



ConBRepro

X CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



02 a 04
de dezembro 2020

Obtención de acetato de celulosa a partir de papel reciclado: una alternativa para la producción de acetato de celulosa en Colombia

Karen Stefanny Caballero Gonzalez

Facultad de Ingeniería – Universidad Francisco de Paula Santander. karenstefannycg@ufps.edu.co

William Alonso Patiño Suarez

Facultad de Ingeniería – Universidad Francisco de Paula Santander. williamalonsops@ufps.edu.co

Breyner Alexis Alvarado Torres

Facultad de Ingeniería – Universidad Francisco de Paula Santander. breyneralexisat@ufps.edu.co

John Wilmer Parra Llanos

Facultad de Ciencias Básicas – Universidad Francisco de Paula Santander. johnwilmerpl@ufps.edu.co

Dora Cecilia Rodriguez Ordoñez

Facultad de Ciencias Básicas – Universidad Francisco de Paula Santander. doraceciliaro@ufps.edu.co

Resumen: El papel es un material constituido por pulpa de celulosa, fibras vegetales y agua. Es uno de los materiales que tiene mayor potencial de aprovechamiento y cuyo reprocesamiento requiere menos energía y causa menos emisiones en su fabricación. Algunas alternativas de aprovechamiento del papel desechado son la obtención de energía por medio de su incineración y elaboración de madera sintética, la cual consiste en una mezcla con productos plásticos. El reciclaje del papel es extremadamente importante no solo para la preservación del medio ambiente, sino también desde el punto de vista económico, al agregar valor al papel reciclado. El acetato de celulosa es uno de los derivados más importantes de la celulosa, que pueden ser producidos a través de rutas heterogéneas y homogéneas. El acetato de celulosa es utilizado en fibras y textiles, marcos de anteojos, herramientas y telas absorbentes, entre otros usos. En Colombia no se produce acetato de celulosa comercial, debido a esto es necesario importarlo lo cual incrementa su valor. Por esto, se hace necesario el desarrollo alternativas para la obtención de este material, que disminuya su costo y el consumo madera, que es la materia prima tradicional. La obtención de acetato de celulosa a partir de papel reciclado, es una opción que se presenta para el aprovechamiento de este residuo. Este trabajo presenta una revisión del método tradicional para la obtención de acetato de celulosa y plantea al papel reciclado como una alternativa para la producción de acetato de celulosa en Colombia.

Palavras-chave: Acetato de celulosa, papel, resíduos agroindustriales.

Obtaining cellulose acetate from recycled paper: an alternative for the production of cellulose acetate in Colombia

Abstract: Paper is a material made up of cellulose pulp, vegetable fibers and water. It is one of the materials that has the greatest potential for use and whose reprocessing requires less energy and causes fewer emissions in its manufacture. Some alternatives for the use of discarded paper are obtaining energy through its incineration and production of synthetic wood, which consists of a

mixture with plastic products. The recycling of paper is extremely important not only for the preservation of the environment, but also from an economic point of view, by adding value to recycled paper. Cellulose acetate is one of the most important derivatives of cellulose, which can be produced through heterogeneous and homogeneous routes. Cellulose acetate is used in fibers and textiles, eyeglass frames, tools, and absorbent fabrics, among other uses. In Colombia, commercial cellulose acetate is not produced, due to this it is necessary to import it, which increases its value. For this, it is necessary to develop alternatives to obtain this material, which reduces its cost and the consumption of wood, which is the traditional raw material. Obtaining cellulose acetate from recycled paper is an option that is presented for the use of this waste. This work presents a review of the traditional method for obtaining cellulose acetate and proposes recycled paper as an alternative for the production of cellulose acetate in Colombia.

Keywords: Cellulose acetate, paper, agroindustrial waste.

1. Introducción

La celulosa es de lejos la materia orgánica más abundante en la naturaleza, está compuesta principalmente por derivados de la biomasa. La principal fuente de celulosa existente es el material lignocelulósico proveniente de la madera ubicada en bosques, siendo estos considerados la fuente más importante. Otras fuentes de celulosa incluyen los residuos agrícolas, residuos de plantas y pastos (AHMED, *et al.*, 2005, p. 612). Desde el punto de vista industrial la celulosa, es el biopolímero más común y ha sido utilizado durante siglos por la sociedad, se estima que se procesan a nivel global 6.000 millones de toneladas cada año de este biopolímero para la producción de papel, textiles y otros materiales (SIMON, *et al.*, 1998, p. 107).

