

EXTRACCIÓN DE CELULOSA A PARTIR DE CÁSCARA DE TUNA Y CORONA DE PIÑA

Efren Chaparro Montoya^{1a}, Dora Mayta Huiza^{1b},
Edwin Llamoca Dominguez^{1c}, Diana Choquecahua Mamani^{1d}, Kristy Otero Nole^{1e}

RESUMEN

Las cáscaras de frutas contienen celulosa. Se recogieron residuos de cáscara de tuna proveniente de la Asociación Pioneros de San Cristóbal del distrito de San Cristóbal y corona de piña de la variedad Golden proveniente de la feria Santa Fortunata del distrito de Moquegua. Las muestras fueron trasladadas a los laboratorios de Ingeniería Agroindustrial y Ambiental de la Universidad José Carlos Mariátegui, posteriormente fueron secadas en secadores solares, se molieron con un molino manual de granos, se pasaron por un tamiz de malla N° 50 ASTM (0,297 mm de abertura). Extracción de celulosa: Para las pruebas se utilizó un diseño factorial 2³ con tres puntos centrales haciendo un total de 11 pruebas. El rendimiento en celulosa se evaluó después de la eliminación de la lignina con diferentes porcentajes de hidróxido de sodio, temperaturas y tiempos, seguidamente fueron lavados con agua, secados en estufa y a medio ambiente. El estudio demostró la extracción de celulosa a partir de residuos de cáscara de tuna y corona de piña los cuales fueron influenciadas por el porcentaje de hidróxido de sodio (p=0,05). Los mejores resultados en rendimiento de celulosa a partir de la cáscara de tuna se logran cuando el porcentaje de hidróxido, temperatura y tiempo disminuyen y en la corona de piña cuando se eleva la temperatura y disminuyen el porcentaje de hidróxido de sodio y tiempo.

Palabras clave: Residuos orgánicos, cáscara de tuna, corona de piña y celulosa.

CELLULOSE EXTRACTION FROM TUNA SHELL AND PINEAPPLE CROWN

RESUMEN

Fruit peels contain cellulose. Tuna peel residues were collected from the Pioneer Association of San Cristóbal in the San Cristóbal district and pineapple wreath of the Golden variety from the Santa Fortunata fair in the Moquegua district. The samples were transferred to the Agroindustrial and Environmental Engineering laboratories of the José Carlos Mariátegui University, later they were dried in solar dryers, they were milled with a manual grain mill, they were passed through a mesh screen No. 50 ASTM (0.297 mm of opening). Pulp extraction: For the tests, a 2³ factorial design with three central points was used, making a total of 11 tests. The cellulose yield was evaluated after the removal of lignin with different percentages of sodium hydroxide, temperatures and times, then they were washed with water, dried in an oven and in the environment. The study demonstrated the extraction of cellulose from residues of prickly pear peel and pineapple crown which were influenced by the percentage of sodium hydroxide (p = 0.05). The best results in cellulose yield from prickly pear peel are achieved when the percentage of hydroxide, temperature and time decrease and in the pineapple crown when the temperature rises and the percentage of sodium hydroxide and time decrease.

Keywords: Organic waste, prickly pear peel, pineapple crown, cellulose.

¹ Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua

a Dr. En Ciencias Ambientales. Docente contratado de la Investigador principal del proyecto. Email: efrennn@hotmail.com

b Dra. En Contabilidad. Docente ordinario principal, Co-investigadora del proyecto. Email: doramh67@hotmail.com

c Ing. Químico. Técnico del proyecto

d Bachiller en Ingeniería Ambiental, Tesista

e Bachiller en Ingeniería Ambiental, Tesista

INTRODUCCIÓN

La humanidad genera grandes volúmenes de residuos y crea uno de los mayores problemas del planeta⁽¹⁾. Los residuos industriales siguen convirtiéndose en un gran problema no sólo ambiental sino económico, ya que las mismas empresas tienen que asumir altos costos de disposición de éstos⁽²⁾. Los residuos agroindustriales son un tipo de biomasa generada principalmente por el procesamiento de materiales orgánicos, que provienen del manejo de animales, cultivo de plantas y procesamiento de frutas y verduras^(3,4).

