



Artículo de investigación

Caracterización química de la corteza del árbol de la Quina (*Cinchona officinalis*) para su consideración como materia prima lignocelulósica

Jhonny J. Medina B.^{1*} , Edgar Catari² 

¹ Laboratorio de Polímeros, Centro de Investigaciones Químicas, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela.

² Laboratorio de Polímeros, Centro de Química “Gabriel Chuchani”, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), Altos de Pipe, Venezuela.

Resumen

Los materiales lignocelulósicos constituyen una fuente de recursos renovables de suma importancia; por lo que se planteó como objetivo realizar la caracterización química de la corteza del árbol de la Quina (*Cinchona officinalis*) para su consideración como materia prima lignocelulósica. Para esto, la corteza del árbol de la Quina, del tipo Quina amarilla, se secó a temperatura ambiente, se molió y se tamizó antes de su caracterización. Los resultados indican que la corteza del árbol de la Quina posee un pH de 6,29, una densidad aparente suelta de 0,272 g/mL, una densidad aparente empacada de 0,392 g/mL y una humedad de 7,65 %. La absorción de humedad medida a las 24 horas fue de 7,31 %. Respecto al contenido de sustancias solubles, a temperatura ambiente, se encontró: en el agua 17,33 % p/p, en hexano 6,87 % p/p, en la mezcla de tolueno-etanol (2: 1) 2,87 % p/p, en etanol al 95 %, 8,37 % p/p y en agua a 95 °C se detectó un 13,59 % p/p. En relación al material lignocelulósico, se determinó un contenido de lignina insoluble en ácido de 13,93 % p/p, de celulosa de 28,65 % p/p y de hemicelulosas totales de 57,42 % p/p. El contenido de sustancias minerales fue 8,57 % p/p. En virtud de estos resultados, se considera a la corteza del árbol de la Quina como materia prima lignocelulósica para la elaboración de materiales poliméricos.

Palabras clave: corteza, árbol de la Quina, *Cinchona officinalis*, material lignocelulósico.



Recibido: 21 de Mayo del 2022

Aceptado: 11 de Octubre del 2022

Publicado: 11 de agosto del 2023

Conflicto de intereses: los autores declaran que no existen conflicto de intereses.

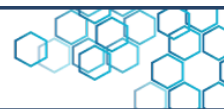
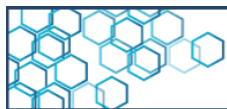
DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.7164869>

***Autor para correspondencia:**

Jhonny Medina



e-mail:

jhonnymedina@yahoo.com;



Research article

Chemical Characterization of the Bark of the Cinchona Tree (*Cinchona officinalis*) for its Consideration as Lignocellulosic Raw Material

Jhonny J. Medina B.^{1*} , Edgar Catari² 

¹ Laboratorio de Polímeros, Centro de Investigaciones Químicas, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela.

² Laboratorio de Polímeros, Centro de Química “Gabriel Chuchani”, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), Altos de Pipe, Venezuela.

Abstract

Lignocellulosic materials constitute a source of renewable resources of great importance; therefore, it was proposed the chemical characterization of the bark of the Cinchona tree (*Cinchona officinalis*) for its consideration as a lignocellulosic raw material. For this, the bark of the Cinchona tree, of the yellow Cinchona type, was dried at room temperature, milled and sieved before its characterization. The results indicate that the bark of the Cinchona tree has a pH of 6.29, a loose bulk density of 0.272 g/mL, a packed bulk density of 0.392 g/mL, and a moisture content of 7.65 % w/w. Moisture absorption measured at 24 hours was 7.31 % w/w. Regarding the content of soluble substances, 17.33 % w/w was found in water at room temperature; in hexane, 6.87 % w/w; in the mixture of toluene-ethanol (2:1), 2.87 % w/w; in ethanol at 95 %, 8.37 % w/w and into the water at 95 °C was of 13.59 % w/w. In relation to the lignocellulosic material, acid-insoluble lignin content of 13.93 % w/w, cellulose of 28.65 % w/w, and total hemicelluloses of 57.42 % w/w were determined. The content of mineral substances was 8.57 % w/w. By virtue of these results, the bark of the Cinchona tree can be considered a lignocellulosic raw material for the production of polymeric materials.

