

# DISEÑO Y DESARROLLO DE CUERO VEGETAL A BASE DE LOS RESIDUOS DE LAS FIBRAS DE HOJA DE PIÑA (*Ananas comosus*) GOLDEN DEL VRAEM

Percy Velásquez Ccosi, Jorge Málaga Juárez

Unidad de investigación e Innovación de Ingeniería Química y Metalurgia

Programa de Investigación en Procesos Industriales - Área de Procesos Alimentarios y Agroindustriales

E-mail: Percyvelasquez2@hotmail.com

## RESUMEN

En primer lugar, se realiza un estudio teórico sobre la materia prima y la tecnología que implica la obtención de la fibra, para desarrollar un material similar al cuero, luego se tuvo que implementar una desfibradora mecánica en base a la secuencialidad y retroalimentación, con la aplicación de principios de ensayo-error y la ingeniería inversa; que con el uso del software de modelamiento mecánico CAD Solidworks 2018 proporcionó el diseño de elementos de máquinas agroindustriales, la validación y optimización en función de sus requisitos operacionales, alineados a las normas vigentes internacionales de la ingeniería de materiales, para la construcción y operación de la máquina. Se caracterizó la calidad del desfibrado teniendo en cuenta la limpieza de las fibras, el cual decrece exponencialmente dentro de los límites investigados con respecto a la holgura del desfibrado, haciéndose mayor para distancias menores a 1 mm. Para una distancia de desfibrado de 1 mm las fibras quedan lo suficientemente limpias, sin embargo, para una distancia de desfibrado de 1,5 mm las fibras obtenidas no pueden ser utilizadas debido a la gran cantidad de material no fibroso que aún se encuentra adherido a las mismas. Con la desfibradora se extrae una importante cantidad de celulosa de las hojas, ideal para convertirlas en un material flexible, resistente y ecológico alternativo al cuero de origen animal sustentable al uso a los desechos producidos durante la cosecha de esta fruta. La versatilidad de este material permite desarrollar una gran variedad de investigaciones dirigidas a la producción de carteras, bolsos, tapizados, calzados y demás accesorios que se pueden manufacturar en cuero.

Palabras clave: Fibra, cuero vegetal, celulosa, desfibrado.

## DESIGN AND DEVELOPMENT OF VEGETABLE LEATHER BASED ON THE RESIDUES OF THE PINE LEAF FIBERS (*Ananas comosus*) GOLDEN DEL VRAEM

### ABSTRACT

First, a theoretical study is carried out on the raw material and the technology that involves obtaining the fiber, to develop a material similar to leather, then a mechanical shredder was implemented based on sequentiality and feedback, with the application of trial-error principles and reverse engineering; that with the use of CAD Solidworks 2018 mechanical modeling software, it provided the design of elements of agro-industrial machines, validation and optimization based on their operational requirements, aligned with current international standards of materials engineering, for the construction and operation of machine. The quality of the defibration was characterized taking into account the cleaning of the fibers, which decreases exponentially within the limits investigated with respect to the clearance of the defibration, becoming greater for distances less than 1 mm. For a defibration distance of 1 mm the fibers remain sufficiently clean, however, for a defibration distance of 1.5 mm the fibers obtained cannot be used due to the large amount of non-fibrous material that is still adhered to the pampering. With the shredder, a significant amount of cellulose is extracted from the leaves, ideal to turn them into a flexible, resistant and ecological material alternative to leather of sustainable animal origin to use the waste produced during the harvest of this fruit. The versatility of this material allows to develop a great variety of investigations aimed at the production of wallets, bags, upholstery, footwear and other accessories that can be manufactured in leather.

Keywords: Fiber, vegetable leather, defibrated, cellulose.