El aprovechamiento integral de las frutas es un requerimiento y a la vez una demanda que deben cumplir los países que desean implementar las denominadas “tecnologías limpias” o “tecnologías sin residuos” en la agroindustria. De tal modo que todas aquellas fracciones del fruto, tales como: cáscaras, semillas, corazones y los extremos o coronas, no resulten agravantes para el beneficio económico de las empresas y mucho menos para el ambiente⁽⁵⁾.

Numerosas frutas tienen envolturas denominadas cáscaras que luego de ser aprovechadas se descartan como la naranja, sandía, tuna, piña, plátano, etc. La tuna (*Opuntia* spp.) puede ser blanca, púrpura, roja, anaranjada o amarilla, con diferencias físicas y químicas⁽⁶⁾ según Ochoa y Guerrero en 2012 reportaron que la tuna roja San Martín tuvo un peso entero de 99,75g (100 %) y su cáscara 47,53g (47,65 %)⁽⁷⁾. La piña (*Ananas comosus* L. Merrill) es nativa de las regiones tropicales y subtropicales de América del Sur, pertenece a la familia de las bromeliáceas, del orden Bromeliales y a la especie *Ananas comosus*.celulosa⁽⁸⁾. La piña es una de las frutas más importantes por su demanda en el mercado mundial⁽⁹⁾. Según el Ministerio de Agricultura y Riego reportan que en el Perú de enero a febrero del 2019 se produjo 104 700 ton de piña y 26 500 ton de tuna⁽¹⁰⁾.

La celulosa es el biopolímero más abundante de fuente renovable en la naturaleza y posee características únicas que la hacen esencial para la vida, ya que se presenta como fibra en un gran número de estructuras^(11,12). La celulosa también está presente en las

especies vegetales que hacen parte del consumo humano⁽¹³⁾.

Los residuos generados por envases de alimentos, en las últimas tres décadas a nivel mundial, se ha incrementado a 1 300 millones de toneladas⁽¹⁴⁾. El reciclado es y será una solución de los residuos generados⁽¹⁵⁾. Los bioplásticos y empaques biodegradables⁽¹⁶⁾ son alternativas amigables con nuestro ambiente.

La contaminación de los residuos sólidos orgánicos (RSO) por su mal manejo conlleva a buscar nuevas formas o métodos que permitan aprovecharla como es el caso de la presente investigación donde se extrae celulosa a partir de los residuos de cáscara de tuna y corona de piña para la elaboración de envases biodegradables.⁽¹⁷⁾

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en los laboratorios de Ingeniería Agroindustrial y Ambiental de la Universidad José Carlos Mariátegui. Tratamiento a las muestras: Se utilizaron muestras de cáscara de tuna proveniente de la Asociación Pioneros de San Cristóbal del distrito de San Cristóbal y corona de piña de la variedad Golden proveniente de la feria Santa Fortunata del distrito de Moquegua, los residuos fueron trasladados en sacos tejidos de polipropileno rehusados de 50kg de capacidad, la humedad inicial se determinó en estufa a 105 °C por 5 h donde la cáscara de tuna tuvo 82,90% y la corona de piña 88,12 %; posteriormente fueron secadas en un secador solar al ambiente hasta peso constante, la humedad final de 6,09 % ± 0,1% fue determinada en estufa a 105 °C por 5 h. Las muestras secadas se molieron con un molino industrial, modelo K812 de marca HL en acero inoxidable, se pasó por un tamiz N° 50 de acero inoxidable de marca ADVANTECH. Extracción de celulosa: Para las pruebas se utilizó un diseño factorial 2³ con tres puntos centrales haciendo un total de 11 pruebas para extraer celulosa de cáscara de tuna y 11 pruebas para extraer celulosa de corona de piña⁽¹⁸⁾ (anexo, foto 3), se pesó con balanza analítica digital 80,00 g de polvo de cáscara de tuna y 40,00 g de polvo de corona de piña por tratamiento.

