando una termobalanza. Se evaluaron tres tratamientos (F1, F2 y F3) con cuatro repeticiones cada uno. Los valores promedio de humedad obtenidos fueron 1,965 % para el tratamiento F1, 1,957 % para F2, y 1,979 % para F3, siendo este último el mayor contenido de humedad observado. Estos resultados indican una ligera variabilidad en la retención de humedad entre los tratamientos evaluados, destacando al tratamiento F3 como el de mayor capacidad de retención, lo cual podría atribuirse a factores relacionados con propiedades físicas de la fibra o condiciones

experimentales.

El análisis del contenido de cenizas en las fibras de cabuya negra se realizó utilizando muestras de fibra sometidas a calcinación. Se evaluaron tres tratamientos (F1, F2 y F3), cada uno con cuatro repeticiones. Los valores promedio de cenizas obtenidos fueron 0,937 % para el tratamiento F1, 0,886 % para F2 y 0,912 % para F3. El tratamiento F1 presentó el mayor contenido de cenizas, seguido de F3 y finalmente F2. Estos resultados reflejan diferencias en la composición inorgánica residual de las fibras, posiblemente influenciadas por las características químicas de los tratamientos aplicados

Análisis de espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR)

Se registraron las vibraciones características observadas en los espectros obtenidos mediante espectrofotometría de infrarrojos (FTIR), las cuales permiten identificar los grupos funcionales presentes en la fibra como se indica en la Figura 5. El primer pico de absorción significativo se observó a $3332,39\text{ cm}^{-1}$, correspondiente a la vibración de estiramiento axial del enlace O-H, característico de los grupos hidroxilo presentes en los polisacáridos de la fibra, como celulosa, hemicelulosa y lignina. Esta banda es indicativa de la estructura química que contribuye a las propiedades mecánicas de la fibra, como la tracción y la flexión. Adicionalmente, se identificaron picos relevantes a $1033,66\text{ cm}^{-1}$, asociados a los enlaces C-O presentes en las moléculas de celulosa, y a $1508,06\text{ cm}^{-1}$, atribuibles a las vibraciones de los enlaces C=C de los anillos aromáticos de la lignina. Estos resultados confirman la composición química de la fibra, resaltando su potencial para aplicaciones estructurales y de refuerzo debido a la presencia de sus componentes principales.

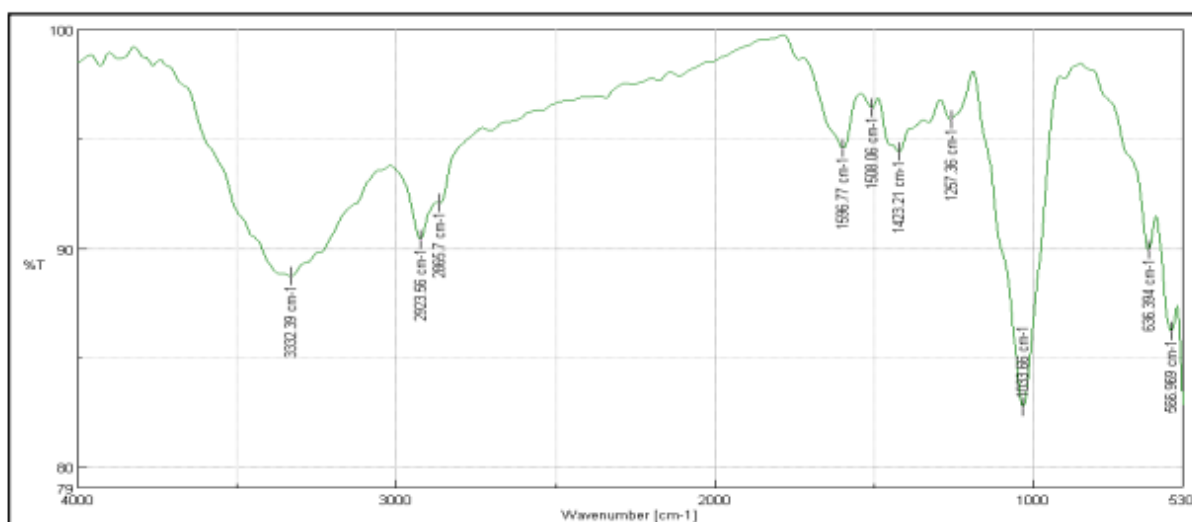


Figura 5. FTIR de fibra de cabuya negra

Resultados de la caracterización mecánica de la fibra de cabuya negra (*Agave cordillerensis*).