### INTRODUCCIÓN

Actualmente, han surgido innovaciones y novedades con respecto a los recursos, materiales y tratamientos a experimentar relacionados con el concepto de sustentabilidad y cuestiones éticas a la hora de realizar un producto. Estos están vinculados al descubrimiento de materias primas nuevas con el objetivo de reemplazar el cuero de origen animal. De esta manera, se ha logrado crear cuero ecológico como alternativa al cuero animal. Este cambio es el que, en la actualidad, está logrando despertar el interés de diseñadores e investigadores ya que cada vez son más los que se animan a revolucionar el mundo de la moda, explorando nuevos textiles ecológicos resistentes.

A continuación, se postulará lo mencionado por un informe que se titula Fabrican cueros a partir de frutas, en el que (Petronzio, 2015), reafirma esta teoría de que el cuero de origen vegetal, hoy, es la nueva innovación. En Filipinas, los hombres tradicionalmente visten prendas muy particulares llamadas barong tagalog, estas han sido producidas en base a las fibras de hojas de piña.

Esta propuesta es motivada por el alarmante daño ambiental que la fabricación del cuero animal implica y como alternativa buscar una alternativa ética, resistente y sustentable a este material: un textil que puede elaborarse a partir de la unión de las fibras sin necesidad de ser cosido, con un acabado idéntico al del cuero animal. Las fibras que

componen, en este sentido se extraen de las hojas de las piñas una vez cosechadas, que en general se descartan o terminan pudriéndose en el suelo, lo que hace que el material no requiera un terreno adicional para su cultivo. Además, el proceso industrial en el que surge la “tela” genera un subproducto: una biomasa que puede utilizarse como fertilizante.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Lugar de ejecución

El trabajo se desarrolló en el Centro Experimental de Curtiembre de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Laboratorio de Mejoramiento Genético (Área: Análisis de Fibras Textiles) de la Universidad Nacional de Huancavelica y la empresa COVE Ingenieros S.A.C. de la ciudad de Ayacucho. Los residuos de piña Golden para los diferentes ensayos se obtuvo de la Central de Productores de Piña del VRAEM.

### Material experimental

- **Materia Prima**

La piña variedad Golden estudiada proviene de los productores de diferentes zonas del VRAEM como Palmampampa, Anchihuay, San Francisco, Kimbiri, ofertan una gran cantidad de la piña Golden aproximadamente se tiene 58 hectáreas disponibles para el presente trabajo.

- **Etapas de diseño**

El diseño es el primer paso en la fase de desarrollo de cualquier producto o sistema de ingeniería. El objetivo del diseño es producir un modelo o representación de una entidad que se va a construir posteriormente (Aaron, Deutschman y Charles 1996).

Las diferentes etapas para el diseño, se muestra a continuación:

