

# SÍNTESIS DE ACETATO DE CELULOSA Y RAYÓN A PARTIR DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DEL CULTIVO Y PROCESAMIENTO DE PIÑA.

**SYNTHESIS OF CELLULOSE ACETATE AND RAYON FROM AGROINDUSTRIAL RESIDUES OF THE CROP AND PROCESSING OF PINEAPPLE.**

Gener Santiago Ortega  
Instructor-investigador.  
Adolfo Eraly Rodríguez  
Investigador.  
SENA Centro Industrial y del Desarrollo Tecnológico CIDT.



## RESUMEN

Los desechos agroindustriales de la piña son un recurso renovable, disponible en abundancia, que en la actualidad tiene un escaso valor agregado y su aprovechamiento es limitado. Las partes no aprovechables de este cultivo como: las hojas, la corona, cáscara, tallo y corazón, son fuentes ricas en material celulósico, con alto potencial para elaboración de productos de mayor valor agregado. El objetivo de este proyecto es sintetizar acetato de celulosa (A.C) y rayón a partir del aprovechamiento de los residuos agroindustriales del cultivo y procesamiento de piña (ananas comosus) en Santander. Para la síntesis del A.C, primero se obtuvo un producto intermedio, material de fibra de celulosa blanca, la cual se sometió a un pretratamiento alcalino en un reactor batch, con solución de NaOH durante 4,5 horas y a una temperatura de 95°C, luego se blanqueó la muestra usando peróxido de hidrogeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) e hipoclorito de sodio (NaClO) respectivamente durante 5,5 horas y finalmente se dejó secar la muestra.

El producto intermedio se utilizó como materia prima para la obtención del producto agregado (el biopolímero A.C y rayón), el primero por medio de una reacción de esterificación en fase heterogénea en la que se utilizaron reactivos de tipo comercial como anhídrido acético y ácido sulfúrico (catalizador). Para esta reacción se encontraron como mejores condiciones una temperatura ambiente, un tiempo de 24 horas, con agitación constante. Se caracterizaron los productos intermedios y finales obtenidos mediante diferentes pruebas fisicoquímicas, las cuales registraron un

porcentaje de celulosa promedio de 67% y un porcentaje de acetilación de 55 %. Se demostró a nivel de laboratorio que los agro-residuos del cultivo de la piña pueden ser utilizados para obtener celulosa, la cual es materia prima para sintetizar A.C, rayón y papel, los cuales son productos de gran demanda industrial y comercial, y el segundo se obtiene por medio de una suspensión de Malaquita (Carbonato dibásico de Cobre, Cu<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>OH<sub>2</sub>) en solución con hidróxido de amonio (NH<sub>4</sub>OH) con celulosa, preparando una solución de Ácido sulfúrico para eliminar la coloración de la suspensión.

Se caracterizaron los productos intermedios y finales obtenidos mediante diferentes pruebas fisicoquímicas, para la celulosa: análisis de ceniza (TAPPI T211 om-85), determinación de pH y determinación porcentaje de Celulosa (Método Kurschner&Hoffer) la cual se registraron un porcentaje de celulosa promedio de 67% y para el A.C: solubilidad y determinación de porcentaje de grupos acetilos aplicando la técnica de la titulación y usando como indicador la fenolftaleína. Los análisis infrarrojo en general, presentaron bandas anchas en su apariencia y esto puede ser debido a la presencia del grupo funcional OH en la región de los 3500-3200 cm<sup>-1</sup>. Otras bandas típicas son el estrechamiento C-H alrededor de los 2890-2950 cm<sup>-1</sup> y vibraciones observadas cerca de los 1.700 cm<sup>-1</sup>, relacionadas con la sesión de grupo carbonilo. Los FTIR- ATR del A.C obtenido en el proceso de extracción (húmedo y lamina), al compararlo con el acetato de celulosa de sigma Aldrich cuya pureza es de 97% (CAS: 9004-35- 7), se puede inferir que son similares en sus bandas

principales.

Un empaque biodegradable está definido por la ASTM como aquel que es capaz de descomponerse en bióxido de carbono, metano, agua, compuestos inorgánicos o biomasa, siendo el mecanismo dominante de descomposición la acción enzimática de los microorganismos y que los productos resultantes puedan ser obtenidos y medidos en un periodo determinado de tiempo.

Celulosa: este polisacárido es el biopolímero más abundante en la naturaleza. Es el constituyente principal de las paredes celulares de las plantas y más de la mitad del carbono orgánico del planeta se encuentra en la celulosa. En comparación con el almidón, la celulosa es relativamente resistente a la biodegradación.

Se demostró a nivel de laboratorio que los agro-residuos del cultivo de la piña pueden ser utilizados para obtener celulosa, la cual es materia prima para sintetizar acetato de celulosa y papel, los cuales son productos de gran demanda industrial y comercial.