Ante la problemática actual por la que atraviesa el mundo debido a la contaminación generada por el aumento de residuos sólidos, como consecuencia de la creciente demanda de productos elaborados a partir de pasta de celulosa entre ellos el papel. El papel es actualmente un producto de primera necesidad donde su uso inadecuado y la falta de tecnologías para ser recuperado lo convierten en una amenaza potencial para el medio ambiente (LIZCANO; TORRES, 2010, p. 19). Para el año 2017 en Colombia el consumo de pulpa de papel fue de 593.252 toneladas, mientras que de papel y cartón fueron 1.650.537 toneladas, un consumo por habitante de 33 kg (ANDI, 2017). Este crecimiento sostenido se debe fundamentalmente a su demanda para la elaboración de empaques, propaganda e informática y al incremento en el consumo de papeles sanitarios y de uso doméstico. En consecuencia, la fabricación de pulpa y papel es en la actualidad uno de los sectores industriales más importantes en el mundo, y ha transformado su producto al estatus de "commodity". A mediados del siglo XX, el mundo mostró un creciente interés por la reutilización de elementos a base de fibras vegetales como papel y cartón, para evitar el uso excesivo de materiales de madera tradicionales. Esta fue una acción a la reducción acelerada de las reservas forestales del mundo. La devastación masiva y la degradación ambiental han inspirado el nacimiento de una conciencia ambiental global (QUEBEDO, 2002; LINBACHIYA; ROBERTS, 2004).

El acetato de celulosa es uno de los derivados más importantes de la celulosa, que pueden ser producidos a través de rutas heterogéneas y homogéneas. La diferencia entre estas, es que en la ruta heterogénea es un agente no hinchable, tal como el tolueno, que se utiliza produciendo un efecto más cristalino y menos biodegradable que el producido a través de la ruta homogénea (SASSI; CHANZY, 1995). El acetato de celulosa se aprovecha comúnmente en fibras y textiles, marcos de anteojos, herramientas, medios fílmicos, telas absorbentes, etc. En Colombia no se produce acetato de celulosa comercial, debido a esto es necesario importarlo lo cual incrementa su valor. Por esto, se hace necesario el desarrollo alternativas para la obtención de este material, que disminuya su costo y el consumo madera, que es la materia prima tradicional (CARREÑO; MURCIA, 2005, p. 25).

El objetivo de este artículo es hacer una revisión de los métodos tradicionales utilizados para la obtención del acetato de celulosa y presentar el papel reciclado como una posible alternativa para la obtención del acetato de celulosa en Colombia ya que este se importa de países como España y Estados Unidos, lo que incrementa su valor para la industria colombiana.

2. Celulosa e impacto ambiental

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, además de que su aplicación es amplia, desde elementos de construcción hasta papeles especiales. La tendencia de investigación actual sobre fibras de celulosa se enfoca en los atributos de los materiales con dimensiones micro y nanométricas, debido a su comportamiento estructural y aplicaciones diversas (TURRADO *et al.*, 2008; TEJADO, *et al.*, 2012). La producción de papel está soportada principalmente en la madera debido a su alto contenido de celulosa. Sin embargo, actualmente se buscan fuentes alternativas que desestimulen el uso de este recurso favoreciendo la protección de los bosques (GONZÁLEZ, *et al.*, 2016).

Un total de 76 países han perdido ya todos sus bosques primarios y otros once pueden perderlos en los próximos años. El 78% de los bosques primarios han sido ya destruidos y el 22% restante están amenazados. Las causas de esta crisis son diversas y complejas: el avance de la frontera agrícola, la ganadería, la minería, los grandes embalses, la construcción de carreteras y pistas forestales, el crecimiento demográfico y el cambio climático. Pero también la demanda internacional de papel y madera, esto es, la explotación forestal industrial, aparece entre las causas de la pérdida de los bosques. En algunas regiones además, esta explotación es frecuentemente ilegal (PÉREZ; SOTO, 2005).

