

# Modificación de la celulosa obtenida de la fibra de banano para el uso de polímeros biodegradables

A. Pinos y J. Braulio\*

Grupo de Investigación y Valoración de la Biodiversidad GIVABI - Universidad Politécnica Salesiana,  
Calle Vieja 12-30 y Elia Liut Cuenca - Ecuador

*Modification of the cellulose obtained from banana fiber for to use in biodegradable polymers*

*Modificació de la cel·lulosa obtinguda de la fibra de banana per a l'ús de polímers biodegradables*

RECEIVED: 11 APRIL 2018; REVISED: 8 JUNE 2018; ACCEPTED: 26 JUNE 2018

## SUMMARY

Actuality at present, there is so much interest for making new biopolymers dosed with natural fibers and resulting to get a biomaterial with good mechanical and chemical properties, with the main of replacing it with more degradable materials for the environment. Within the elements of the natural fibers is the cellulose, and in this work has been made the study of modification with the appropriate parameters to carry out said modification. This acetylation reaction consisted of replacing the OH- groups of the cellulose by the carboxyl group - COOH and thus obtaining the cellulose acetate or cellulose modified. The cellulose was extracted from the banana fiber considering the following parameters for acetylation, such as: analysis moisture, hot water solubility and 1% NaOH, water retention capacity (CWR), water absorption capacity (CWA), water adsorption capacity (CDA). For the identification of the structure, it was used the infrared spectrophotometry (IR) where on this grafic shows a peak within a band of  $1715\text{ cm}^{-1}$ , which demonstrates ghat this procedure has been suitable for the homogeneous acetylation

**Keywords:** Banana fiber, Celluse, Celluse acetate

## RESUMEN

En la actualidad existe mucho interés de realizar nuevos biopolímeros dosificados con fibras naturales y que den como resultado un biomaterial con buenas propiedades mecánicas y químicas, esto con el objetivo de sustituir por materiales más degrada-

bles para el ambiente. Dentro de los elementos de las fibras naturales está la celulosa, y en este trabajo se realizó el estudio de su modificación con los parámetros adecuados para llevar a cabo dicho procedimiento. Esta reacción de acetilación consistió en sustituir los grupos OH<sup>-</sup> de la celulosa por el grupo carboxílico - COOH y así obtener el acetato de celulosa o celulosa modifica. La celulosa fue extraída de la fibra de banano considerando los siguientes parámetros para la acetilación, tales como: la humedad de análisis, la solubilidad en agua caliente y en NaOH al 1 %, la capacidad de retención de agua (CRA), la capacidad de absorción de agua (CAA), la capacidad de adsorción de agua (CDA). Para la identificación de la estructura se usó el método de espectrofotometría infrarrojo (IR) donde se aprecia un pico dentro de una banda de  $1715\text{ cm}^{-1}$ , si se demuestra que el procedimiento ha sido adecuado para la acetilación homogénea.

**Palabras clave:** Acetato de celulosa, Celulosa, Fibra de banano.

## RESUM

En l'actualitat hi molt interès de realitzar nous biopolímeros dosificats amb fibres naturals i que donin com a resultat un biomaterial amb bones propietats mecàniques i químiques, això amb l'objectiu de substituir per materials més degradables per l'ambient. Dins dels elements de les fibres naturals està la cel·lulosa, i en aquest treball es va realitzar l'estudi

\*Corresponding author: jamaya@ups.edu.ec

de la seva modificació amb els paràmetres adequats per dur a terme la modificació. Aquesta reacció d'acetilació va consistir en substituir els grups OH- de la cel·lulosa pel grup carboxílic - COOH i així obtenir l'acetat de cel·lulosa o cel·lulosa modifica. La cel·lulosa va ser extreta de la fibra de banana considerant els següents paràmetres per a la acetilació, com ara: la humitat d'anàlisi, la solubilitat en aigua calenta i en NaOH a l'1%, la capacitat de retenció d'aigua (CRA), la capacitat de absorció d'aigua (CAA), la capacitat d'adsorció d'aigua (CDA). Per a la identificació de l'estructura es va usar el mètode d'espectrofotometria infrarrojo (IR) on s'aprecia un pic dins d'una banda de 1715 cm-1, si es demostra que el procediment ha estat adequat per a l'acetilació homogènia.