Palabras clave: agro-residuos, ananas comosus, celulosa, biopolímero, Santander

## ABSTRACT

*Pineapple agroindustrial waste is a renewable resource, available in abundance, which currently has an added value and its use is limited. The unusable parts of this crop such as: the leaves, the crown, husk, stem and heart, are sources rich in cellulosic material, with high potential to produce higher value-added products. The objective of this project is to synthesize cellulose acetate and rayon from the use of agroindustrial waste from the cultivation and processing of pineapple (ananas comosus) in Santander. For the synthesis of cellulose acetate, we first obtained an intermediate product, white cellulose fiber material, which was subjected to an alkaline pretreatment in a reactor batch, with NaOH solution for 4.5 hours and a temperature of 95°C, then the sample was bleached using hydrogen peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) and sodium hypochlorite (NaClO) for 5.5 hours and finally the sample was allowed to dry. The intermediate product was used as a raw material for the production of the aggregate product (cellulose acetate and rayon biopolymer), the former by means of a heterogeneous phase esterification reaction in which commercial reagents such as acetic anhydride and acid were used. sulfuric (catalyst). For this reaction, an ambient temperature was found as best conditions, a time of 24 hours, with constant agitation.*

*The intermediate and final products obtained by different physicochemical tests were characterized, which recorded an average cellulose percentage of 67% and an acetylation percentage of 55%. It was demonstrated at the laboratory level that the agro-residues of the pineapple crop can be used to obtain cellulose, which is raw material to synthesize cellulose acetate, rayon and paper, which are products of great industrial and commercial demand, and the second it is obtained by means of a suspension of Malachite (Copper dibasic carbonate, Cu<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>OH<sub>2</sub>) in solution with ammonium hydroxide (NH<sub>4</sub>OH) with cellulose, preparing a solution of sulfuric acid to eliminate the coloration of the suspension.*

*The intermediate and final products obtained by different phy-*

*sicochemical tests were characterized for cellulose: ash analysis (TAPPI T211 om-85), pH determination and percentage determination of Cellulose (Kurschner & Hoffer method) which recorded an average cellulose percentage of 67% and for Cellulose Acetate: solubility and percentage determination of acetyl groups applying the titration technique and using phenolphthalein as an indicator. The infrared analyzes in general showed wide bands in their appearance and this may be due to the presence of the OH functional group in the region of 3500-3200 cm<sup>-1</sup>. Other typical bands are the C-H narrowing around 2890-2950 cm<sup>-1</sup> and vibrations observed near 1,700 cm<sup>-1</sup>, related to the carbonyl group session. The FTIR-ATR of the cellulose acetate obtained in the extraction process (wet and sheet), when compared with the aldrich sigma cellulose acetate whose purity is 97% (CAS: 9004-35-7), can be inferred which are similar in their main bands.*

*A biodegradable packaging is defined by the ASTM as one that is capable of decomposing into a carbon dioxide, methane, water, inorganic compounds or biomass, being the dominant mechanism of decomposition of the enzymatic action of microorganisms and the resulting products can be and measured in a certain period.*

*Cellulose: this polysaccharide is the most abundant biopolymer in nature. It is the main constituent of the cell walls of plants and more than half of the planet's organic carbon is found in cellulose. Compared to starch, cellulose is relatively resistant to biodegradation.*

*It was demonstrated at the laboratory level that the agro-residues of the pineapple crop can be used to obtain cellulose, which is raw material to synthesize cellulose acetate and paper, which are products of great industrial and commercial demand.*

*Keywords: agro-waste, ananas comosus, cellulose, biopolymer, Santander.*

## INTRODUCCIÓN

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.

El acetato de celulosa (AC) 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. CA se produce por la reacción de la celulosa con ácido acético y un exceso de anhídrido acético en presencia de ácido sulfúrico como catalizador. La reacción se realiza en un proceso de acetilación en dos etapas, seguido de una reacción de hidrólisis para producir una CA con el grado de sustitución deseable (DS). Entre las aplicaciones de CA se encuentran fabricación de fibras, películas, membranas, pinturas, plásticos, cigarrillos filtros, abrigos, textiles, dializadores, drogas y servicios biomédicos.

El aprovechamiento de los subproductos agrícolas se presenta como una opción interesante para la



producción de celulosa y sus derivados, en nuestro país la agroindustria procesa anualmente un gran volumen de productos y genera una considerable cantidad de residuos que generalmente constituyen una fuente de contaminación ambiental. Desde hace algún tiempo, en nuestro laboratorio nos hemos interesado en estudiar la posibilidad de utilizar los desechos industriales para producir celulosa y algunos derivados, entre ellos principalmente Acetato de celulosa.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Extracción de Celulosa

El pretratamiento alcalino se realiza en un reactor batch de 1.5 L con una relación de Bagazo de la piña / Solución acuosa de NaOH de 2/5 (P/V) con agitación entre 350-400 rpm a una temperatura de 95 °C durante 4.5 h. Después de finalizada la reacción, la fracción sólida se separa de la fracción líquida mediante filtración al vacío, y se lava con agua destilada hasta que el licor alcalino oscuro se elimina por completo y el pH sea neutro. La etapa de preblanqueamiento se realiza con el 10% (V/V) de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> en proporción 4:1 respecto a la fracción sólida con agitación entre 150-200 rpm a una temperatura de ambiente, durante 2 h. Luego del proceso anterior y se lava la muestra con agua destilada para retirar el H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> presente, la fracción sólida se somete a un nuevo blanqueamiento en esta ocasión con una solución de hipoclorito de sodio NaClO al 10%(V/V) y de relación 4:1 respecto a la fracción de la fibra de celulosa. Este tratamiento de blanqueamiento se realiza a temperatura ambiente (25°C) con agitación entre 250-300 rpm durante 3.5 h, el material blanqueado se lava repetidamente con agua destilada, luego se seca a 75°C durante 3 h en una termocientific.