2.1 Papel

Desde tiempos milenarios la fabricación de papel ha sido ejercida de diversas maneras convirtiéndola en una actividad económica tradicional y representativa. El American Paper Institute (2013) afirma que existen fábricas de papel en más de 100 países repartidos por todo el mundo, y que emplea a más de 3,5 millones de personas. Los mayores productores son Estados Unidos, Canadá, Japón, China, Finlandia, Suecia, Alemania, Brasil y Francia, todos ellos con cifras superiores a 10 millones de toneladas de producción anual (GÓMEZ, *et al.*, 2014).

En Colombia se produce alrededor de 1,2 millones de toneladas de papel y cartón al año, y más de 422.000 toneladas de pulpa, de acuerdo un reciente informe de la ANDI (Asociación Nacional de Empresarios de Colombia). Esta producción abastece el 87% de la demanda nacional y una parte es exportada, principalmente a los mercados vecinos de América Latina, pero también a Europa e incluso Asia, en pequeñas cantidades. Actualmente es posible producir papel, cartón y sus derivados a partir de los procesamientos de tres tipos de material: productos reciclados, fibra virgen proveniente de árboles y bagazo de caña de azúcar (EL PORTAFOLIO, 2018).

3. Acetato de celulosa

La celulosa es un polímero natural y fuente abundante de carbono renovable en la Tierra, y se considera una alternativa renovable de combustibles fósiles a largo plazo. La conversión de la celulosa en ésteres y éteres de celulosa de alto valor han ganado una

atención significativa en los campos de la química verde y sostenible, y ha proporcionado el desarrollo de tecnologías ambientales amigables (ORTEGA; RODRIGUEZ, 2019, p. 23).

El acetato de celulosa es un compuesto orgánico y sintético que se puede obtener en estado sólido como copos, escamas o polvo de color blanco. Su fórmula molecular es $C_{76}H_{114}O_{49}$. El acetato de celulosa se fabricó por primera vez en París, en el año de 1865 por Paul Schützenberger y Laurent Naudin, tras acetilar la celulosa con el anhídrido acético, obtuvieron así uno de los ésteres de celulosa más importantes de todos los tiempos (BECHARD, 1995). El acetato de celulosa es uno de los ésteres más importantes de la celulosa debido a su fuente renovable, biodegradabilidad, no toxicidad, bajo costo y muy baja propiedad de inflamabilidad (ORTEGA; RODRIGUEZ, 2019, p. 23). Se desarrolló durante la Primera Guerra Mundial ante la necesidad de sustituir un material altamente explosivo como lo era el nitrato de celulosa. Las primeras investigaciones se realizaron al estudiar los acabados de las alas de las avionetas, pero fue preparado por primera vez por Schutzenberger en 1865 calentando algodón con anhídrido acético a altas temperaturas (entre 130-140 °C). En 1894, Cross y Bevan, descubrían un proceso más práctico donde la acetilación se llevaba a cabo a presión atmosférica utilizando ácido sulfúrico o cloruro de zinc como catalizadores (PORCEL; ARTETXE, 2016, p.35).