**Paraules clau:** Acetat de cel·lulosa, Celulosa, Fibra de banana

## INTRODUCCION

En la actualitat las fibras naturales o leñosas son una fuente importante para la dosificación con polímeros de diversos tipos, esto se puede considerar una alternativa a los polímeros reforzados con fibras de vidrio. Este tema, del uso de las fibras naturales en distintos materiales, se ha vuelto de vital importancia comprobándolo en la cantidad de artículos científicos y de divulgación, en las cuales, se constata el desarrollo de nuevos materiales dando una solución sostenible, los cuales se incluye desde materias primas provenientes de los recursos naturales que son reciclables y biodegradables<sup>1</sup>.

Desde el punto de vista técnico de los biopolímeros, la inclusión de las fibras naturales a los nuevos materiales tienen muchas ventajas, tales como: económicos, livianos, resistentes a la oxidación, inalterables a los agentes atmosféricos, versátiles, sustituyentes a otros materiales plásticos, biodegradables y amigables con el medio ambiente<sup>2</sup>. Es muy importante conocer que estas fibras naturales, están constituidas por celulosa, lignina y hemicelulosa; de las mencionadas el uso de la celulosa ha sido una de las más aplicadas en diferentes campos de la industria, que van desde la producción de papel hasta la elaboración de materiales poliméricos totalmente biodegradables. Estas fibras naturales que son de origen agro-industriales han sido objeto de estudio como agentes de refuerzo en materiales compuestos, y estos resultados han sido atractivos por su bajo costo sus buenas propiedades mecánicas resultantes<sup>3</sup>.

Uno de los componentes con mayor importancia dentro de los desechos agrícolas o leñosos es la celulosa. Según la cita<sup>4</sup> en su trabajo de Obtención de Celulosa Micro cristalina expresa que los residuos agrícolas, constituidos principalmente por raíces, hojas, tallos u otras partes de plantas, son en su mayoría una significativa fuente de biomasa lignocelulósica, generalmente desechada que pueden ser en una gran parte un problema ambiental según su tratamiento final. En estos residuos sólidos agrícolas, la

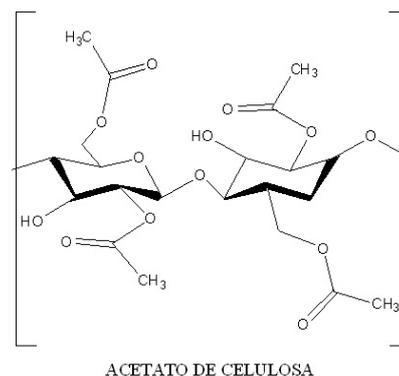
celulosa es el compuesto orgánico de mayor abundancia y de gran importancia a nivel biológico e industrial; y es el principal componente en la mayoría de las fibras naturales como: algodón, lino, cáñamo, yute, sisal, caña de azúcar, entre otras. En la medida que se aprovechen los materiales lignocelulósicos se consigue un doble efecto: el beneficio ecológico al eliminar una fuente de contaminación y el económico al dotar al material de un valor agregado.

Las biomásas celulósicas están constituidas por una cadena celulósica y hemicelulosílica que se encuentran unidas entre sí en el seno de la fibra mediante fuerzas atractivas por medio de grupos funcionales hidroxilo y carboxilo de las macromoléculas de la celulosa y hemicelulosa. Hay que considerar además, que la celulosa es un polímero constituido por unidades repetitivas de glucosa tipo D, con una resistencia debido a la formación de enlaces de tipo puente de hidrogeno en la posición 1 y 6<sup>5</sup>.