La deslignificación se realizó con soluciones de hidróxido de sodio químicamente puro al 10, 15 y 20 % durante 72 h en vasos recipitados de vidrio de 1L a temperatura de trabajo Posteriormente se realizó un tratamiento térmico con baño maría a 70, 80 y 90 °C con tiempos de 2; 3,5 y 5 h^(11,19,20), se dejaron enfriar 1 h, se pesaron telas de algodón bombasí de 30x30 cm el cual se usó para filtrar con la adición de agua potable eliminando la lignina y el hidróxido de sodio, posteriormente se secó en estufa a 50 °C durante 10 h al ambiente hasta peso constante, se determinó la humedad en estufa a 105 °C por 5 h el cual fue de 6,85 % +/- 0,3%. Las muestras fueron pesadas en balanza analítica⁽¹⁾ determinándose el rendimiento en celulosa con la siguiente formula:

$$\text{Rendimiento de celulosa (\%)} = X/(P) \times 100$$

Donde X es la cantidad de celulosa (g), y P es la cantidad inicial de la muestra en polvo (g).

El análisis estadístico se realizó con el software Statgraphics Plus Centurion XVI. Las diferencias significativas ($p < 0,05$) fueron por cada variable e interacción mediante un análisis de varianza y se obtuvo modelos matemáticos⁽²¹⁾.

RESULTADOS

Efecto del porcentaje de hidróxido de sodio, temperatura y tiempo en la extracción de celulosa de cáscara de tuna.

La tabla 1 muestra los resultados de los rendimientos de celulosa de cáscara de tuna (%) los cuales estuvieron entre 8,06 a 11,90 %.

Tabla 1 Rendimiento de celulosa: Cáscara de tuna (%)

Tratamiento	Hidróxido de sodio (%)	Temperatura (°C)	Tiempo (h)	Rendimiento (%)
T1	10	70	2	11.8999
T2	20	70	2	8.0624
T3	10	90	2	11.5873
T4	20	90	2	8.2125
T5	10	70	5	11.4000
T6	20	70	5	7.9875
T7	10	90	5	11.5375
T8	20	90	5	8.8500
T9	15	80	3.5	9.2125
T10	15	80	3.5	9.0250
T11	15	80	3.5	8.8749

El análisis de varianza del rendimiento de celulosa de cascara de tuna (tabla 2) indica que solo el hidróxido de sodio influye sobre la extracción de celulosa ($p=0,0023$).

Tabla 2 Análisis de varianza del rendimiento de celulosa de cascara de tuna

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Hidroxido de sodio (%)	22.1522	1	22.1522	47.86	0.0023
B:Temperatura (°C)	0.0876758	1	0.0876758	0.19	0.6859
C:Tiempo	0.0000208013	1	0.0000208013	0.00	0.9950
AB	0.176329	1	0.176329	0.38	0.5705
AC	0.154651	1	0.154651	0.33	0.5942
BC	0.168926	1	0.168926	0.36	0.5784
Error total	1.85148	4	0.462871		
Total (corr.)	24.5913	10			

El análisis de varianza del rendimiento de celulosa de cascara de tuna (tabla 2) tiene asociado un modelo lineal que explica la variabilidad del rendimiento de celulosa de cáscara de tuna en un nivel dado por el coeficiente de determinación ajustado (81,18 %) y que permite la predicción y optimización de la variable respuesta. La ecuación del modelo ajustado en el experimento es el siguiente:

$$\text{Rendimiento de celulosa (\%)} = 21,0951 - 0,635232 * \text{Hidróxido de sodio (\%)} - 0,0679763 * \text{Temperatura (°C)} - 1,052 * \text{Tiempo} + 0,00296925 * \text{Hidróxido de sodio (\%)} * \text{Temperatura (°C)} + 0,0185383 * \text{Hidróxido de sodio (\%)} * \text{Tiempo} + 0,0096875 * \text{Temperatura (°C)} * \text{Tiempo}$$

Usando el módulo de optimización del software utilizado para el análisis de los resultados, se encontró que la variable respuesta (rendimiento de celulosa) permite lograr un valor máximo de 11,69 % cuando los factores se trabajan en los siguientes niveles:

- Hidróxido de sodio (%): 10%
- Temperatura: 70 °C
- Tiempo: 2 h

La superficie de respuesta estimada con estas condiciones de operación es la mostrada en la figura 1. Se nota que los mejores resultados en

rendimiento de celulosa se logran cuando el porcentaje de hidróxido, temperatura y tiempo disminuyen.