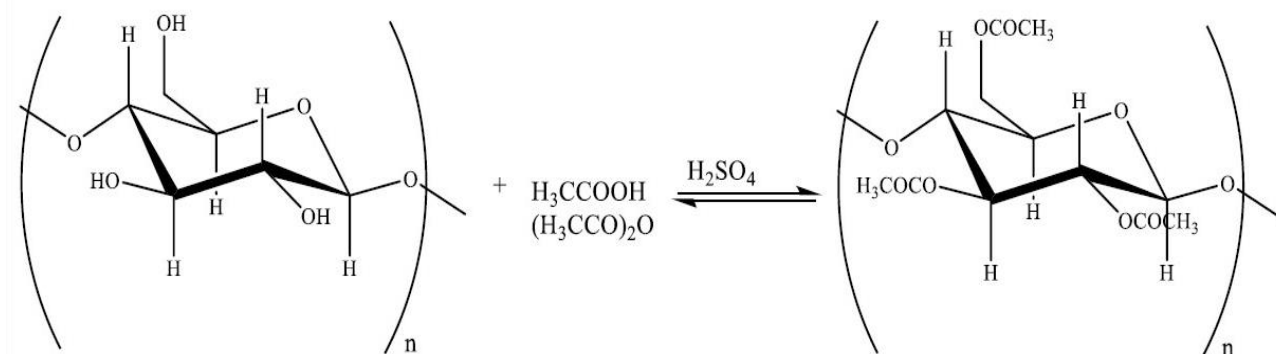
3.1 Propiedades del acetato de celulosa

Las propiedades del acetato de celulosa dependen de la longitud de la cadena de la molécula de celulosa, el grado de acetilación y de la cantidad y el tipo de plastificantes empleados (LÓPEZ, 2012, p. 56). Este material tiene propiedades tan buenas, o casi tan buenas, como las del celuloide, y además cuenta con la ventaja de que se quema con mucha menor facilidad (ASIMOV, 1985). El acetato de celulosa es un polímero termoplástico, es decir, el encadenamiento de los monómeros lleva a largas moléculas lineales, que fluyen bajo ciertas condiciones de temperatura y presión, pero por debajo de dicha temperatura conservan la forma que se les haya dado, en un proceso que puede repetirse indefinidamente (LEDESMA, 2004, p. 34). Es relativamente duro y brillante, incoloro transparente y amorfo con una buena claridad, tiene estabilidad a los rayos UV y resistencia química moderada, tiene un pobre comportamiento como aislante térmico y limitada resistencia al envejecimiento y al calor, siendo atacados por una gran variedad de reactivos y disolventes. Su gran absorción de humedad puede acarrear las usuales dificultades de los cambios dimensionales (LÓPEZ, 2012, p. 56), tiene una densidad que oscila entre 1.2-1,4 g/cm³. Debido a que es un material relativamente barato y resistente, de fácil adquisición y biodegradable es muy usado en diversas áreas tales como filtros, membranas, películas, empaquetamiento, adhesivos, recubrimientos para productos de papel y plásticos, aislante eléctrico y sistemas de liberación de fármacos (SANTOS, 2010, p.31).

3.2 Obtención del acetato de celulosa

El acetato de celulosa se producía originalmente de "linters" (Fibras) de algodón purificado, pero éste ha sido completamente remplazado por la pulpa de madera. Otras materias primas usadas en su manufactura son el ácido acético y el anhídrido acético (SENA, 1980, p.8), en presencia de catalizadores como el ácido sulfúrico, clorhídrico o fosfórico, cloruro de zinc, etc., o sea de electrolitos que con el hinchamiento, tengan como resultado compuestos de adición de la celulosa (BENAVIDES, 2014). Actualmente es obtenido mediante una reacción de acetilación donde se hace reaccionar la celulosa con ácido acético y anhídrido acético en presencia de ácido sulfúrico como se muestra en la siguiente Figura 1 (HERNANDEZ, 2018, p. 40).

Figura 1 - Acetilación de celulosa



Fuente: HERNANDEZ (2018)

La obtención del acetato de celulosa puede llevarse a cabo mediante dos métodos en función del objetivo deseado:

a) *Acetilación Homogénea*: para la obtención de un material termoplástico moldeable, provee la ventaja de un fácil control del grado de sustitución de la muestra, produciendo derivados sustituidos regularmente a lo largo de la cadena del polímero natural, pero los productos obtenidos de estas reacciones no tienen, en la actualidad, la posibilidad de competir comercialmente con los polímeros celulósicos convencionales, debido a que los procesos implicados en su síntesis (activación y disolución) son más costosos, sin contar con que no cumplen con todas las exigencias toxicológicas y ecológicas (RODRIGUES, et al., 2008, p. 75);

b) *Acetilación Heterogénea*: para conseguir la retención de una estructura fibrosa, útil para la industria textil, no incluyen pretratamiento de la materia prima, la irregularidad de la sustitución en los productos obtenidos mediante este proceso podría verse como una desventaja, debido a que los derivados uniformemente sustituidos de celulosa presentan mayor resistencia a la degradación enzimática (ARRANZ, 1999, p. 643).