Esta celulosa de la fibra naturales tiene algunas características que son de vital importancia dentro del estudio de la formación de nuevos materiales, tales como, es insoluble en agua por lo que retendrá la menor cantidad de agua posible, forma cadenas lineales que a diferencia de la amilosa que forma cadenas espirales, y no se hidroliza con la malta. Todas estas características la diferencia de otros polisacáridos como el almidón que está constituida por amilosa el cual forma fibras espirales<sup>5</sup>.

En la actualidad es de gran interés conseguir materiales derivados de fibras leñosas que aporten a una matriz polimérica propiedades similares a las fibras sintéticas con el objetivo de obtener nuevos biopolímeros. En la cita<sup>6</sup>, el interés por el tratamiento de la fibras naturales proviene desde los años 80 cuando se desarrollaron nuevos materiales compuestos con fibras naturales de alta rigidez y resistencia longitudinal como la fibra de vidrio, el cual se usó como reforzamiento para mejorar las propiedades mecánicas.

La conversión de la celulosa mediante reacciones de eterificación, conduce a la obtención de materiales que pueden ser transformados como adición para formar parte de polímeros termoplásticos<sup>7</sup>. Adicional a esto, se debe considerar la cantidad de celulosa contenida en la fibra, puesto que varía dependiendo el tipo de planta proveniente, y además de la facilidad en la extracción de la misma.



ACETATO DE CELULOSA

**Figura 1** Estructura del acetato de celulosa

La presente investigación tiene como objetivo la modificación de unos de los componentes de la fibra de banano, como es la celulosa; esta modificación consiste en la obtención de acetato de celulosa y su estudio de su estructura química con el propósito de que este material sea usado en matrices poliméricas. En la cita<sup>7</sup> explica que el acetato de celulosa a menudo es preparado a partir de la celulosa obtenida de fuentes maderables o del linter de algodón, ambos con un elevado contenido de  $\alpha$ -celulosa (igual o superior al 95% en peso), mediante una reacción de acetilación con anhídrido acético.

## MATERIALES Y METODOS

### Preparación de la fibra de banano

Como materia prima, para el desarrollo de esta investigación, se utilizó los raquies o pseudotallos de la planta de banano proveniente de la de la bananera "Nueva Esperanza" ubicada en el cantón Santa Rosa provincia de El Oro. Estos raquies o pseudotallos fueron procesados de la siguiente manera:

- *Corte y secado de los raquies*: se procedió a cortar manualmente estos pseudotallo en tamaños de 5 cm de largo con un espesor de 1 cm, para que posteriormente colocarlos en una estufa marca Memmert a 40 °C durante cuatro días para su secado hasta obtener un valor de humedad de 10%, y con el objetivo de obtener una estructura quebradiza y fácil de triturarla.
- *Triturado de los raquies*: posteriormente se procedió a la trituración de los raquies secos, utilizando una licuadora industrial marca *Nemesis*. Para la trituración se consideró un tiempo estimado de 10 min, con el objetivo de obtener la granulometría más pequeña posible.
- *Secado de la fibra*: el material obtenido fue sometido nuevamente a un secado a 100 °C en una estufa de convección forzada, marca *Esco*, por un tiempo de 24 horas aproximadamente. Para la determinación de la humedad se utilizó la norma TAPPI 264 cm – 97.

### Análisis proximal de la fibra de banano

Para el análisis proximal químico de la fibra de banano se realizó los siguientes procedimientos basados en sus respectivas normas

- Determinación de la humedad de análisis, mediante el analizador de humedad halógeno MB – 35 de marca Ohaus,
- Determinación de la solubilidad en agua caliente, mediante la NORMA TAPPI T 207 om - 93 según TAPPI (1999), hay que recalcar que para este análisis se realizó en dos tipos de condiciones de la fibra, una que consiste en tratar previamente a la fibra de banano sometiéndole a un proceso de hidrólisis básica con hidróxido de potasio al 5 % durante 30 minutos, y posteriormente se realizó el procedimiento de la de-

terminación de la solubilidad en agua caliente y el segundo tratamiento sin tratar a dicha fibra.