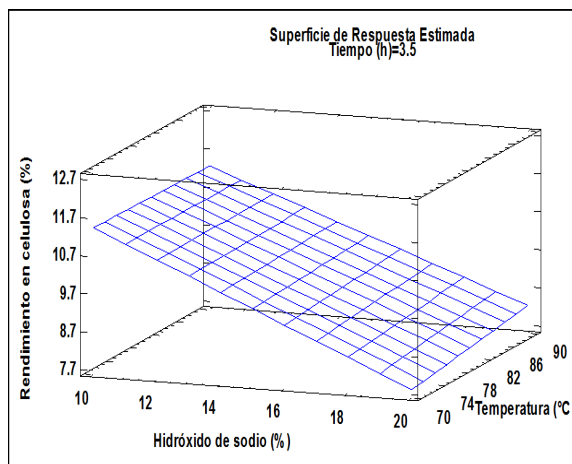


Figura 1. Superficie de respuesta de las variables hidróxido de sodio (%), temperatura (°C) y tiempo (h) sobre el rendimiento de celulosa de cáscara de tuna (%)

Efecto del porcentaje de hidróxido de sodio, temperatura y tiempo en la extracción de celulosa de corona de piña

La tabla 3 muestra los resultados de los rendimientos de celulosa de corona de piña (%) los cuales estuvieron entre 19,65 a 37,70 %.

Tabla 3. Rendimiento de celulosa: Corona de piña (%)

Tratamiento	Hidróxido de sodio (%)	Temperatura (°C)	Tiempo (h)	Rendimiento (%)
T1	10	70	2	25,7315
T2	20	70	2	26,5220
T3	10	90	2	37,7018
T4	20	90	2	26,7989
T5	10	70	5	30,6838
T6	20	70	5	23,5606
T7	10	90	5	24,9888
T8	20	90	5	19,6514
T9	15	80	3.5	24,8997
T10	15	80	3.5	25,8730
T11	15	80	3.5	25,2724

El análisis de varianza del rendimiento de celulosa de corona de piña (tabla 4) indica que el hidróxido de sodio (p=0,0410) y la interacción temperatura y tiempo (p=0,0451) influyen sobre la extracción de celulosa.

Tabla 4. Análisis de varianza del rendimiento de celulosa de corona de piña.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Hidroxido de sodio (%)	63.6925	1	63.6925	8.84	0.0410
B:Temperatura (°C)	0.873181	1	0.873181	0.12	0.7453
C:Tiempo	39.9153	1	39.9153	5.54	0.0782
AB	12.2701	1	12.2701	1.70	0.2619
AC	0.689255	1	0.689255	0.10	0.7726
BC	59.6855	1	59.6855	8.28	0.0451
Error total	28.8242	4	7.20606		
Total (corr.)	205.95	10			

El análisis de varianza del rendimiento de celulosa de corona de piña (tabla 4) tiene asociado un modelo lineal que explica la variabilidad del rendimiento de celulosa de cáscara de tuna en un nivel dado por el coeficiente de determinación ajustado (65,01 %) y que permite la predicción y optimización de la variable respuesta. La ecuación del modelo ajustado en el experimento es el siguiente:

$$\text{Rendimiento de celulosa (\%)} = -45,2135 + 1,55417 * \text{Hidróxido de sodio (\%)} + 1,0419 * \text{Temperatura (°C)} + 13,6655 * \text{Tiempo} - 0,024769 * \text{Hidróxido de sodio (\%)} * \text{Temperatura (°C)} - 0,0391367 * \text{Hidróxido de sodio (\%)} * \text{Tiempo} - 0,182095 * \text{Temperatura (°C)} * \text{Tiempo}$$

Usando el módulo de optimización del software

utilizado para el análisis de los resultados, se encontró que la variable respuesta (rendimiento de celulosa) permite lograr un valor máximo de 35,58 % cuando los factores se trabajan en los siguientes niveles:

- Hidróxido de sodio (%): 10 %
- Temperatura: 90 %
- Tiempo: 2 h

La superficie de respuesta estimada con estas condiciones de operación es la mostrada en la figura 2. Se nota que los mejores resultados en rendimiento de celulosa se logran cuando se eleva la temperatura y disminuyen el porcentaje de hidróxido de sodio y tiempo.