El proceso industrial más común para la producción de acetato de celulosa lo describe Ruiz (2018), este se realiza en dos etapas: en la primera, se activa la celulosa por hinchazón con una mezcla de ácido sulfúrico y acético. En la segunda etapa se elimina el exceso de ácido acético y se agrega anhídrido acético. El proceso de esterificación lleva al triacetato de celulosa que, por su escasa solubilidad en disolventes como la acetona, tiene pocas aplicaciones técnicas. Si se aplica hidrolisis parcial al triacetato se obtiene acetilcelulosa el cual es soluble en acetona. Tiene gran importancia técnica, ya que ningún otro derivado de la celulosa da tantos productos de alta calidad y diversidad de aplicaciones como los acetatos de celulosa. Además tiene la ventaja de no ser inflamable (MARTÍNEZ, 1972). Comercialmente, el acetato de celulosa se obtiene de la pulpa de madera procesada. La pulpa se procesa usando anhídrido acético para formar hojuelas de acetato de las cuales se fabrican los productos. Otra técnica para producir acetato de celulosa implica el

tratamiento de algodón con ácido acético, usando ácido sulfúrico como catalizador (BENAVIDES, 2014, p. 8).

3.3. Obtención del acetato de celulosa a partir de residuos agroindustriales

Las reacciones de acetilación de celulosa pueden llevarse a cabo mediante dos tipos de procesos: bajo condiciones de soluciones heterogéneas y homogéneas (HEINRICH; MISCHNINCK, 2000) este último tipo de proceso provee la ventaja de un fácil control del grado de sustitución de la muestra por una de origen natural, produciendo derivados sustituidos regularmente a lo largo de la cadena del polímero natural, pero los productos obtenidos de estas reacciones no tienen en la actualidad, la posibilidad de competir comercialmente con los polímeros celulósicos convencionales, debido a que los procesos implicados en su síntesis (activación y disolución) son más costosos, sin contar con que no cumplen con todas las exigencias toxicológicas y ecológicas (ARRANZ, 1999).

Entre los trabajos reportados en la literatura que obtuvieron acetato a partir de residuos agroindustriales tenemos: Ortega y Rodriguez (2019) que demostraron obtener a nivel de laboratorio celulosa que después se sintetizó para formar acetato de celulosa mediante los residuos agro-industriales, específicamente del cultivo y procesamiento de piña. Benavides (2014) quien usando cascarilla de arroz y bagazo de caña de azúcar logró obtener acetato de celulosa y así poder sintetizar membranas por medio del método de inversión de fase. También Meireles *et al.* (2010) obtuvieron membranas asimétricas usando acetato de celulosa de biomasa: papel periódico y semilla de mango, donde reportaron un proceso de acetilación optimizado teniendo un contenido de 3.8% de lignina en su material. En otras investigaciones se han utilizado una gran variedad de materiales lignocelulósicos para la obtención del acetato de celulosa como: algodón puro sin tratar, fibras de lino, bagazo de caña de azúcar, salvado de maíz, salvado de trigo y hojas de banano. El hecho de que la celulosa utilizada en la producción del acetato provenga de materiales naturales como los mencionados anteriormente, significa que viene de una fuente renovable y es biodegradable, cualidades importantes en la industria de hoy (RODRIGUES, *et al.*, 2000; CHAUVELON, *et al.*, 2003; ADEBAJO; FROST, 2004; CARREÑO; MURCIA, 2005).

4. Obtención de acetato de celulosa a partir de papel reciclado

El papel es un material constituido por pulpa de celulosa, fibras vegetales y agua. Es uno de los materiales que tiene mayor potencial de aprovechamiento y cuyo reprocesamiento requiere menos energía y causa menos emisiones en su fabricación. En la actualidad la fabricación y consumo de papel está estrictamente ligado al futuro de los bosques en el mundo. Esta es una problemática que con el tiempo ha ido en aumento, debido al uso desmedido del papel, lo que conlleva a una fuerte contaminación en cuanto a la basura que se genera, puesto que al no ser reutilizado se constituye en un desecho. El reciclaje del papel es extremadamente importante no solo para la preservación del medio ambiente, sino también desde el punto de vista económico, al agregar valor al papel reciclado.

La obtención de acetato de celulosa a partir de éste papel, es una opción que se presenta para su reutilización. Rodrigues *et al.* (2008) reportaron la síntesis de acetato de celulosa a partir de papel periódico reciclado, el cual utilizaron para formar membranas con el mismo material, logrando una estabilidad térmica comparada con las del acetato de celulosa comercial. Carreño y Murcia (2005) usaron materiales celulósicos post-consumo como el aserrín, papel y tela empleándolos como materia prima, para la obtención de acetato de celulosa. En 2010 Lizcano y Torres obtuvieron nitrato de celulosa y acetato de celulosa a partir de papel periódico post-consumo, mediante el cual se determinó la viabilidad de

producción de estos derivados a partir de reacciones de esterificación con reactivos de fácil adquisición comercial.