- Determinación de la solubilidad en NaOH al 1 %, mediante la NORMA TAPPI T 212 om - 93 según TAPPI (1999).
- La capacidad de retención de agua (CRA) consistió en pesar aproximadamente 4 gramos de fibra de banano seca, y agregar una cantidad de agua de 50 ml, posteriormente se dejó reposo durante 24 horas; para que luego del reposo la muestra se le someta a una centrifugación a 2000 revoluciones por minuto, durante 30 minutos, y para que finalmente separar el agua en exceso y realizar los cálculos por diferencia de peso. Hay que recalcar que se consideró este procedimiento para la fibra tratada y la fibra sin tratar.
- La capacidad de absorción de agua (CDA) consistió en pesar un gramo de fibra seca, y adicionar a una solución sobresaturada de sulfato de potasio,  $a_w = 0.98$ . Esta solución con la fibra de banano se deja reposar por 24 horas y posteriormente filtrarlo y secarlo hasta peso constante y sus respectivos cálculos se reportaron como la ganancia en peso de la muestra y considerando también los tratamientos para la fibra tratada y sin tratar.
- La capacidad de adsorción de agua (CAA) se pesó 1 g de fibra de banano y se le añadió 20 ml de agua destilada, posteriormente se le agitó vigorosamente durante 45 min con el objetivo de desprender todos compuestos químicos solubles en agua. Posteriormente la muestra se dejó sedimentar durante 24 horas y luego se centrifugó a 2500 rpm durante 30 minutos. Se separó el sobrenadante de agua y se midió su volumen y también se pesó la cantidad de fibra, reportándose los resultados como la cantidad de agua ganada por parte de la fibra.

### Extracción de la celulosa

Para la extracción de la celulosa se realizaron tres partes para un solo procedimientos que consisten en hidrólisis básica y ácida y posterior blanqueamiento de la fibra obtenida.

Inicialmente se pesó 200 gr de fibra y para la hidrólisis básica se realizó en caliente con la ayuda de hidróxido de sodio diluido al 15 % P/V con un volumen total de 500 ml hasta alcanzar una temperatura de 80 °C y durante 120 min, además con agitación continua para que la lignina se disuelva y sea removida por medio de las reacciones de hidrólisis dejando la celulosa libre. Luego del proceso de cocción se lavó la celulosa con agua destilada, y se midió el pH obteniendo valores alcalinos comprendidos entre 12,3 hasta 13,5.

Para la hidrólisis ácida, que se realizó después del lavado del tratamiento de la hidrólisis alcalina, se utilizó (Ácido Sulfúrico) a una concentración del 6% en caliente hasta una temperatura de 80 °C durante 80 min y con un volumen de 500 ml de solución total. Después de realizar la hidrólisis ácida se lavó la celulosa extraída con ayuda de agua destilada hasta obtener un pH casi neutro.

Finalmente se procedió al blanqueo de la celulosa obtenida con de hipoclorito de sodio al 10 % en una solución de 700 ml calentado previamente y se mantuvo a una temperatura de 70° C durante 2 h como máximo. Se lavó la misma con agua destilada hasta obtener la medida de pH final comprendido entre 7,5 y 9; posterior a ello, se filtró y se procedió a secar durante un día en una estufa de marca *Memmert* a 35 °C. Adicional a esto, se realizó la cuantificación de la misma mediante la norma TAPPI T- 203 os 74 “obtention gamma cellulose”