### Caracterización fisicoquímica

Para el desarrollo experimental, se desarrolló la caracterización de la fibra de celulosa bajo las Normas TAPPI (Technical Association of the Pulp and Paper Industry), Asociación Técnica de la Industria de la Celulosa y el Papel.

Los parámetros a tener cuenta en la cuantificación analítica para la caracterización fisicoquímica de la celulosa son: Determinación Cenizas (TAPPI T211 om-85), pH (TAPPI T252 om-90), % de Celulosa (Método Kurschner & Hoffer).

### Síntesis del Acetato de Celulosa (A.C)

Para la síntesis de acetato de celulosa se añadieron 24ml de ácido acético glacial a 10 g de celulosa en un Erlenmeyer de 250 mL, esta mezcla se agito a 37.8°C durante 1 hora. Posteriormente se agregaron 40 mL de ácido glacial y con el uso de la micropipeta se añadieron 0,08 mL de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) a la mezcla, que se agito durante 45 minutos. Después de eso, la mezcla se enfrió a 18,3°C y se añadieron 28 mL de anhídrido acético y 0,6ml de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Luego la temperatura se elevó a 35°C y la mezcla se agito durante 1.5 h. Seguido se añadió una solución de 10,0 mL de

agua y 20 mL de ácido acético glacial en pequeñas porciones durante 1 h bajo agitación. Finalmente el material se dejó en agitación durante 24 horas y se lavó con agua destilada hasta pH neutro (7.0).

### Análisis FTIR-ATR

Para la adquisición del espectro FTIR-ATR se tomó una pequeña porción cada muestra y se depositó sobre el cristal ATR. Los espectros Infrarrojos fueron adquiridos bajo las siguientes condiciones:

Equipo	is 50 FT-IR Nicolet. Thermo Scientific
Rango de Adquisición	4000-400cm <sup>-1</sup>
Número de Scans	64
Resolución	4
Ganancia	4
Velocidad Óptica	0.4747 cm/s
Modo	Transmitancia
Apertura	100
Software	OMNIC

Tabla 1. Condiciones de equipo para análisis FTIR-ATR

Fuente: Autores

### Grado de sustitución (GS)

El grado de sustitución, o contenido de grupos acetilo, se determinó por saponificación del acetato con un exceso de NaOH alcohólico y titulación posterior de la base que no reaccionó. (Genung y Mallatt 1941).

### Solubilidad de los acetatos de Celulosa

A 150 mg de cada acetato se le añadió 1 mL de solvente (Acetona y Diclorometano), la mezcla resultante se filtró y se evaporó el solvente para determinar la cantidad de material soluble. Obtención del rayón (celulosa regenerada).

En un vaso de 100 ml se mezclaron 4,25 g de Carbonato dibásico de Cobre con 14 mL de agua y se calentó ligeramente hasta que el sulfato de cobre se hubiera disuelto totalmente, seguidamente se dejó en reposo hasta enfriar. Sobre esta disolución se añadió gota a gota y con agitación, 1,5 mL de NH<sub>3</sub> (30%), formándose un precipitado azul pálido de hidróxido de cobre. Finalmente se filtró el sólido a través de un embudo Büchner, se lavó con agua (10 mL) y se almacenó en un vaso de precipitados de 100 mL.

La siguiente operación, consistió en disolver el hidróxido de cobre obtenido anteriormente en la menor cantidad posible de amoníaco concentrado (se realizó en una campana

de extracción y en un vaso de precipitados de 100 ml). La disolución oscura que resulta se llama reactivo de Schweitzer. Sobre la disolución obtenida se añadieron con agitación constante, muestras de celulosa obtenidas previamente, hasta que adquirieron un aspecto viscoso. Con un cuentagotas se recogió parte de la masa viscosa. Seguidamente, se introdujo el cuentagotas en un vaso de precipitados de 250 ml que contenía una disolución de ácido sulfúrico al 5% (50 ml), seguidamente presionó el cuentagotas lentamente y de manera continua sobre la disolución ácida, observándose rápidamente la aparición de la fibras de rayón.

### Análisis de termogravimetría (TGA)

La metodología utilizada en los análisis se basó en la norma de estandarización ASTM E1131-8 con leves modificaciones realizadas por el laboratorio según el comportamiento que mostró la muestra. Atmósfera de gas inerte: Nitrógeno grado 5, flujo de gas de purga: 50 ml/min, equilibrar: 30°C, rampa de Temperatura: 10 °C/min hasta 600 °C

### Análisis de calorimetría diferencial de barrido (DSC)

El equipo utilizado para el análisis de la muestra fue un Calorímetro Diferencial de Barrido (DSC) serie Discovery de la marca TA INSTRUMENTS, el cual tiene como principio de funcionamiento una técnica termoanalítica en la que la diferencia de calor entre una muestra y una referencia es medida como una función de la temperatura. Cuenta con una bandeja con capacidad de 50 muestras y 5 referencias y un automuestreador encargado de montar la muestra haciéndolo de forma totalmente automática. El equipo permite el enfriamiento de la muestra mediante una unidad refrigeradora denominada RCS 90 que posibilita llevar a cabo experimentos entre -90°C hasta 550°C. El sistema incluye dos entradas de gases en los cuales se pueden usar atmósferas de Aire, Argón, Helio, Nitrógeno y Oxígeno.