Keywords: bark, Chinchona tree, *Cinchona officinalis*, lignocellulosic material.



CIENCIA EN REVOLUCIÓN

Received: May 21, 2022

Accepted: October 11, 2022

Published: August 11, 2023

Conflict of interests: the authors declare that there are no conflicts of interest.

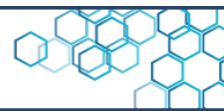
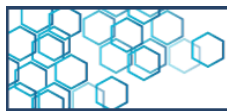
DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.7164869>

***Corresponding author:**

Jhonny Medina

e-mail:

jhonnymedina@yahoo.com

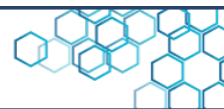
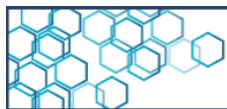


1. Introducción

Nativo de los valles andinos de Sudamérica, el árbol de la Quina, perteneciente al género *Cinchona*, se extiende desde Costa Rica y parte de las cadenas montañosas de Venezuela a lo largo de los Andes tropicales, hasta Bolivia. La mayor concentración de este árbol se encuentra al sur del Ecuador y norte del Perú, éste posee más de 40 especies e híbridos que se distribuyen desde los 10° latitud norte hasta los 19° latitud sur, y desde los 700 hasta 2.900 metros sobre el nivel del mar [1, 2, 3].

De todas las especies de *Cinchona*, las más estudiadas son: la *C. officinalis* L. y la *C. calisaya* W, es de resaltar que a partir de estas especies se han podido aislar cerca de 25 alcaloides diferentes entre los que se encuentran la quinina, quinidina, cinchonina y cinchonidina; los cuales están contenidos en la corteza de la Quina en un porcentaje que varía entre el 7 % y el 12 % en peso. Además, existen otros alcaloides minoritarios que son precursores de la formación de los alcaloides mayoritarios como el triptófano, ácido quínico, entre otros [2, 4].

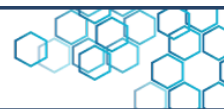
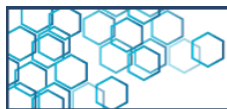
La popularidad de las *Cinchonas* data del siglo XVII, cuando se inició el uso de la corteza del árbol de la Quina en el tratamiento de la malaria, debido a su contenido de alcaloides como la quinina, la cual combate efectivamente dicha enfermedad [4]. A pesar de los altibajos que ha tenido el uso de la corteza de Quina en medicina, debido al uso masivo de los compuestos sintéticos alternativos a la quinina, su interés ha renacido en las últimas décadas ya que los parásitos de la malaria han desarrollado resistencia a los medicamentos sintéticos. La quinina es el



único compuesto antimalárico ante el cual el parásito *Plasmodium falciparum* no ha exhibido resistencia [4]. Adicionalmente, la corteza del árbol de la Quina se utiliza en el tratamiento de las hemorroides y de los calambres en los pies, tiene aplicaciones como anestésico, analgésico, antiséptico, astringente, febrífugo, y se utiliza en la industria de alimentos y bebidas, entre otros [4, 5].

Se han reportado diversos trabajos referentes a la composición química de los extractos alcaloides de la corteza del árbol de la Quina [1-6]. Sin embargo, la información bibliográfica sobre el contenido lignocelulósico de la corteza de Quina es escasa. Este último aspecto es de gran importancia, debido al interés actual que tienen los materiales lignocelulósicos como refuerzos naturales en la producción de compuestos poliméricos [7-10]. La incorporación de materiales lignocelulósicos ha logrado incrementar las propiedades mecánicas de los compuestos poliméricos [11, 12, 13], entre los materiales lignocelulósicos que se han utilizado en la producción de biocompuestos para diferentes aplicaciones, se pueden mencionar: lino, cáñamo, yute, palmera datilera, sisal, bonote, fibras de ramio, coco, entre otros [14-19].