### Acetilación de la celulosa extraída

Para la acetilación de la celulosa obtenida, ésta fue sometida a un tratamiento de acetilación homogénea, donde se produce una hidrólisis del grupo acetílico. Para este proceso se usaron tres compuestos: un agente acetilante como es el caso del anhídrido acético, un catalizador tal como el ácido sulfúrico y un diluyente como el ácido acético. Este procedimiento consistió en tomar la muestra de celulosa obtenida, a la cual se añadió una solución que contenía anhídrido acético (glacial) y ácido sulfúrico (1% p/p) caliente, en una relación de 15:4. Esta mezcla se la calentó hasta llegar los 60 °C con agitación constante durante un tiempo de 5 horas, y posteriormente se le añadió ácido acético (10 % p/p) para controlar la reacción. Se dejó sedimentar la celulosa acetilada agregando pequeñas cantidades de agua y se procedió a la filtración de la misma lavando de reiteradas ocasiones hasta alcanzar un pH cercano a la neutralidad.

### Análisis del espectro infrarrojo IR

El análisis IR o espectroscopia infrarrojo se usó para determinar los grupos funcionales presente es en el material estudiado, que es este caso es el acetato de celulosa; la cual se desarrolló este procedimiento que consiste en hacer incidir un espectro de luz infrarroja sobre el material a determinado longitud de onda. Para los fines de este estudio se realizaron en un intervalo de 4400 cm<sup>-1</sup> a 515 cm<sup>-1</sup> de longitud de onda. En este trabajo de investigación se realizó la comparación con la celulosa extraída previa a la acetilación con la celulosa modificada, esto con el objetivo de tener una clara idea de cómo se han producido la acetilación y cuáles fueron sus modificaciones.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis proximal de la fibra de banano

Este análisis proximal fue necesario realizar, debido a que existen diversos factores que influyen en el instante de realizar una modificación de los componentes de la fibra de banano, uno de ellos es la humedad con la que se usó la fibra de banano en el procedimiento indicado, por lo que se obtuvo los siguientes resultados:

### Determinación de la humedad de análisis mediante el analizador de humedad:

Se realizó este procedimiento a seis muestras con el objetivo de tener un resultado representativo en toda la fibra. Es de vital importancia conocer la cantidad de agua con la cuenta la fibra para el procedimiento, puesto que el agua de reticulación afecta los procesos de hidrólisis generando reacciones exotérmicas y por lo tanto el proceso no se realizará en su totalidad.

**Tabla 1** Determinación de la humedad promedio de la fibra de banano

| Prueba N° | Peso (g) | Humedad % | Promedio humedad |
|-----------|----------|-----------|------------------|
| 1         | 2,5      | 2,61      |                  |
| 2         | 2,5      | 2,16      |                  |
| 3         | 2,5      | 2,08      |                  |
| 4         | 2,5      | 2,27      | 2,29 %           |
| 5         | 2,5      | 2,41      |                  |
| 6         | 2,5      | 2,25      |                  |

### Determinación de la solubilidad en agua caliente

A continuación se presentan los resultados de la determinación de la solubilidad de la fibra de banano en agua caliente.

**Tabla 2** Solubilidad de la fibra en agua caliente

| Prueba N° | Peso (g) | % solubilidad    |               |
|-----------|----------|------------------|---------------|
|           |          | Fibra sin tratar | Fibra Tratada |
| 1         | 2,006    | 9,7              | 5,4           |

En la tabla 2 se expone los resultados de la solubilidad en agua caliente para la fibra tratada y sin tratar. La solubilidad en agua caliente es un indicador de los polisacáridos que pueden desprenderse a cierta temperatura con facilidad, en este caso tenemos un valor de 9,7 % sin tratar lo que coinciden con otras especies revisadas en la bibliografía. De cierta manera podremos decir que a mayor porcentaje obtenido mayor solubilidad o mayor desprendimiento de los polisacáridos de la fibra de banano.