### Otros análisis

Se utilizó Glicerol como agente plastificante en diferentes concentraciones.

### RESULTADOS Y DISCUSION

Con el método de extracción empleado se obtuvieron materiales celulósicos con un contenido entre 61% y 70% de Celulosa (Método Kurschner & Hoffer). La reacción de acetilación puede dividirse en varias etapas cuyo control es muy importante para determinar la calidad del producto final.



Figura 1. Secuencia de obtención de acetato de celulosa a partir de hojas de piña.

A.C a partir residuos de Piña	T.R	%Rend	G.A (%)	I.R (cm-1)
	4.0	55	39	1726

Tabla 2. Caracterización del A.C obtenido a partir de los residuos agroindustriales de piña Fuente: Autores

A.C: Acetato de Celulosa

T.R: Tiempo de Reacción (Horas)

G.A: Porcentaje de grupo acetilo

I.R: Absorción de Vibración de tensión (alargamiento) -C=O

En la tabla 2 se relaciona los datos experimentales de tiempos de reacción de la etapa de esterificación los cuales fueron variables de acuerdo con el diseño planteado y a la agitación de 24 h para obtener el precipitado de acetato de celulosa, el rendimiento obtenido fue superior a 50%, los análisis IR del producto sintetizado fueron similar al comercial. La posición de la absorción atribuida al alargamiento del grupo carbonilo se encontró entre 1726 y 1755 como se observa en la figura 2.

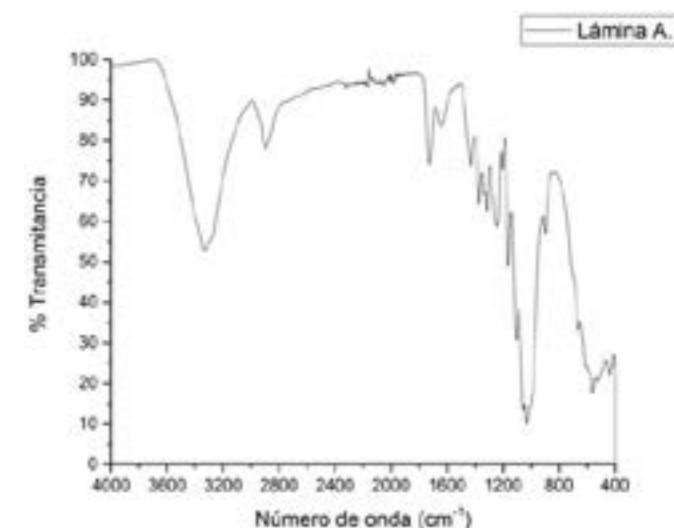


Figura 2. Análisis IR de Acetato de celulosa

Fuente: Autores

Solvente	Acetato de celulosa
Acetona	Parcialmente Soluble
Diclorometano	Poco soluble

Tabla 3. Solubilidad de los A.C obtenidos a partir de residuos de piña.

Fuente: Autores

En la tabla 3 se resumen los resultados de las pruebas de solubilidad de los esteres de celulosa. La solubilidad de esta clase de materiales, al igual que muchos otros polímeros, no es un concepto tan preciso como el correspondiente a compuestos de bajo peso molecular. Muchos líquidos no disuelven los materiales poliméricos, sino que son absorbidos produciendo una hinchazón de las fibras (Diclorometano).

En una investigación anterior (Sibaja et al... 1986) obtuvo



Identificación de la muestra	Temperatura (°C)	Pérdida de peso (%)	Etapas del proceso
Lamina de A.C	30-97	7,56	Evaporación del agua
Lamina de A.C	257-390	77	Descomposición
Lamina de A.C	898,4	99,3	Residuo
A.C húmedo	30-100	81,28	Evaporación del agua
A.C húmedo	340-390	8,69	Descomposición
A.C húmedo	547,37	99,89	Residuo

Tabla 4. Resultados obtenidos en el análisis termogravimétrico (TGA). Fuente: Autores

acetato de celulosa de cascaras de piña utilizando una reacción heterogénea con catálisis básica. El producto obtenido presentó una solubilidad pobre en acetona, lo que atribuyó a un bajo grado de sustitución y una alta cristalinidad.

En la tabla 4, La muestra lámina de acetato de celulosa presenta inicialmente una rápida pérdida de masa (7,5%) la cual se atribuye a la evaporación del agua presente en la muestra. Por otra parte, se observa una etapa de fusión del polímero con un punto de inflexión en 370°C seguido por la descomposición de este, el material es estable térmicamente hasta los 250°C. Finalmente, a los 900°C la muestra ha perdido un 99,3% de su masa inicial. La muestra acetato de celulosa húmeda presenta inicialmente una pérdida de masa considerable (81,28%) la cual se atribuye a la evaporación del agua presente en la muestra. Por otra parte, se observa una etapa de fusión del polímero con un punto de inflexión en 367°C seguido de la descomposición de este. El material es estable térmicamente hasta los 250°C. Finalmente a los 547°C la muestra ha perdido un 99,89% de su masa inicial.