Conclusiones

Con la presente revisión bibliográfica se ha podido demostrar que es viable obtener acetato de celulosa a partir de papel reciclado. En la literatura se encontraron diversos trabajos donde obtuvieron este biopolímero con buenos rendimientos y con características similares al acetato de celulosa comercial.

El uso de papel post-consumo se muestra como una posible solución a dos problemáticas planteadas anteriormente, por una parte se explora una alternativa para la obtención de acetato de celulosa producto de gran valor a nivel industrial y comercial, de una fuente diferente a las materias primas convencionales (los árboles), que ocasiona la deforestación de los bosques, cuando su uso no se hace de manera controlada; y por otra parte, se daría una posible solución al uso y disposición de las grandes cantidades de papel consumidas anualmente en Colombia, mitigando en parte la afectación que se hace al ambiente.

Referencias

ADEBAJO, O.; FROST, R. Acetylation of raw cotton for oil spill cleanup application: an FTIR and ¹³C MAS NMR spectroscopic investigation. **Spectrochimica Acta Part A**. n.60, p. 2315-2321, 2004.

AHMED, S. M.; AZIZI, F.; DUFRESNE, A. Review of Recent Research into Cellulosic Whiskers, Their Properties and Their Application. **Nanocomposite Field**, pp. 612-626, 2005.

ANDI, Asociación nacional de empresarios de Colombia, **Industria de pulpa, papel y cartón**. Disponible en: <<http://www.andi.com.co/Home/Camara/20-industria-de-pulpa-papel-y-carton>> Acceso en 10 agosto 2020.

ARRANZ, F. Nuevos materiales poliméricos por modificación selectiva de celulosa. **Revista de plásticos modernos**. v.77, p. 641-651, 1999.

ASIMOV, I. **Introducción a la ciencia** (VOL. II). Ediciones Orbis, S. A., 1985.

BECHARD, S.R.; LEVY, L.; CLAS, S. Thermal, mechanical and functional properties of cellulose acetate phthalate (CAP) coatings obtained from neutralized aqueous solutions. **International Journal of Pharmaceutics**. p. 205-213, 1995.

BENAVIDES, T. **Síntesis y caracterización de membranas de acetato de celulosa, obtenidas a partir de desechos agroindustriales**. San Salvador, 84 p., 2014. Trabajo de grado - Universidad de el salvador.

CARREÑO, S.; MURCIA, L. **Obtención de Celulosa a partir de residuos celulósicos Post-consumo**. Bucaramanga, 127 p., 2005. Trabajo de grado - Universidad Industrial de Santander.

CHAUVELON, G.; BULÉON, A.; THIBAUT, J. Preparation of Sulfoacetate derivatives of cellulose by direct esterification. **Carbohydrate Research**. n.338, p. 743-750, 2003.

EL PORTAFOLIO. **Papel y cartón, un negocio que no muere**. Disponible en: <<https://www.portafolio.co/economia/papel-y-carton-un-negocio-que-no-muere-524269>> Acceso en 23 de Agosto 2020.