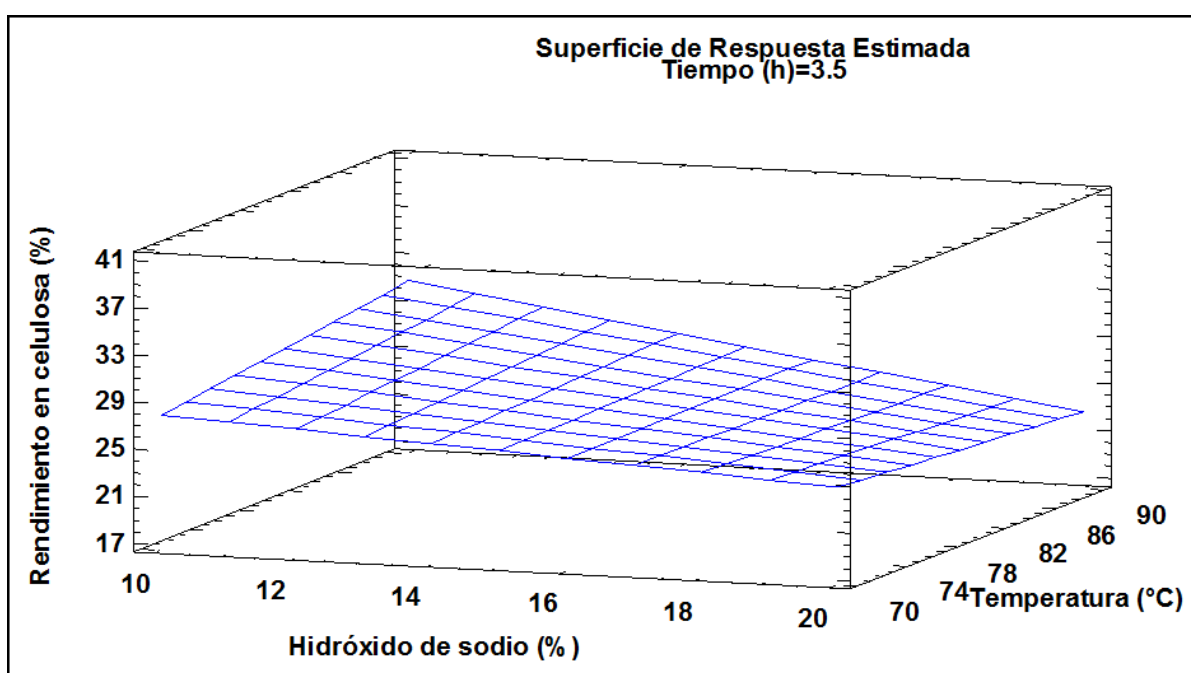


Figura 2. Superficie de respuesta de las variables hidróxido de sodio (%), temperatura (°C) y tiempo (h) sobre el rendimiento de celulosa de corona de

DISCUSIÓN

Los residuos sólidos orgánicos contienen variables porcentajes de celulosa⁽¹³⁾, en el presente trabajo se obtuvo entre 8,06 a 11,90 % de celulosa extraída de la cascara de tuna de acuerdo al diseño experimental y mediante el software un valor máximo de 12 %. Estos rendimientos en celulosa son bajos comparados a otros estudios. El contenido de celulosa que se encontró en la cáscara de tuna fue de 27%⁽²²⁾. Del mismo modo otros autores obtuvieron un rendimiento de celulosa de 48 % a partir del bagazo de caña⁽¹⁾. Así mismo el porcentaje promedio de celulosa que se obtuvo fue de 45,96 % sin tener en cuenta el tamaño de la partícula de celulosa proveniente de residuos de la industria del mueble⁽²⁴⁾. El hidróxido de sodio tuvo influencia en el rendimiento en celulosa de la cascara de tuna coincidiendo con otros autores que indicaron que las condiciones del proceso de pH y concentración de NaOH afectan el rendimiento de celulosa de desechos agrícolas del banano⁽¹⁹⁾.