### Determinación de la solubilidad en NaOH 1 %

**Tabla 3** Solubilidad en NaOH

| Prueba N° | Peso (g) | % solubilidad NaOH |               |
|-----------|----------|--------------------|---------------|
|           |          | Fibra sin tratar   | Fibra Tratada |
| 1         | 2,1      | 30,01              | --            |

Esta prueba de solubilidad en hidróxido de sodio se realizó para determinar la resistencia que tiene la fibra al ataque de bacterias y hongos, como podemos observar tiene un porcentaje considerable (30%) de solubilidad, lo que indica que a baja solubilidad en hidróxido de sodio tendrá una baja susceptibilidad al ataque de bacterias y hongos y viceversa. La fibra de banano al tener un valor considerable de

solubilidad, va a tener una alta probabilidad de ser afectada por hongos siendo esto muy importante para sus tratamientos químicos.

### La capacidad de retención de agua (CRA)

**Tabla 4** Capacidad de retención de agua

| Prueba N° | Peso (g) | % Retención (CRA) |               |
|-----------|----------|-------------------|---------------|
|           |          | Fibra sin tratar  | Fibra Tratada |
| 1         | 2        | 31,38             | 18,75         |
| 2         | 2,151    | 43,97             | 26,5          |

La tabla 4 nos muestra los resultados obtenidos en el análisis de retención de agua por parte de la fibra de banano, tanto para fibra tratada como para la fibra sin tratar; como era de esperar la fibra sin tratar tiene un porcentaje importante de retención de agua debido a que la fibra en su interior está constituido por paredes celulares además de otros polisacáridos (lignina y hemicelulosa), el cual retiene la mayor cantidad de agua; de tal manera, en la fibra tratada se observa un bajo porcentaje, esto es debido al tratamiento que estuvo sometida la fibra previo a este análisis.

### La capacidad de absorción de agua (CAA)

**Tabla 5** Absorción de agua

| Prueba N° | Peso (g) | Absorción (g/g)  |               |
|-----------|----------|------------------|---------------|
|           |          | Fibra sin tratar | Fibra Tratada |
| 1         | 2,38     | --               | 8,48          |
| 2         | 2,38     | --               | 6,61          |
| 3         | 2,15     | --               | 9,2           |
| 4         | 2,1      | ---              | 9,41          |
| 5         | 2,05     |                  | 9,64          |

Hay que entender que la absorción de agua es la capacidad que tiene la fibra en absorber agua dentro de su estructura y a su vez realizar una degradación principalmente de la hemicelulosa que es bastante soluble en agua. Para el caso de la fibra tratada se puede observar que tiene un bajo valor de absorción, esto es debido al tratamiento previo en el que se ha destruido los polisacáridos más degradables; entonces este valor nos indica que el tratamiento de la fibra ayuda considerablemente a disminuir su absorción de agua.

### La capacidad de adsorción de agua (CDA)

**Tabla 6** Capacidad de adsorción del agua

| Prueba N° | Peso (g) | CDA (%) |
|-----------|----------|---------|
| 1         | 2,34     | 14,1    |
| 2         | 2,25     | 10,2    |
| 3         | 2,10     | 10,1    |

El análisis de la capacidad de adhesión del agua a la fibra ayuda a entender la fracción de la superfi-

cie que quedará libre para la interacción con otros agentes, a esto podemos indicar que a mayor CDA menor será la superficie que estará libre para formar o reaccionar con nuevos agentes. En este caso obtuvimos un CDA promedio del 11 % por lo que podemos decir, que su capacidad de reaccionar de una manera espontánea con otros agentes será favorable.

### Extracción de la celulosa

En la siguiente tabla podemos apreciar los porcentajes de celulosa obtenido en proceso propuesto, se ha realizado a seis muestras con el objetivo de tener un valor representativo de análisis.