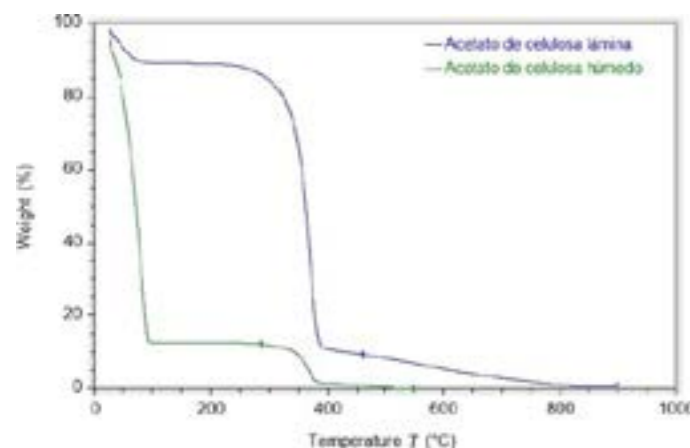


Figura 3. Termogramas de las muestras lamina de A.C y A.C húmedo. Fuente: Autores

En la figura 3, las dos muestras de acetato de celulosa presentan una etapa de evaporación de agua y una etapa de fusión seguida por la descomposición del polímero con un punto de inflexión de aproximadamente 370°C. La estabilidad térmica del material es hasta los 250°C. Por otra parte, la

muestra de acetato de celulosa húmeda alcanza una mayor pérdida de masa total a una menor temperatura (0,11% a 547°C).

Las muestras acetato de celulosa presentaron una descomposición multietapa durante el calentamiento. Inicialmente se observa una pérdida de masa del 48,76%, la cual se atribuye a la evaporación del agua presente en la muestra. La segunda etapa de descomposición corresponde al glicerol que contiene la muestra, con una pérdida de masa del 36% en un rango de temperatura de 150 a 220°C. La tercera etapa de descomposición corresponde a la degradación del polímero con una pérdida de masa de 3,31% en un rango de temperatura de 340 a 380°C. Finalmente a los 597°C la muestra ha perdido un 99,6% de su masa inicial, La muestra acetato de celulosa 75-25% presentó una descomposición multietapa durante el calentamiento. Inicialmente se observa una pérdida de masa del 18,12%, la cual se atribuye a la evaporación del agua presente en la muestra. La segunda etapa de descomposición corresponde al glicerol que contiene la muestra, con una pérdida de masa del 61,43% en un rango de temperatura de 150 a 220°C. La tercera etapa de descomposición corresponde a la degradación del polímero con una pérdida de masa de 7,07% en un rango de temperatura de 340 a 380°C. Finalmente a los 597°C la muestra ha perdido

Identificación de la muestra	Temperatura (°C)	Pérdida de peso (%)	Etapas del proceso
A.C puro	30-109	48,76	Evaporación de agua
A.C puro	154-219	36,26	Primera etapa de descomposición
A.C puro	340-380	3,31	Segunda etapa de descomposición
A.C puro	597,17	99,6	Residuo
A.C 75-25 % Glicerol	30-96	18,12	Evaporación de agua
A.C 75-25 % Glicerol	143-218	61,43	Primera etapa de descomposición
A.C 75-25 % Glicerol	336-388	7,07	Segunda etapa de descomposición
A.C 75-25 % Glicerol	597,42	99,2	Residuo
A.C 50-50 % Glicerol	30-96	60,06	Evaporación de agua
A.C 50-50 % Glicerol	138-200	24,52	Primera etapa de descomposición
A.C 50-50 % Glicerol	330-375	3,98	Segunda etapa de descomposición
A.C 50-50 % Glicerol	597,55	99,39	Residuo

Tabla 5. Resultados obtenidos en el análisis de TGA usando Glicerol. Fuente: Autores

un 99,2% de su masa inicial, La muestra acetato de celulosa 50-50% presentó una descomposición multietapa durante el calentamiento. Inicialmente se observa una pérdida de masa del 60,06%, la cual se atribuye a la evaporación del agua presente en la muestra. La segunda etapa de descomposición corresponde al glicerol que contiene la muestra, con una pérdida de masa del 24,52% en un rango de temperatura de 140 a 200°C. La tercera etapa de descomposición corresponde a la degradación del polímero con una pérdida de masa de 3,98% en un rango de temperatura de 330 a 380°C. Finalmente a los 597°C la muestra ha perdido un 99,39% de su masa inicial.

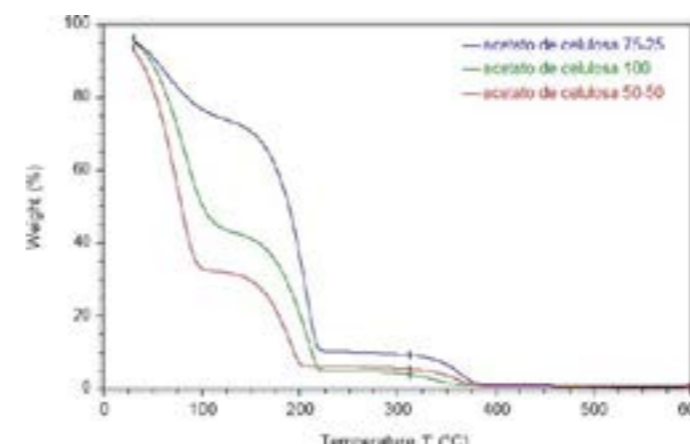


Figura 4. Termogramas muestras A.C / glicerol 100-0%, 75-25% y 50-50%. Fuente: Autores

En figura 4, se presentan tres (03) muestras de A.C con glicerol. Se observa una descomposición multietapa, en la primera etapa se observa la evaporación del agua, en la segunda etapa se observa la pérdida del glicerol y en la tercera la descomposición del polímero. Finalmente, las 3 muestras presentaron un residual del 99% en los 600°C. La velocidad de degradación térmica es mayor para la muestra acetato de celulosa 50-50%.