- GÓMEZ, J. G.; VILLARREAL, M. D.; VILLARREAL, F. M. La cultura empresarial y su relación con los estilos de aprendizaje en la industria de celulosa, cartón y papel en México. **Investigación administrativa**, v.43, n.113, p.7-27, 2014.
- GONZALEZ, K. D; DAZA, D.; CABALLERO, P. A.; CHADAE M. Evaluación de las propiedades físicas y químicas de residuos sólidos orgánicos a emplearse en la elaboración de papel. **Luna Azul**, n.43, p.499-517, 2016.
- HEINRICH, J.; MISCHNICK, P. Determination of the substitution pattern in the polymer chain of the cellulose acetate. **Journal of polymer science**. v. 37, p. 3011-3016, 2000.
- HERNANDEZ, R. **Influencia del método de desengrasado en la extracción de celulosa a partir de la especie Stipa ichu. Preparación de análogos semisintéticos**. Quito, 111p., 2018. Trabajo de grado - Universidad Central Del Ecuador.
- LEDESMA, Q. J. **Preparación y caracterización de Membranas de Intercambio Iónico a partir del anclaje de dendrímeros PAMAM en una base polimérica de Acetato de Celulosa**. Santiago de Querétaro, 140 p., 2004. Trabajo de Maestría - Centro de investigación y desarrollo tecnológico en electroquímica.
- LINBACHIYA, M.; ROBERTS, J. **Construction and demolition waste**. Thomas Telford, London, 2004
- LIZCANO, C.; TORRES, D. **Recuperación de celulosa a partir de papel periódico Post-consumo para la obtención de derivados de celulosa**. Bucaramanga, 91 p., 2010. Trabajo de grado - Universidad Industrial de Santander.
- LÓPEZ, G. **Ventajas y desventajas de los plásticos degradables para su aplicación en la agricultura sustentable o ecológica**. Saltillo, 115p., 2012. Trabajo de especialización - Centro de Investigación en Química Aplicada.
- MARTÍNEZ, P. **Química física de los altos polímeros y materias plásticas**. Madrid: Alambra, 1972.
- MEIRELES, S.; RODRIGUES, F.; FERNANDES, M.; CERQUEIRA, A.; ASSUNÇÃO, N.; RIBEIRO, M.; ZENI, M. Characterization of asymmetric membranes of cellulose acetate from biomass: Newspaper and mango seed. **Carbohydrate Polymers**. v.3, n.80, p.954–96, 2010.
- ORTEGA, G.; RODRIGUEZ, A. Síntesis de acetato de celulosa y rayón a partir de residuos agroindustriales del cultivo y procesamiento de piña. **Revista Teinova**, v.3, p. 22-28, 2019.
- PEREZ, C.; SOTO, M. Á. La Revista Española de Salud Pública se hace amiga de los bosques. **Revista Española de Salud Pública**, v.79, n.1, p. 1-3, 2005.
- PORCEL, A.; ARTETXE, E. Una introducción a los textiles artificiales en las colecciones indumentaria del siglo XX y su conservación. **Ge-conservación**, v. 9, p. 31-44, 2016.
- QUEBEDO, V. Foro ciudadano: relatos de la actualidad que perduran. LOM ediciones, Santiago de Chile, 2002.
- RODRIGUES, G.; CRUZ, S. F.; PASQUINI, D.; CERQUEIRA, D.; SOUZA, V.; NASCIMENTO, R. Water flux through cellulose triacetate films produced from heterogeneous acetylation of sugar cane bagasse. **Journal of Membrane Science**. n.177, p. 225-231, 2000.
- RODRIGUES, G.; SANTO, D.; MEIRELES, C.; NASCIMENTO, R.; ALVES, D.; SILVA, H.; RIBEIRO, S.; MESSADEQ, Y. Synthesis and Characterization of Cellulose Acetate Produced from Recycled Newspaper. **Journal Carbohydrate Polymers**. v.73, p.74–82, 2008.

RUIZ, K. **Optimización del proceso etanosolv para la obtención de celulosa biomásica y valoración de diferentes rutas de acetilación del material.** Chihuahua, 122p., 2018. Tesis de Doctorado - Centro de investigación en materiales avanzados.

SANTOS, I. **Preparación y caracterización de membranas compuestas electroconductoras de acetato de celulosa-pec con aplicación en intercambio iónico para la recuperación de metales.** Hermosillo, 113p. , 2010. Trabajo de Maestría - Universidad de Sonora.

SASSI, J. F.; CHANZY, H. Ultrastructural aspects of the acetylation of cellulose. **Cellulose**. p. 111–127, 1995.

SENA. **Fibras hechas por el hombre a partir de la celulosa.** Ministerio de trabajo y seguridad social, servicio nacional de aprendizaje. Medellín. p. 30, 1980.

SIMON, J.; MILLER H. P.; KOCH, R.; MILLER, V. Thermoplastic and biodegradable polymers of cellulose. **Polymer Degradation and Stobikry**, p. 107-115, 1998.

TEJADO, A.; NUR, M.; ANTAL, M.; YANG, H.; VAN, T. M. Energy requirements for the disintegration of cellulose fibers into cellulose nanofibers. **Cellulose**, v.19, p. 831-842, 2012.

TURRADO, J.; SAUCEDO, A.; RAMOS, J.; REYNOSO M. Comportamiento de la fibra de celulosa reciclada en el proceso de hidratación. **Información Tecnológica**, v.9, p.129-136, 2008.