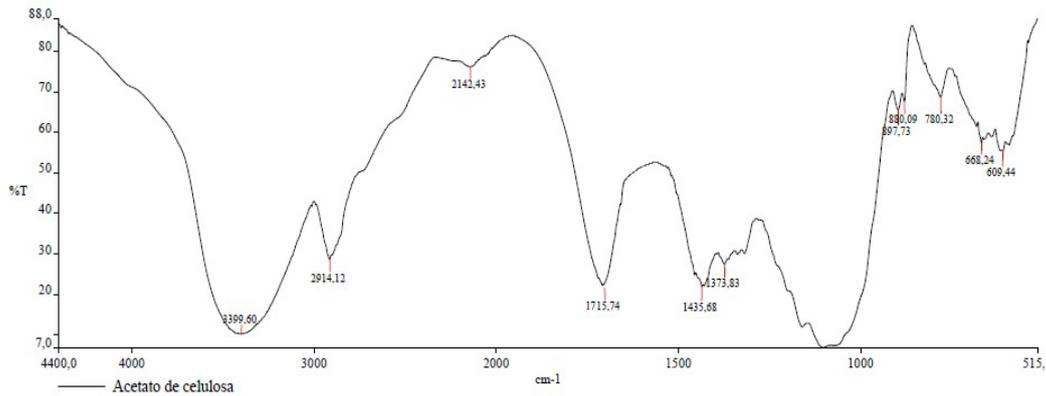
Aquí se evidencia, que la cantidad obtenida de celulosa es considerablemente alta, con un promedio de 54 % en comparación con el método empleado de <sup>8</sup> en el cual se ha obtenido un valor del 33%. Los resultados obtenidos indican que los raquies de banano son una fuente natural de celulosa aprovechable con un alto contenido de celulosa dentro de su estructura.

**Tabla 7** Extracción de la celulosa

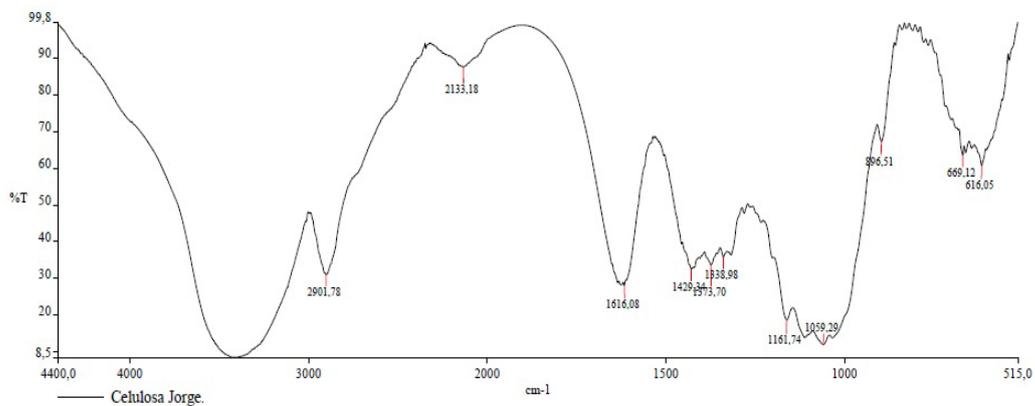
| Prueba N° | Wo (Peso inicial) | W1 (Peso húmedo) | W2 (Peso final seco) | Celulosa % |
|-----------|-------------------|------------------|----------------------|------------|
| 1         | 1,8               | 34,865           | 33,270               | 48,50      |
| 2         | 2,09              | 35,314           | 33,310               | 52,54      |
| 3         | 1,91              | 35,645           | 33,751               | 54,36      |
| 4         | 2,13              | 35,111           | 32,801               | 59,45      |
| 5         | 2,02              | 35,321           | 33,352               | 53,46      |
| 6         | 1,8               | 35,179           | 33,261               | 58,42      |