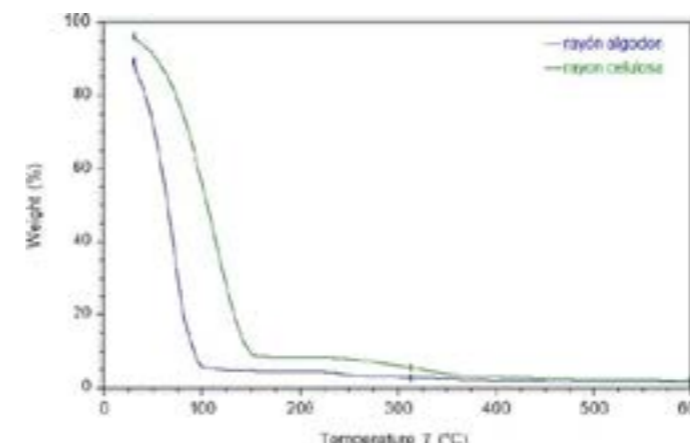


Figura 5. Termogramas de las muestras rayón celulosa y algodón. Fuente: Autores

En figura 5 las dos muestras de rayón presentan grandes cantidades de agua, el 80% de la muestra y presentan una etapa de descomposición del polímero, sin embargo la muestra de rayón celulosa presenta mayor estabilidad térmica, su rango de descomposición está a mayores temperaturas y al finalizar el análisis en 600°C esta muestra tiene un residuo mayor.

La lámina de acetato de celulosa que pasó por un proceso de secado, presento un pico endotérmico alrededor de los 100°C, este pico corresponde a la evaporación del agua que aún estaba presente en la muestra. El siguiente pico endotérmico corresponde a la fusión del material a 369,76°C; sin embargo, se observó ablandamiento de la lámina antes de llegar al punto de fusión, debido a que el acetato de celulosa es un

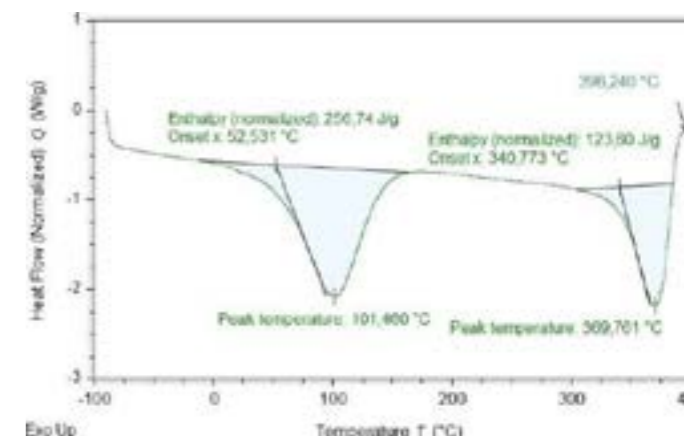


Figura 6. Termograma de lámina de A.C análisis DSC. Fuente: Autores

polímero termoplástico, esto se puede notar en la inclinación que presenta la línea base antes de llegar al punto de fusión. Finalmente, también es posible visualizar la descomposición del material cerca a los 400°C.

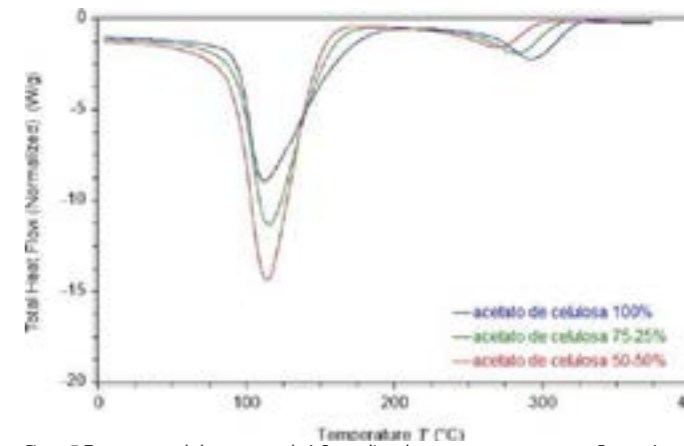


Figura 7. Termogramas de las muestras de A.C con glicerol. Fuente: Autores

En la figura 7, se observan los termogramas de las muestras de acetato de celulosa – glicerol en una relación 100-0%, 75-25% y 50-50% de glicerol, a medida que el porcentaje de glicerol en la muestra de acetato de celulosa aumenta la cantidad de agua que almacena esta es menor y el rango de reblandecimiento de la muestra se corre a altas temperaturas, lo cual permite una mayor estabilidad térmica de la muestra, esto se debe a que las moléculas de glicerol generan un mayor entrecruzamiento en las cadenas poliméricas.