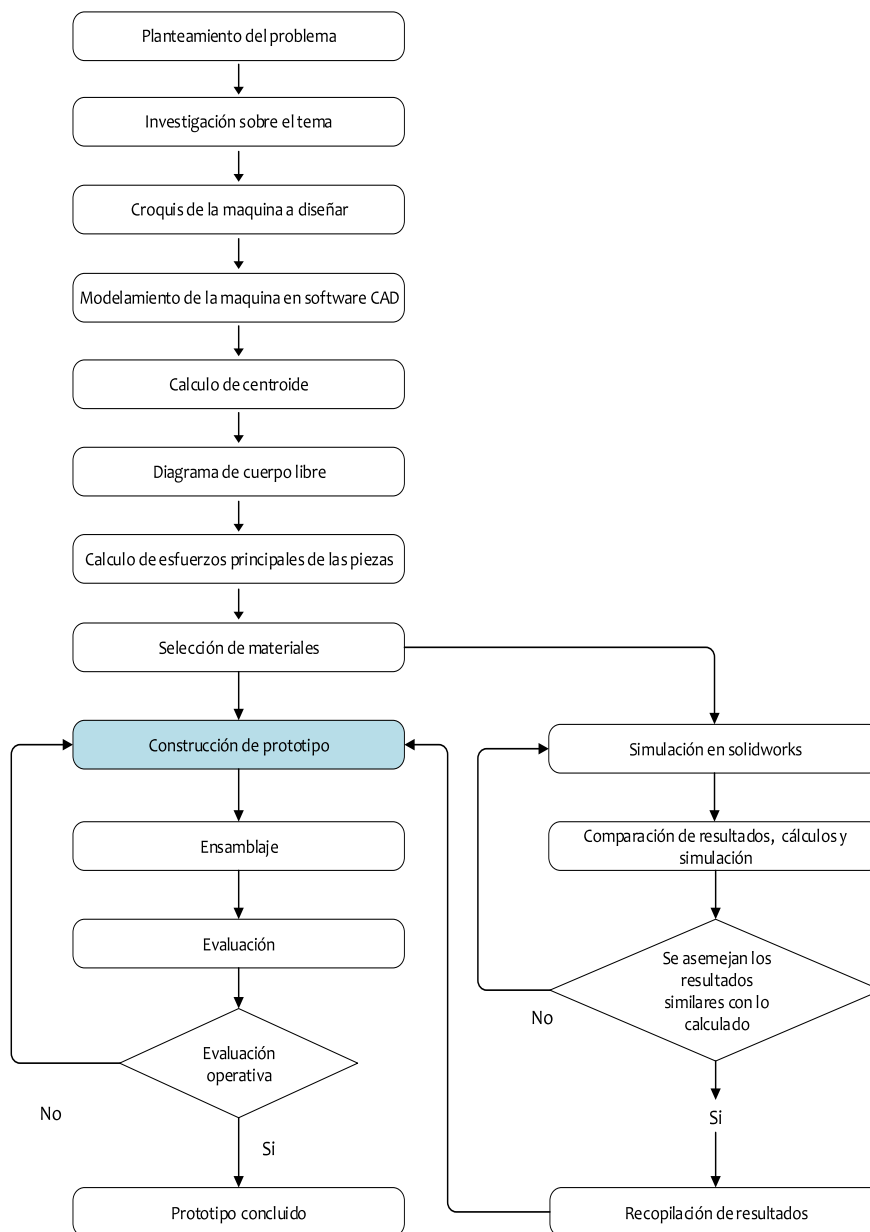


Figura 1. Etapas de diseño para la implementación de un equipo desfibrador

- Operaciones para la obtención del material base para cuero vegetal  
En la figura 2, se muestran las operaciones desarrolladas para obtener el material base para el cuero vegetal.



Figura 2. Operaciones para la obtención del material base de los residuos de las fibras de hoja de piña para cuero vegetal.

- Descripción de las operaciones para la obtención del material base para cuero vegetal
- ✓ **Deslignificado.**  
Con esta operación se separa la lignina de la celulosa de las fibras de piña, de acuerdo a los hidromoludos mostrados en la tabla 1.

**Tabla 1.** Hidromoludos para el deslignificado, blanqueado y mezclado de la pulpa de celulosa de fibra de piña.

Item	Peso (g)	V H <sub>2</sub> O (ml)	NaOH (ml)	V H <sub>2</sub> O (ml) a Completar	Tiempo (min)	V gel (ml)	Peso goma (g)	Tiempo mezclado (min)	VNaClO (ml)
1	50	350	100	250	30	50	5	5	150
2	50	300	165	235	35	55	8	6	100
3	50	250	225	225	45	65	11	7	80
4	50	200	285	215	50	75	14	8	70
5	50	100	600	0	60	85	17	9	50
6	50	300	150	250	30	90	20	10	55
7	50	300	170	230	40	95	23	11	50
8	50	300	190	210	50	100	26	12	45
9	50	300	210	190	60	105	29	13	35
10	50	300	250	170	70	110	32	14	30