### Análisis del espectro infrarrojo IR

En el figura 2 podemos ver el espectro del acetato de celulosa o de la celulosa modificado, donde en este grafico se identifica la presencia del grupo funcional acetato en la banda de alrededor de 1715  $\text{cm}^{-1}$  correspondiente a la presencia del grupo carboxílico, y además se puede apreciar la presencia de grupos funcionales  $\text{OH}^-$  dentro del rango 3000 y 4000  $\text{cm}^{-1}$  con una valor de 3399  $\text{cm}^{-1}$  y con una anchura que corresponde exclusivamente a los grupos ya nombrados. En la figura 3 expresa la estructura de la celulosa antes de la modificación de la misma, aquí podemos ver una banda de 1615  $\text{cm}^{-1}$  que corresponde a una señal del grupo funcional  $\text{OH}^-$  debido al agua absorbida por la celulosa durante el tratamiento de hidrolisis y como era de esperar en ambos casos se observa una anchura de banda entre 3000 y 4000  $\text{cm}^{-1}$  debido a la tensión del grupo  $\text{OH}^-$ . Este análisis nos prueba que se ha producido una sustitución del grupo  $\text{OH}^-$  por el grupo acetato como indica la bibliografía.



**Figura 2** Espectro IR del acetato de celulosa



**Figura 3** Espectro de la Celulosa

## CONCLUSIONES

Para la obtención de acetato de celulosa se consideró varios parámetros necesarios para poder aplicar un método de acetilación de una manera eficaz. El tratamiento químico con anhídrido acético, ha modificado su estructura de la celulosa de la fibra de banano el cual se puede evidenciar por medio del análisis IR. Este procedimiento propuesto de acetilación ha sido eficaz y además las condiciones propuestas previas al procedimiento de la modificación han sido las adecuadas que ayudan a la eficiencia de dicho procedimiento.

El análisis IR no indica que la acetilación realizada a la celulosa ha sido homogénea, obteniéndose una sustitución del grupo OH- por el grupo -COOH correspondiente al grupo acetato, el cual ha sido completa. Además podemos concluir que los parámetros para la acetilación han sido los adecuados y ayudan de gran manera a este proceso, sin embargo, un parámetro importante en la acetilación de la fibra de banano es la humedad de análisis ya que esto se puede afectar de gran manera en el proceso de hidrólisis.

## AGRADECIMIENTOS

Por la colaboración del proyecto “Estudio de fibras naturales en polímeros biodegradables” a los laboratorios de Ciencias de la Vida de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca y al grupo de investigación GIVABI por su apoyo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Pérez-Rodríguez, Á. T.; Batista-Zaldívar, M. A.; Velásquez-Infante, J. C.; García-Arias, J. M. Acetato de celulosa del bagazo de la caña de azúcar: plastificación y evaluación de propiedades. *Ciencias Holguín* **2014**, *XX* (1), 1–10.
2. Ardanuy Raso, M. Aplicaciones de las fibras naturales en los textiles de uso técnico. *Química e Industria Textil* **2010**, No. 197, 46–53.
3. Amigó, V.; Salvador, M. D.; Sahuquillo, O. Aprovechamiento de residuos de fibras naturales como elementos de refuerzo de materiales poliméricos. **2012**, 12.

4. Valero-Valdivieso, M. F.; Ortegón, Y.; Uscategui, Y. Biopolímeros: avances y perspectivas. *DYNA* **2013**, *80* (181), 171–180.
5. Cuéllar, A.; Muñoz, I. Fibra de guadua como refuerzo de matrices poliméricas. *DYNA* **2010**, *77* (162), 137–142.
6. Vera, F. L.; Cortes, H. A. M.; Murcia, C. V.; Galvis, I. C. Modificación Superficial de Micro Fibras de Celulosa Obtenidas a Partir de Bagazo de Caña de Azúcar Usando Silanización. *Informador Técnico* **2014**, *78* (2), 106–114.
7. Vilorio, P. R.; Marfisi, S.; Rondón, P. O.; Gáscue, B. R. de; Peña, G. Obtención de celulosa microcristalina a partir de desechos agrícolas del Cambur (*Musa sapientum*). Síntesis de celulosa microcristalina. *Revista Iberoamericana de Polímeros* **2014**, *15* (6), 286–300.
8. Cataño Rueda, E. H. Obtención y caracterización de nanofibras de celulosa a partir de desechos agroindustriales. Tesis de Grado, Universidad Nacional de Colombia, 2009.