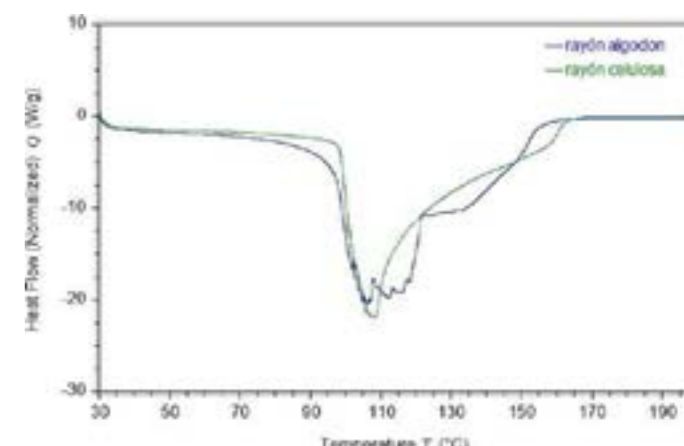


Figura 8. Termogramas de las muestras de rayón a partir de celulosa y algodón. Fuente: Autores

En la figura 8, las dos muestras de rayón presentaron un comportamiento térmico similar, ambas con casi la misma cantidad de agua y con el pico eutéctico que se sugiere corresponde al reblandecimiento de la muestra entre 120 y 160°C.



## CONCLUSIONES

Con el presente trabajo de investigación se ha podido demostrar que es factible obtener acetatos de celulosa y fibras de rayón a partir de los residuos agroindustriales de la piña, el cual no es un sustrato tradicionalmente usado. Los productos se obtuvieron con buenos rendimientos y grupos acetilos que son corrientes en los productos comerciales. La solubilidad en solventes baratos como la acetona es parcialmente buena.

En general, las bandas son anchas en su apariencia y esto puede ser debido a la presencia del grupo funcional OH en la región de los 3500-3200 cm<sup>-1</sup>. Otras bandas típicas son el estrechamiento C-H alrededor de los 2890-2950 cm<sup>-1</sup> y vibraciones observadas cerca de los 1.700 cm<sup>-1</sup>, relacionadas con la tensión de grupo carbonilo. Los FTIR- ATR del acetato de celulosa obtenido en el proceso de extracción (húmedo y lamina), al compararlo con el acetato de celulosa de sigma Aldrich cuya pureza es de 97% (CAS: 9004-35-7), se puede inferir que son similares en sus bandas principales.

Las muestras de acetato de celulosa que no contienen glicerol presentaron una etapa inicial de evaporación de agua, luego se observa la fusión del material a una temperatura de 370°C seguida por la descomposición del material. La estabilidad térmica de estos materiales va hasta los 250°C. La muestra húmeda tiene un residuo mayor (99,89%) a una menor temperatura (547°C). A mayor contenido de agua en la muestra la velocidad de degradación térmica aumenta, es decir, la lámina de acetato de celulosa es más estable térmicamente que la húmeda. En las muestras de acetato de celulosa que contienen glicerol, se observa una descomposición multietapa, la primera corresponde a la evaporación del agua, la segunda al glicerol y la tercera a la descomposición del polímero.

En los 600°C las muestras presentaron un residual del 99%. La muestra que presento una velocidad de degradación térmica mayor fue acetato de celulosa 50-50%. Las muestras de rayón presentaron una etapa que corresponde a la evaporación del agua (80%) y una etapa de descomposición del polímero. La muestra rayón celulosa es más estable térmicamente, el polímero presenta degradación en los 250°C y un residuo del 98% a una temperatura de 600°C.

De los análisis realizados se sugiere que las dos muestras de rayón tienen las mismas propiedades térmicas independientemente de la materia prima que se utilizó para sintetizarlas.

El rayón sintetizado es estable térmicamente hasta 120°C. Respecto a las muestras de acetato de celulosa, se observó en los termogramas la evaporación del agua, la muestra que presento una mayor cantidad de agua fue la que tenía un 50% de glicerol. Por otra parte, en la lámina de acetato de celulosa, que era la única muestra que venía en estado sólido, se observó la fusión del material en 370°C. En las muestras que contenían glicerol, se observó que, a mayor cantidad de glicerol en el acetato de celulosa, mayor estabilidad térmica y menor contenido de agua.

## BIBLIOGRAFIA

- Anaya, M. R. (2012). Polímeros utilizados para la elaboración de películas biodegradables. Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos, 6-2, 173-181.
- Candido, R.G. (2016). Synthesis of cellulose acetate and carboxymethylcellulose from sugarcane straw. Carbohydrate Polymers 152 (2016) 679-686
- Dos Santos, R.M. (2013). Cellulose nanocrystals from pineapple leaf, a new approach for thereuse of this agro-waste. Industrial Crops and Products 50 (2013) 707- 714
- Jaimes, L. D. (2010). Análisis del sector Agropecuario del Departamento de Santander: Principales Factores que Limitan y/o dinamizan su crecimiento: 2000 - 2008. Bucaramanga, Colombia.
- Kirk, R.E. y D.F Othmer. (Eds), 1979. Encyclopedia of chemical technology. Jhon Willey and Sons, New York, 3era ed. Vol. 5 pp 70-162.
- Sibaja, M., M. Durán Chavarria, R. Bolaños, M. Bravo y J. Mata Segreda, 1986. Ing. Cienc. Quim. 6 (2): pp 183-184
- Sibaja, M., M. Durán, R. Bolaños, M. Bravo y J. Mata Segreda, 1986. Ing. Cienc. Quim. 10 (3-4): pp 51-53