- ✓ **Lavado**  
Con el objetivo de eliminar toda la solución del licor negro de lignina de las fibras celulósicas.
- ✓ **Blanqueado**  
Se utiliza hipoclorito de sodio al 5% de acuerdo a los hidromódulos mostrados en la tabla 1 (VNaClO ml).
- ✓ **Mezclado**  
Con el fin de obtener una pasta más homogénea y particular o micro fibrillas más finas. Se le adiciona almidón y cola sintética, para otorgarle propiedades de flexibilidad y unión entre las micro fibrillas teniendo en cuenta la tabla 1.
- ✓ **Refinado**  
Se realizó en un molino coloidal, con el fin de homogenizar la pulpa y reducir el tamaño de la pulpa virgen de celulosa.
- ✓ **Laminado**  
El moldeado, se realizó vaciando la pasta líquida en un

molde bastidor entelado de 24,5 x 30cm, buscando darle el efecto y acabado de una maquina papelera.

- ✓ **Secado**  
Esta operación se realizó a temperatura ambiente, aprovechando el molde bastidor entelado el cual permite eliminar el agua fácilmente, adhiriéndole un efecto especial al material base para el cuero una vez seco.

## RESULTADO Y DISCUSIÓN

### Características de las hojas de piña Golden

En la tabla 2 se muestra las características físicas de las hojas de piña Golden, con los que se dimensionó el prototipo desfibrador, al respecto Holten (2004), señala que la fibra como un filamento blando que es muy parecido a un cabello, cuyo diámetro es muy pequeño en relación a su longitud y sus propiedades están determinadas por la naturaleza de la estructura externa e interna y su composición química, por lo que deben tener suficiente resistencia, elasticidad, longitud y cohesión para poder unirse.

**Tabla 2.** Principales Características de las hojas de piña Golden.

Hoja	Longitud (mm)	Parte basal (mm)	Parte central (mm)	Parte apical (mm)	Espesor (mm)
1	980	1,4	0,8	0,8	1,0
2	1000	1,5	1,4	1,4	1,4
3	990	1,9	1,7	0,9	1,5
4	880	2,0	1,7	1,0	1,6
5	1170	2,1	15	1,3	1,6
6	970	2,5	1,9	1,5	2,0
Promedio	998,3	1,9	1,5	1,2	1,5

### Resultados de la evaluar la calidad del desfibrado

En la tabla 3, se puede apreciar que el mayor rendimiento del desfibrado en 26%, además a este valor le corresponde la mayor cantidad de fibra obtenida y se minimiza el desperdicio figura 3. Yusof et al., (2015) obtuvo valores inferiores en residuos de piña Josapine de hojas de aproximadamente 30-60 cm de largo y 4-6 cm de ancho, bajo

métodos convencionales. Espín (2015) refiere que existe una gran variedad de métodos de desfibrado de acuerdo con el tipo de hojas o pseudotallos y a las características propias de cada especie. Entre algunas especies existen grandes diferencias de espesores, cantidad de líquido, resistencia y flexibilidad por lo que un método puede ser más adecuado que otro al momento de la operación.

**Tabla 3.** Resultados obtenidos en función a la Apertura entre cuchillas del prototipo.

Hoja	Apertura entre cuchillas (mm)	Peso de hoja (g)	Peso de la fibra (g)	Desperdicio (g)	Rendimiento
1	1,5	72	10	62	13,9
2	1,0	73	19	54	26,0
3	0,8	70	15	55	21,4
4	0,5	75	12	63	16,0
5	0,2	73	0	73	0,0