Se seleccionaron las mejores fibras para la elaboración del hilo a fin de realizar la caracterización mecánica y con ello se analizó la resistencia que tiene la fibra de cabuya blanca mediante pruebas de lastometría, de tensión y elongación. Por tal razón se empleó fibras de alrededor de 70 cm de largo, con la mejor flexibilidad y suavidad.

Los resultados determinados por la resistencia a la tensión de la muestra de hilo de cabuya negra presentaron un promedio de tensión de 9,854 MPa. En la Norma IUP 6 se indica que es utilizable para todo tipo de cueros, además, presentó una fuerza promedio de la fibra de 46,7 N. Para las pruebas de elongación se obtuvo un porcentaje promedio de 42,5 % correspondiendo al hilo de cabuya con un calibre de 0,5 mm. Además, se pudo evidenciar que al aumentar el calibre del hilo el porcentaje de elongación es menor.

Los resultados en los ensayos de lastometría las pruebas realizadas con el tejido mostró un promedio de 9 mm. Según la norma INEN 555 se considera un cuero de calidad cuando este cumple con el valor mínimo de 7,2 mm de distensión.

Resultado sustituto de cuero

Una vez obtenido el sustituto de cuero con una formulación 50 % de poliéster, 50 % de fibra de cabuya negra tejida completamente al azar y 25 ml de resinas RD-A y RD-U se obtuvo un producto de características similares al cuero convencional. Al realizar una caracterización fisicoquímica se determinó que el porcentaje de humedad (9 % porcentaje de humedad obtenido) es directamente proporcional a la cantidad de fibra empleada para la formulación ya que al emplear cantidades mayores de fibra de cabuya negra el porcentaje de humedad

superaba el 9 %. El porcentaje de humedad guarda relación con el permitido en cueros convencionales que varían del 9 % al 12 % valores establecidos por la Norma Técnica ecuatoriana.



Figura 6. Sustituto de cuero a base de cabuya negra

Resultados de la caracterización mecánicas del sustituto de cuero

Las propiedades mecánicas realizadas al sustituto de cuero obtenidas en los ensayos de resistencia a la tensión, porcentaje de elongación y lastometría de cada tratamiento fueron evaluadas y analizadas estadísticamente mediante un diseño experimental completamente al azar (DCA). De los diferentes tratamientos elaborados a base de cabuya negra el valor de resistencia a la tensión fue de 1157,33 N/cm², mientras que, los tratamientos que poseen menor resistencia a la tensión son aquellos que contienen un mayor porcentaje de fibra de cabuya negra existiendo así una relación inversamente proporcional. Para que un cuero se considere de buena calidad su valor de resistencia a la tensión debe encontrarse entre 800 a 1500 N/cm² de acuerdo con las normativas de calidad desarrollado por la Asociación Española en la Industria del cuero, según la norma técnica IUP 6.⁽¹⁵⁾

En cuanto el porcentaje de elongación se obtuvo un valor de 45,33 % el cual se encuentra dentro de los límites permitidos por la Asociación Española en la Industria del Cuero y sustentada por la norma IUP 6, cuyos valores oscilan del 40 al 80 %. Finalmente el valor de lastometría obtenido es de 11,36 mm el cual también se encuentra dentro de los límites establecidos por la Asociación Española en la Industria del Cuero y sustentada por la norma IUP 8 cuyo valor mínimo es de 7,5 mm.

DISCUSIÓN

Algunos materiales derivados de fibras naturales poseen características físicas y mecánicas similares a las del cuero obtenido a partir de cuero convencional y de aquellos que son producidos de forma sintética.⁽¹⁶⁾ Los resultados observados del sustituto de cuero de la fibra de cabuya negra (*Agave cordillerensis*) muestran que este tipo de cuero tiene propiedades mecánicas muy buenas para ser presentado como una alternativa de cuero. Así como también gracias a los Investigadores de la Universidad de Boras, se ha aprovechado un hongo para convertir desechos de alimentos en piel sintética y crear un cuero fúngico con propiedades mecánicas bastantes comparables al cuero real (visualmente y al tacto)⁽¹⁷⁾ debido a la red de hifas entrelazadas del micelio fúngico⁽¹⁸⁾, en comparación en el proceso de elaboración del sustituto de cuero a partir de fibra de cabuya negra con la elaboración del cuero fúngico, este presenta ser elaborado 100 % biológico sin la utilización de algún químico. Además, estudios demuestran que también es posible obtener un sustituto utilizando fibras a partir de pelos de animales con porcentajes de materia prima que oscilan hasta el 20 % en peso demostrando que el producto final obtenido es rentable y respetuoso con el medio ambiente ya que puede ser reciclable.⁽¹⁹⁾