Es de hacer notar que el término material lignocelulósico incluye a todo material natural fibroso que contiene celulosa, hemicelulosa y lignina en su estructura. La proporción de estos componentes dependen del tipo y fuente del material [20, 21, 22]. La celulosa es un biopolímero semicristalino formado por unidades de D-glucosa con enlaces β -(1-4)-glicosídicos; y se considera el compuesto químico orgánico más abundante en la tierra. Las hemicelulosas son biopolímeros heterogéneos cortos ramificados compuestos por pentosas, hexosas y diferentes tipos de ácidos urónicos. Las hemicelulosas representan



un recurso renovable que se emplea en la industria química, alimenticia, farmacéutica y cosmética. En tanto que la lignina es un biopolímero aromático muy complejo y amorfo, que exhibe una baja absorción de agua [23, 24, 25]. Se puede afirmar que en la naturaleza se encuentran en promedio un 20 al 40 % p/p de hemicelulosa, de 30 a 60 % p/p de celulosa y un 10 al 25 % p/p de lignina [24].

Ahora bien, los materiales lignocelulósicos representan el componente mayoritario en los residuos agrícolas, agroindustriales y agroforestales en el mundo, por lo que constituyen una fuente de recursos renovables de suma importancia. Aunado a su bajo costo, resistencia a la corrosión, entre otras características que incentivan su uso en el desarrollo de materiales poliméricos [23, 26, 27, 28]. Por lo anterior señalado, se planteó como objetivo de este trabajo, la caracterización química de la corteza del árbol de la Quina (*Cinchona officinalis*) para su consideración como materia prima lignocelulósica en el desarrollo de compuestos a base de almidón termoplásticos, que se llevan a cabo en el Laboratorio de Polímeros del Centro de Investigaciones Química de la Universidad de Carabobo, Venezuela.

2. Metodología

La corteza del árbol de la Quina utilizada en este trabajo fue del tipo Quina amarilla [6], proveniente del estado Bolívar, al sur de Venezuela. La corteza fue secada a temperatura ambiente durante 24 horas, luego se molió en un molino manual, marca Corona y se tamizó sobre un tamiz ASTM-N°20, con abertura de 0,0328 pulgadas. En la Figura 1, se presenta la corteza de Quina sin moler, molida y tamizada.

Esta última se empleó en las pruebas de caracterización que se describen a continuación.



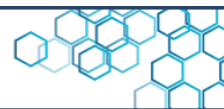
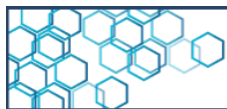
Figura 1. Corteza del árbol de la Quina: a) sin moler, b) molida, c) tamizada.

2.1 Determinación del pH

La determinación del pH se realizó mediante una modificación del procedimiento ISI 26-5e descrito por el Instituto Internacional del Almidón (siglas en inglés ISI) [29]. Para esto, se mezcló 5,0 g de corteza de Quina seca con 50,0 mL de agua destilada, la suspensión obtenida fue agitada durante 25 minutos. Luego se filtró a través de un papel de filtro No. 4 y se tomó una alícuota de 20 mL para medir el pH con un pHmetro, marca Orión, modelo 410A, previamente calibrado.

2.2 Determinación de la densidad suelta y compactada

Para la determinación de la densidad aparente, suelta y compactada, se empleó una modificación de la metodología señalada por



Smith (1967) [30]. Para la densidad de la corteza suelta, se pesó en una balanza analítica un cilindro vacío de 10 mL de capacidad; luego, empleando un embudo se añadió la corteza de Quina molida hasta completar el aforo del cilindro; posterior a esto, se pesó el cilindro lleno de corteza. El cálculo de la densidad aparente de la corteza suelta se realizó empleando la Ecuación 1.

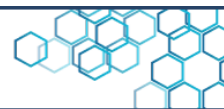
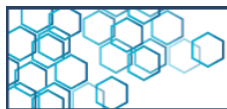
$$\frac{g}{ml} = \frac{M_{cll} (g) - M_{cv} (g)}{10 ml} \quad \text{Ec. 1}$$

Donde M_{cll} es la masa (expresada en gramos) del cilindro lleno con la corteza suelta y M_{cv} es la masa (expresada en gramos) del cilindro vacío.

En cuanto a la densidad compactada, el cilindro aforado con la corteza molida se colocó en un vibrador durante cinco minutos, posterior a esto se midió el volumen ocupado por la muestra y se pesó el cilindro con la muestra. El cálculo de la densidad aparente de la corteza compactada se realizó empleando la Ecuación 2.

$$\frac{g}{ml} = \frac{M_{cc} (g) - M_{cv} (g)}{V_{me} (ml)} \quad \text{Ec. 2}$$

Donde M_{cc} es la masa (expresada en gramos) del cilindro con la corteza compactada, M_{cv} es la masa (expresada en gramos) del cilindro vacío y V_{me} es el volumen (expresado en mililitros) de la muestra empacada.