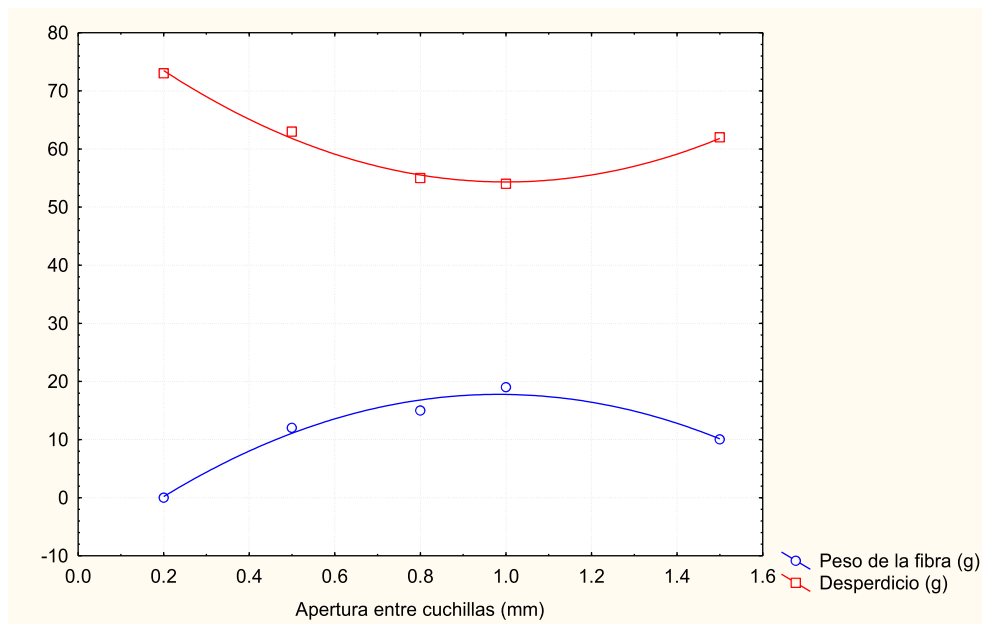


Figura 3. Peso de la fibra y desperdicio en función a la apertura de cuchillas.



Figura 4. Prototipo desfibrador, apertura de cuchillas y fibra obtenida sin desperdicio.

### Fibra limpia de residuos de piña

El lavado es una operación en el cual se elimina los restos de corteza sobrantes, en agua corriente por un tiempo de 24 horas, el agua va penetrando los tejidos y produce el debilitamiento de las paredes y el material que recubre las fibras. En este proceso a través de enjuagues y movientes mecánicos de las hojas en el agua se retirar el material sobrante y obtener las fibras expuestas, se debe tomar muy en cuenta el tiempo de maceramiento, el cuidado de la recolección, la temperatura, la temperatura y el tipo de agua con la que se moja las hojas debido a que de estos pasos depende la calidad de la fibra obtenida, Figura 5.

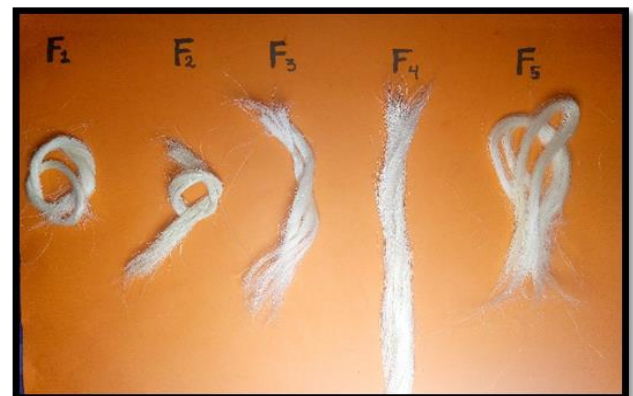


Figura 5. Fibra limpia obtenida de residuos de piña.

### Resultado de la formación del material base para cuero vegetal

Aunque es posible fabricar materiales de plantas o vegetales como la piña las mejores fibras son de origen leñoso, es decir las fibras que provienen de arboles, las especies de arboles de madera blanda como el pino y el abeto producen fibras largas y estas le dan resistencia, rigidez y resistencia al material,

según (Sharma, Ramchiary, Samyor, & Das, 2016) para obtener pulas con mejores características es frecuente que se mezclen distintos tipos de fibras. Estas afirmaciones bibliográficas ayudaron a tomar la decisión de optar por el proceso de pulpeado de las fibras, para concluir el objetivo del presente trabajo de investigación, en el Figura 6, se muestran los resultados del cuero vegetal obtenido.