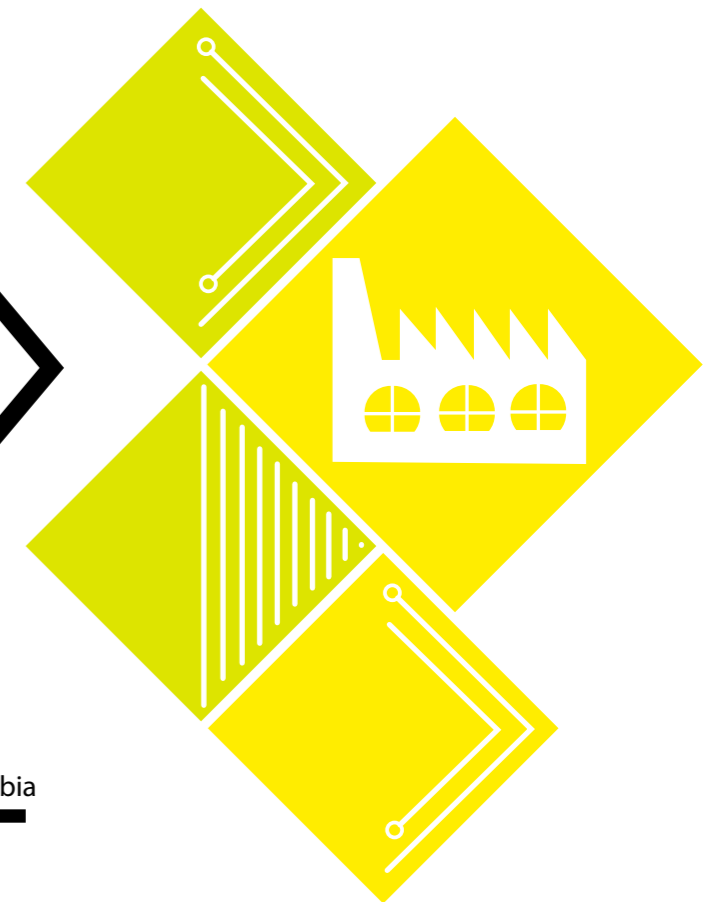
## IDENTIFICACIÓN DE LAS BARRERAS ACTUALES EN LA ESTRUCTURACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SG-SST EN MICRO Y PEQUEÑAS EMPRESAS DEL MUNICIPIO DE ITAGÜÍ

*IDENTIFICATION OF THE CURRENT BARRIERS IN THE STRUCTURE AND IMPLEMENTATION OF THE SG-SST (security and health at work) IN MICRO AND SMALL COMPANIES OF THE MUNICIPALITY OF ITAGÜÍ*

Rodrigo Lozano Ortiz - rodlozano@sena.edu.co  
Carlos Mario Suaza - cmsuaza@gmail.com  
Alejandro Restrepo - alejandrroppo@misena.edu.co  
SENA, Centro de Diseño y Manufactura del Cuero, Colombia

## Resumen

En el presente documento se identifican las barreras en la estructuración e implementación del sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo que afrontan los micro y pequeños empresarios del municipio de Itagüí; siendo este de obligatorio cumplimiento desde el decreto 1443 de 2014, donde se estipularon las obligaciones legales de los empleadores, respecto a la seguridad y salud en el trabajo de los empleados y que compendio el decreto 1072 de 2015; como lo evidencia la aplicación del instrumento diseñado para tal fin. Se demostró el desconocimiento de la normatividad en un 70% de los encuestados, donde aspectos como la situación financiera y la ausencia de capacitación, limitan la incursión en el tema. Algunos empleadores se niegan a implementar el sistema porque lo creen innecesario y costoso; por consiguiente, demeritan su ejecución y los beneficios que genera en términos de la productividad y la economía para su misma empresa. Una de las causas más relevantes a las que se atribuye esta problemática, corresponde a que el gobierno lleva tres periodos consecutivos prorrogando su implementación, desconociendo que es de suma importancia no solo para los trabajadores, sino también para los empleadores ya que el incumplimiento de esta norma, trae como consecuencia riesgos o accidentes, además de problemas judiciales, multas, sanciones y en el peor casos cierre de establecimientos que redundaría en desaceleración económica, pérdida de empleos y afectación del PIB regional y nacional teniendo en cuenta la gran participación que Antioquia tiene como la segundo epicentro económico en



Mipymes de Colombia.

Palabras clave: normatividad, recursos financieros, Sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo SG-SST, calidad.

## Abstrac

This document identifies the barriers in the structuring and implementation of the occupational safety and health management system faced by micro and small entrepreneurs in the municipality of Itagüí; This being mandatory since Decree 1443 of 2014, which stipulated the legal obligations of employers, with respect to health and safety at work of employees and that summarized the decree 1072 of 2015; as evidenced by the application of the instrument designed for that purpose. The lack of knowledge of the regulations was demonstrated in 70% of the respondents, where aspects such as the financial situation and lack of training limit the incursion in the subject. Some employers refuse to implement the system because they think it unnecessary and expensive; therefore, they deserve its execution and the benefits it generates in terms of productivity and economy for its own company. One of the most relevant causes attributed to this problem, corresponds to the government has three consecutive periods extending its implementation, not knowing that it is of utmost importance not only for workers, but also for employers because the breach of this norm, it brings as a consequence risks or accidents, in addition to