Se obtuvo celulosa de corona de piña entre 19,65 a 37,70 %. Nuestros resultados mostraron rendimientos similares a otros autores. Reportaron resultados similares de 25 a 28 % de celulosa extraída de la corona de piña⁽¹³⁾.

CONCLUSIONES

El estudio demostró la extracción de celulosa a partir de residuos de cáscara de tuna y corona de piña los cuales fueron influenciadas por el porcentaje de hidróxido de sodio ($p=0,05$). Los mejores resultados en rendimiento de celulosa a partir de la cáscara de tuna se logran cuando el porcentaje de hidróxido,

temperatura y tiempo disminuyen y en la corona de piña cuando se eleva la temperatura y disminuyen el porcentaje de hidróxido de sodio y tiempo.

Los rendimientos de los contenidos de celulosa de la corona de piña fueron superiores a la cáscara de tuna y podrían ser aprovechados para la elaboración envases biodegradables reemplazando a los plásticos y se convertiría en una solución para la disposición final de los residuos generados en ciudades como Moquegua.

Recomendaciones

Evaluar el uso de hidróxido de sodio a granel para la extracción de celulosa a partir de la cáscara de tuna, corona de piña y otros residuos orgánicos.

Conflicto de interés

Los autores indican no tener conflicto de interés

Agradecimientos

Esta investigación ha sido financiada por el Proyecto Concytec - Banco Mundial, a través de su unidad ejecutora Fondecyt, según Contrato N°005-2018-FONDECYT-BM-IADT-SE, con el objetivo de elaborar empaques biodegradables.

Al Instituto Tecnológico de Producción (ITP) sede Ilo-Moquegua por el préstamo de los secadores solares.

A la contadora Lys Catacora Marca coordinadora del proyecto por todo el apoyo prestado para culminar la investigación.

BIBLIOGRAFIA

- Bolio López GI. Obtención de Celulosa a Partir de Bagazo de Caña de Azúcar (*Saccharum spp.*). *Agroproductividad*. 2016; 9(7): p. 43. <https://www.researchgate.net/publication/306031507>
- Yepes SM, Montoya Naranjo LJ, Orozco Sánchez F. Valorización De Residuos Agroindustriales - Frutas- En Medellín Y El Sur Del Valle Del Aburrá, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*. 2008 Junio 1; 61(1): p. 4422-4431.
- Bolio López GI, VGA, VL, & AA. Whiskers de celulosa a partir de residuos agroindustriales de banano: Obtención y caracterización. *Revista Mexicana de Ingeniera Química*. 2011; 10(2): p. 291-299. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmiq/v10n2/v10n2a13.pdf>
- Rojas González A, Flórez-Montes C, López-Rodríguez DF. Use prospects of some agroindustrial waste. 2018 Oct 25. <http://scielo.sld.cu/pdf/ind/v31n1/2224-5421-ind-31-01-31.pdf>
- López Orozco M, Mercado