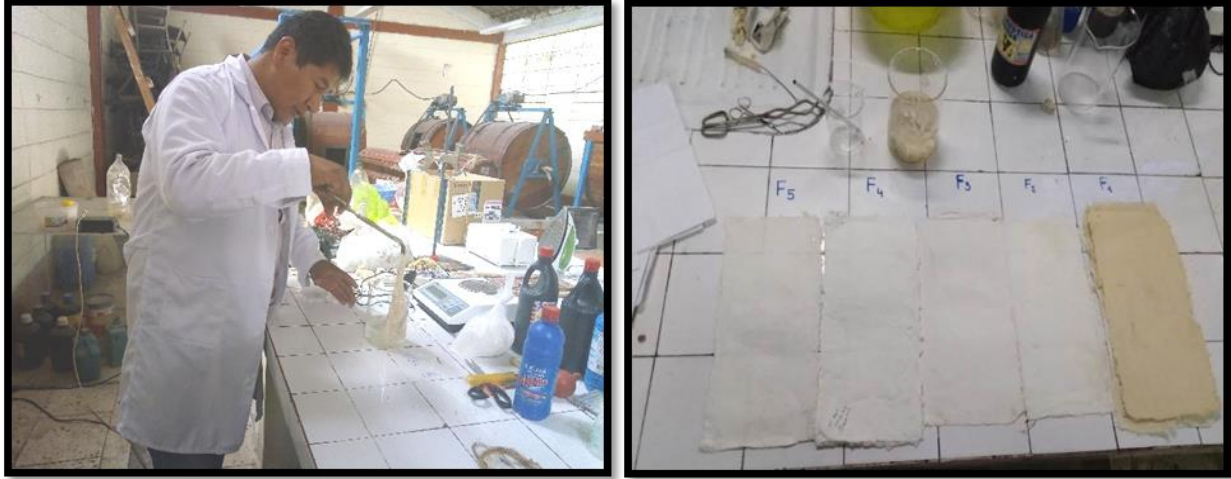


Figura. 6. Obtención del material base para el cuero vegetal a partir de pulpa de las fibras de hojas de piña Golden.



### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aaron D., Deutschman, Walter J., Michels, Charles E., Wilson 1996. Diseño de maquinas teoria y practica. Continental S. A. Mexico.

Albeniz, J. (2010): Desarrollo de modelos paramétricos para el diseño de uniones atornilladas sometidas a cargas

extremas. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación. Universidad Pública de Navarra. Pamplona. España.

Acevedo Gomez, R., Pablo Altumar, J. M., Diaz Monterrosas, P. R. & Sanchez Sanchez, M., 2006. Análisis y estudio de la morfología física de las fibras obtenidas de la. Mexico: Universidad del Papaloapan.