2.3 Determinación de la humedad

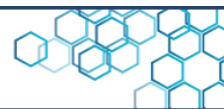
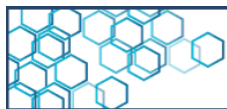
El contenido de humedad se determinó empleado el procedimiento descrito en el método A de la norma ASTM D4442-20 [31]. Para esto, se pesó en una balanza analítica, un gramo de corteza molida húmeda, luego se colocó en una estufa a 103 °C durante dos horas. Se dejó enfriar en un desecador durante 25 minutos y se pesó la muestra seca en su recipiente hasta obtener peso constante. El contenido de humedad de la corteza se calculó empleando la Ecuación 3.

$$\% = \frac{Mch (g) - Mms (g)}{Mch (g)} \times 100 \quad \text{Ec. 3}$$

Donde Mch es la masa (en gramos) de la corteza molida húmeda y Mms es la masa (en gramos) de la muestra seca.

2.4 Determinación de la absorción de humedad

Para la determinación de la absorción de humedad se empleó el procedimiento señalado por Jumaidin [12]. Para esto, la muestra seca resultante de la prueba de humedad (2.3) se colocó en un desecador durante 24 horas; posterior a esto se pesó y se colocó en una cámara con una humedad relativa y temperatura determinada; luego, la muestra se pesó cada hora durante 4 horas consecutivas hasta completar 24 horas de medidas.



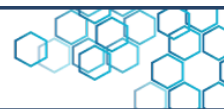
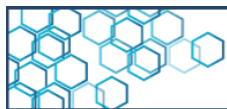
2.5 Determinación del contenido de sustancias solubles en agua a temperatura ambiente

El contenido de sustancias solubles en agua a temperatura ambiente se determinó mediante una modificación del procedimiento descrito en la Norma TAPPI T 207-08 [22, 32]. Para esto, se colocó un gramo de corteza molida en un recipiente de 250 mL de capacidad, se añadieron 100 mL de agua destilada y la suspensión se dejó a temperatura ambiente durante 48 horas, bajo agitación frecuente. Luego, se filtró a través de un papel de filtro No. 4 y el sólido resultante se secó en la estufa a 103 °C hasta obtener una masa constante. El contenido de sustancias solubles en agua a temperatura ambiente se determinó empleando la Ecuación 4. Donde M_{ci} es la masa (en gramos) de la corteza molida colocada en el recipiente y M_{rs} es la masa (en gramos) del sólido resultante seco.

$$\% = \frac{M_{ci} (g) - M_{rs} (g)}{M_{ci} (g)} \times 100 \quad \text{Ec. 4}$$

2.6 Determinación del contenido de sustancias extraíbles

El contenido de sustancias solubles en hexano se determinó mediante el procedimiento descrito por la norma ASTM D1105-21 [23, 33].



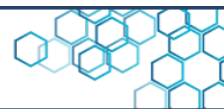
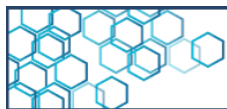
Para esto, se realizó una extracción continua en un equipo Soxhlet durante cuatro horas, empleando hexano como disolvente y colocando un gramo de corteza de Quina molida en un dedal de celulosa. Este mismo procedimiento se utilizó para la determinación del contenido de sustancias solubles en tolueno-etanol (2:1 V/V), y para el contenido de sustancias solubles en etanol al 95 %. El contenido de sustancias extraíbles se determinó empleando la Ecuación 5 para cada solvente utilizado.

$$\% = \frac{M_{cx} (g) - M_{xs} (g)}{M_{cx} (g)} \times 100 \quad \text{Ec. 5}$$

Donde M_{cx} es la masa (en gramos) de la corteza molida colocada en el equipo Soxhlet al inicio y M_{xs} es la masa (en gramos) del sólido resultante seco.