En el trabajo titulado “Cuero Vegano a partir de Bagazo de Caña de Azúcar”, recabó información importante acerca de una de sus propiedades mecánicas la elongación, en donde este estudio presenta haber realizado las pruebas a dos direcciones (lado paralelo y lado perpendicular) presentando resultados mayores al 68 %.⁽²⁰⁾ y mayores en comparación al sustituto de cuero a partir de fibra de cabuya negra donde, la muestra obtenida a base de un tejido perpendicular el valor del porcentaje de elongación osciló el 50 %. El estudio realizado de la resistencia a la elongación por ingenieros industriales de la Universidad de San Ignacio de Loyola, no muestran valores pero mencionan que se presenta una gran resistencia debido a que esta fibra contiene una mayor concentración de lignina lo que proporciona rigidez a la pared celular.⁽²¹⁾

Al comparar la cantidad de materia prima utilizada para la elaboración del sustituto de cuero con fibra de cabuya y con la de hojas de piña, la mejor sería de cabuya negra ya que para el proceso de esta se utilizó un alrededor de 4 hojas para alcanzar 1m y con las hojas de piña se necesitó un alrededor de 17 hojas para lograr 1m de piel.⁽²²⁾ Sin embargo, la versatilidad de este producto es muy elevada gracias a la flexibilidad de la tela donde se puede hacer muchas cosas con un acabado parecido al cuero.

Para obtener evidencia que confirme las diferentes investigaciones, es necesario realizar más estudios sobre la elaboración de un sustituto de cuero con una materia prima natural y que posean propiedades óptimas para su uso.

Sin embargo, lograr altas propiedades mecánicas no es el único objetivo en el desarrollo de sustitutos al cuero. La textura y la experiencia táctil son factores igualmente cruciales, que pueden ser más difíciles de cuantificar en función de las preferencias individuales.

CONCLUSIÓN

Los datos obtenidos del presente estudio indica que las fibras de cabuya negra (*Agave cordillerensis*) son un material adecuado para la elaboración de un sustituto de cuero ya que presenta propiedades parecidas al cuero convencional, es un camino viable para minimizar la contaminación ambiental por la industria de curtiembre ya que, presentan propiedades similares a los productos expuestos por lo cual se recomienda el uso de este producto como sustituto al cuero convencional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Goyeneche S. Cuero natural vs cuero sintético [Internet] [Investigación]. [Argentina]: Universidad de Palermo; 2018. Disponible en: www.palermo.edu/dyc
2. Ministerio del Ambiente. LA INDUSTRIA DE LOS CUEROS (A BASE DE SALES DE CROMO, CON AGENTES VEGETALES). 11. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/03/PART2.pdf>
3. Chiampo F, Shanthakumar S, Ricky R, Pattukandan Ganapathy G. Tannery: Environmental impacts and sustainable technologies. *Materials Today: Proceedings* [Internet]. 14 de febrero de 2023 [citado 26 de abril de 2024]; Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785323005436>
4. Rivela B, Moreira MT, Bornhardt C, Méndez R, Feijoo G. Life Cycle Assessment as a Tool for the Environmental Improvement of the Tannery Industry in Developing Countries. *Environ Sci Technol*. 1 de marzo de 2004;38(6):1901-9.
5. Hidalgo M. DISEÑO DE UN MODELO PARA MEDIR LA PRODUCTIVIDAD PARA UNA EMPRESA MANUFACTURERA DE CUEROS [Internet] [Investigación]. [Ecuador]: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR; 2012. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/7754/2.22.001357.pdf>
6. ACS. La búsqueda de alternativas de cuero sostenibles. 10 de marzo de 2021; Disponible en: <https://www.acs.org/pressroom/presspacs/2021/acs-presspac-march-10-2021/the-quest-for-sustainable-leather-alternatives.html>
7. Liu X, Wang Y, Wang X, Han T, Wang W, Jiang H. A salt-free pickling and chrome-free tanning technology: a sustainable approach for cleaner leather manufacturing. *Green Chem*. 2022;24(5):2179-92.
8. Basak S, Shakyawar DB, Samanta KK, Debnath S, Bhowmick M, Kumar N. Development of natural fibre based flexural composite: A sustainable mimic of natural leather. *Mater Today Commun*. agosto de 2022;32:103976.
9. Rendón A, Neyra L. Fibras naturales. 30 de septiembre de 2020;1:3.
10. Velásquez Restrepo SM, Pelaéz Arroyave GJ, Giraldo Vásquez DH. Uso de fibras vegetales en materiales compuestos de matriz polimérica: una revisión con miras a su aplicación en el diseño de nuevos productos. *Inf Téc*. 30 de junio de 2016;80(1):77.
11. Kengkhetkit N, Amornsakchai T. A new approach to “Greening” plastic composites using pineapple leaf waste for performance and cost effectiveness. *Mater Des*. 1 de marzo de 2014;55:292-9.
12. Masudur R. Influence of UV Radiation on Mechanical Properties of PVC Composites Reinforced with