- AOAC. (1984). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists: Edited Ig Horwitz (3er ed) Washington, 800- 850 pp.
- Brown, R., 2016. Disponibilidad Mundial de Pieles crudas y el consumo de carnes rojas. II Congreso mundial del cuero LederPiel, 2(2), p. 124.
- Cuichan S. (2008) Tesis: “Rediseño y construcción de la máquina de viga rotatoria sometida a flexión para ensayos de resistencia a la fatiga”. Facultad de ingeniería mecánica. Escuela Politécnica Nacional. Quito. Ecuador.
- Dora Yarid Murcia Gutiérrez, M. V. T. G. M. E. T. P., 2013. Propiedades físicas, químicas y mecánicas de la piña Golden y Mayanés utilizada para la indumentaria en Bogotá. Colombia, Revia areandina.
- Espín, L. y Tello, J. (2015): Diseño y construcción de una desfibradora de hojas y pseudotallos para obtener material lignocelulósico a utilizar como refuerzo de polímeros. Escuela Politécnica Nacional. Quito. Ecuador.
- Godwell Engineering Products- Coimbatore- India. (2007c). Products - Crusher Decorticator Unit – Type II. Retrieved February 24, 2016, from [http://www.godwellindia.net/cruser\\_unit.html](http://www.godwellindia.net/cruser_unit.html).
- Faires V.M. (199...): Diseño de elementos de máquinas. Edit. Montaner y simón S.A. Barcelona. España.
- Gómez R. (2006): Normalización técnica aplicada a la ingeniería. Lima-Perú.
- Hibbeler, R. C. (2006): Mecánica de materiales. 6ª Edición. Editorial Pearson Prentice Hall. México.
- Holten N. 2004. Introducción a los textiles. Limusa. 360 p.
- Pérez, R. el at (2013): Diseño y construcción de una desfibradora de hojas de Agave angustifolia Haw. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. Vol. 22. Núm. 4. pp 5-14. México.
- Pope, J. E. (2000): “Soluciones prácticas para el ingeniero mecánico”. Editorial McGrawHill. México.
- Rosell, D. el at (2003): Teoría funcional de una máquina desfibradora de Lechugilla (Agave lechuguilla Torr) de tipo tambor. Naturaleza y desarrollo. Vol. 1. Núm. 2. México.
- Palacios Lopez, M. A., 2016. Diseño Y Simulación De Una Máquina Desfibradora De Cáscara De Coco Con Capacidad De 2,5 Toneladas Para La Comunidad La Alegría De Esmeraldas, Quito Ecuador: Facultad De Ingeniería Mecánica, Escuela Politécnica Nacional .
- Piñatex, 2017. Ecoinventos. [En línea] Available at: <https://ecoinventos.com> [Último acceso: 08 Julio 2017].
- Quesada Solis, K., Alvarado Aguilar, P., Sibaja Ballester, R. & Vega Baudrit, J., 2005. Utilización de las fibras del rastrojo de piña (*Ananas comosus*, variedad champaka) como material de refuerzo en resinas de polímeros. Revista Iberoamericana de Pilmeros, 6(2), pp. 50-60.
- Rivas Serrano, M., 2017. Vice Channels. [En línea] Available at: <https://www.vice.com> [Último acceso: 6 Noviembre 2017].
- Panesso Luna, Gissela. 2008; Elaboración y evaluación de plásticos reforzados a partir de fibras de piña. En: Investigaciones Aplicadas – Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín., p. 2.
- Pantoja-matta, A. J. (2015). Efecto Del Pretratamiento Químico Y Típica Del Cauca Effect Of Pretreatment Chemical And Enzymatic On Deslignification Of Typical Agroindustrial Biomass Of Efeito Do Prétratamento Químico E Enzimático Sobre Deslignificação Do, 13(1), 45–53.
- Petronzio, M. (11 de agosto de 2015). These cool 'leather' bags were once rotting fruit. Mashable. Disponible en: <http://mashable.com/2015/08/11/food-waste-fruitleather/#.j2R.H42AsqO>.
- Sánchez-sánchez, P. R. D. M. (2005). Análisis y estudio de la morfología física de las fibras obtenidas de la corona y planta de dos variedades de piña ( cayena lisa y MD2 ), 3–5.
- Sharma, P., Ramchiary, M., Samyor, D., & Das, A. B. (2016). Study on the phytochemical properties of pineapple fruit leather processed by extrusion cooking. *LWT - Food Science and Technology*, 72, 534–543. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.05.001>.
- Yusof, Y., Yahya, S. A., & Adam, A. (2015). Novel technology for sustainable pineapple leaf fibers productions. *Procedia CIRP*, 26, 756–760. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.07.160>.