- Flores J, Martínez Soto G, Magaña Ramírez JL. Formulación de una mermelada a partir de pulpa y cáscara de tunas (*Opuntia* spp.) elaborada a nivel planta piloto. 2011. <https://doi.org/10.15174/au.2011.33>
6. Zenteno Ramírez G, Juárez Flores , Aguirre Rivera JR, Ortiz Pérez D, Zamora Pedraza C, Rendón Huerta A. Evaluación de azúcares y fibra soluble en el jugo de variantes de tunas (*Opuntia* spp.). *Agrociencia*. 2015 Enero; 49(2): p. 141–152.
 7. Ochoa CE, Guerrero J. Efecto del almacenamiento a diferentes temperaturas sobre la calidad de tuna roja (*Opuntia ficus indica* (L.) Miller). *Informacion Tecnologica*. 2012; 23(1): p. 117–128. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642012000100013>
 8. Espinosa Rodríguez CJ, Nieto Angel D, De Leon Garcia de Alba C, Villegas Monter A, Aguilar Pérez LA, Ayala Escobar V. Etiología de la pudrición del cogollo de la piña (*Ananas comosus*. L. Merrill) cultivar MD2 en Isla. *Revista mexicana de fitopatología*. 2015.
 9. Borbor M, Rodríguez JR, Urcia M, Cedano C, Zavaleta J. Influence of vegetative seed from plantations of different age, on growth, yield and fruit quality of pineapple 'Roja Trujillana' variety. *Scientia Agropecuaria*. 2018; 9(2): p. 209–214. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.02.05>
 10. Albújar Ramirez E, León Hinojosa C, Casimiro Casimiro M, Paredes J, Mendieta Pino J, Sihuas Meza A. Boletín estadístico mensual de la producción agrícola y Ganadera. Boletín estadístico mensual: El Agro en Cifras. 2019 Febrero. <http://siea.minagri.gob.pe/siea/sites/default/files/boletin-estadistico-mensual-el-agro-en-cifras-feb19-170419.pdf>
 11. Bernal Portilla NB. Obtención De Celulosa Industrial a Partir Del Linter De Algodon. Repositorio Institucional - UNI Ingeniería. 1980. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1414>
 12. Robles M. N, Saucedo Corona AR, Delgado F. , Sanjuán D. , Turrado S. J. Efecto de las microfibras de celulosa sobre papel con alto contenido de fibra reciclada. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 2014 Agosto; 5(24): p. 70–79. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322014000400007&lng=es&nrm=iso&tlng=es
 13. Gonzalez Velandia KD, Daza Rey D, Caballero Amado PA, Martínez González C. Evaluación de las propiedades físicas y químicas de residuos sólidos orgánicos a emplearse en la elaboración de papel. *Luna Azul*. 2016; 43(43): p. 499–517. <https://doi.org/10.17151/luaz.2016.43.21>
 14. López S, G. S, Chuquizuta TS. Evaluación de la vida útil de dos frutas usando un envase biodegradable de yuca (*Manihot esculenta*). *Revista de Investigaciones Altoandinas*. 2017; 19 (4): p. 373–380.
 15. Valero Valdivieso VV, Ortegón Y, Uscategui Y. *Biopolímeros*. 2013 Octubre..
 16. Navia Porras DP, Villada Castillo HS. Impacto de la investigación en empaques biodegradables en ciencia, tecnología e innovación. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 2013 Diciembre; 11: p. 173–182.
 17. Quispe Limaylla. El valor potencial de los residuos sólidos orgánicos, rurales y urbanos para la sostenibilidad de la agricultura. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 2015-2018 Jan 10; 6(1): p. 83.
 18. Correa Espinal AA, Cogollo Florez JM, Salazar Lopez JC. Evaluación del efecto de la conducción eficiente en el consumo de combustible en vehículos de transporte de carga pesada usando diseño de experimentos. *Producción + Limpia. Revista P+L*. 2010; 5(1): p. 95-104.
 19. Canché Escamilla G, DLSHJM, ACS, & GCR. Obtención de Celulosa a Partir de los Desechos Agrícolas del Banano. In *Informacion Tecnologica*. 2005; 16(1): p. 83–88. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642005000100012>
 20. Chambi Quispe GyCCV. Universidad Nacional Del Altiplano. Universidad Nacional Del Altiplano; 2012. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3397/Chambi_Quispe_Gloria_Cancapa_Caceres_Vanessa.pdf?sequence=1&isAllowed=y
 21. Zegada Franco VY. Extracción de pectina de residuos de cáscara de naranja por hidrólisis ácida asistida por microondas (HMO). , Centro de Investigaciones de Procesos Industriales (CIPI); 2015. <https://www.redalyc.org/pdf/835/83521270004.pdf>
 22. Habibi Y, HA, MM, & VMR. Structural features of pectic polysaccharides from the skin of *Opuntia ficus-indica* prickly pear fruits. *Carbohydrate Research*. 2004; 339(6): p. 1119–1127. <https://doi.org/10.1016/j.carres.2004.02.005>
 23. Hernao LV, Rojas ID, Giraldo GA. Cuantificación de celulosa proveniente de residuos de la industria del mueble. *Redalyc*. 2009 Diciembre; 8: p. 22-28. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=231116390003>

Correspondencia: Efren Chaparro Montoya.

Dirección: Universidad José Carlos Mariátegui. Moquegua, Ciudad Universitaria; Moquegua 18001 – Perú
Correo electrónico: efrennn@hotmail.com