Pineapple Fiber [Internet]. [citado 8 de enero de 2025]. Disponible en: <https://www.hilarispublisher.com/open-access/influence-of-uv-radiation-on-mechanical-properties-of-pvc-compositesreinforced-with-pineapple-fiber-2165-8064-1000338.pdf>

13. Comparative study of pineapple leaf microfiber and aramid fiber reinforced natural rubbers using dynamic mechanical analysis - Mahidol University [Internet]. [citado 8 de enero de 2025]. Disponible en: <https://mahidol.elsevierpure.com/en/publications/comparative-study-of-pineapple-leaf-microfiber-and-aramid-fiber-r>

14. Instituto Tecnológico Universitario Rumiñahui, Santander A, Toapanta C, Arcos A. Análisis del uso aplicado del Miske-Agave en San Antonio de Pichincha del cantón Quito en el Ecuador. *Rev Conectividad*. 10 de enero de 2022;3(1):1-10.

15. Betancourt Chávez DG, Salazar Garces DK. Mejoramiento del proceso de suavizado de la fibra de cabuya para elaborar géneros textiles. *INNOVA Res J*. 14 de septiembre de 2017;2(8.1):336-49.

16. DYESANDINA. Los Mejores Productos Químicos Para la Industria del Cuero. [Internet]. RESINAS. 2022. Disponible en: <https://dyesandinaecuador.com/>

17. CUERONET-NORMAS IUP [Internet]. [citado 7 de noviembre de 2023]. Disponible en: https://biblioteca.org.ar/libros/cueros/normas_iup.htm

18. Pineda A. Los hongos como sustitutos potenciales del cuero. 2020;6:11.

19. Universidad Rey Juan Carlos. PRODUCEN CUERO BIODEGRADABLE MEDIANTE UN HONGO Y DESECHOS DE ALIMENTOS. 31/032022;1:3.

20. Amobonye A, Lalung J, Awasthi MK, Pillai S. Fungal mycelium as leather alternative: A sustainable biogenic material for the fashion industry. *Sustain Mater Technol*. diciembre de 2023;38:e00724.

21. Ali MdF, Hossain MdS, Ahmed S, Sarwaruddin Chowdhury AM. Fabrication and characterization of eco-friendly composite materials from natural animal fibers. *Heliyon*. mayo de 2021;7(5):e06954.

22. Jimenez J. CUERO VEGANO A PARTIR DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR [Internet]. [Bucaramanga]: Universidad Industrial de Santander; 2022. Disponible en: <https://noesis.uis.edu.co/server/api/core/bitstreams/3becadc2-583d-42b5-aecb-7ed68718387d/content>

23. Bohórquez D, Hurtado D, Peña A, Quispe G, Rodríguez J. CUERO A PARTIR DE LA FIBRA DE PSEUDOTALLO DE PLÁTANO [Internet] [Investigación]. [lima]: Universidad San Ignacio de Loyola; 2020. Disponible en: <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/d3ce1ac4-df32-452e-87c3-acf9d63f3def/content>

24. Green leather: Innovative plant-based substitute developed from pineapple leaf fiber and natural rubber [Internet]. [citado 15 de enero de 2025]. Disponible en: <https://phys.org/news/2024-06-green-leather-based-substitute-pineapple.html>

FINANCIACIÓN

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

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Linda Flores Fiallos.

Investigación: Linda Flores Fiallos, Diego Vinueza, María Augusta Guadalupe, Adriana Rodríguez.

Metodología: Linda Flores Fiallos, Diego Vinueza.

Redacción - borrador original: Linda Flores Fiallos, Diego Vinueza, María Augusta Guadalupe, Adriana Rodríguez.

Redacción - revisión y edición: Linda Flores Fiallos, Diego Vinueza, María Augusta Guadalupe, Adriana Rodríguez.