2.7 Determinación del contenido de sustancias solubles en agua a 95 °C

El contenido de sustancias solubles en agua a 95 °C se determinó mediante el procedimiento descrito por la norma TAPPI T 207-08 [22, 32]. Para esto, en un balón fondo redondo de 250 mL de capacidad se colocó un gramo de corteza molida y se le adaptó un condensador, el sistema fue entonces puesto bajo reflujo con 100 mL de agua destilada durante tres horas. La suspensión obtenida se dejó enfriar hasta temperatura ambiente y se filtró sobre un papel de filtro No. 4.

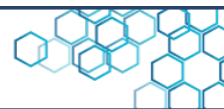
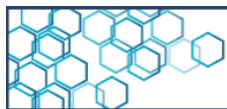


Posteriormente, el sólido se secó en la estufa a 103 °C, se dejó enfriar en un desecador y se pesó hasta obtener una masa constante. El contenido de sustancias solubles en agua a 95 °C se realizó empleando la Ecuación 4.

2.8 Determinación del contenido de lignina insoluble en ácido

El contenido de lignina insoluble en ácido se determinó mediante el procedimiento descrito por la norma TAPPI T 222-06 [22, 34]. Para esto, en un balón fondo redondo de 250 mL se colocó un gramo de corteza libre de sustancias extraíbles (obtenida del procedimiento descrito en el apartado 2.6); luego, se añadieron 15 mL de H₂SO₄ al 72 % v/v y se mezcló en agitación constante durante dos horas, a 15 °C; se agregó agua destilada hasta completar 100 mL y se colocó bajo reflujo durante cuatro horas. Se dejó enfriar hasta temperatura ambiente, se filtró sobre un papel de filtro No. 4 y el sólido obtenido se secó en la estufa a 103 °C por 24 horas. Luego, se dejó enfriar en un desecador y se pesó hasta obtener una masa constante. El contenido de lignina insoluble en ácido se calculó empleando la Ecuación 6. Donde Msl es la masa (en gramos) de la corteza libre de sustancias extraíbles y Mrl es la masa (en gramos) del sólido obtenido seco.

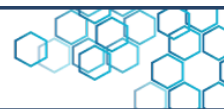
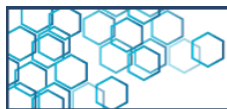
$$\% = \frac{Msl (g) - Mrl (g)}{Msl (g)} \times 100 \quad \text{Ec. 6}$$



2.9 Determinación del contenido de celulosa

El contenido porcentual de celulosa se determinó mediante el método de Kûrshner-Höffer [22]. Para esto, en un balón fondo redondo de 100 mL de capacidad, se colocó un gramo de corteza libre de sustancias extraíbles con 20 mL de mezcla reactiva constitutiva de HNO₃-etanol en relación 1:4; luego, se adaptó un condensador y el sistema se colocó bajo reflujo durante una hora. Se dejó decantar para separar el sobrenadante. Al sólido resultante se le añadieron 20 mL de la mezcla reactiva de HNO₃-etanol. Esta operación se repitió tres veces. Posteriormente, se añadió 20 mL de una solución acuosa de KOH al 1 % p/p y se agitó durante 30 minutos, la suspensión obtenida fue filtrada y el sólido se secó en la estufa a 103 °C por 24 horas, seguidamente, se dejó enfriar en un desecador y se pesó hasta una masa constante. El contenido de celulosa se determinó empleando la Ecuación 7. Donde *Msl2* es la masa (en gramos) de la corteza libre de sustancias extraíbles y *Mrc* es la masa (en gramos) del sólido obtenido seco.

$$\% = \frac{Msl2 (g) - Mrc (g)}{Msl2 (g)} \times 100 \quad \text{Ec. 7}$$



2.10 Estimación del contenido de hemicelulosas totales

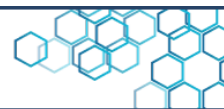
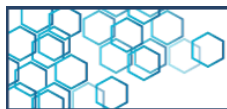
El contenido de hemicelulosas totales se estimó siguiendo el procedimiento reportado por Orea et al. [22], mediante la diferencia entre 100 %, la suma del porcentaje de celulosa y el porcentaje de lignina, tal como se muestra en la Ecuación 8. Donde % C es el contenido de celulosa y % L es el contenido de lignina.

$$\% = 100 - (\% C + \% L) \quad \text{Ec. 8}$$

2.11 Determinación del contenido de sustancias minerales

El contenido de sustancias minerales se determinó mediante el procedimiento descrito en la norma TAPPI T-211-16 [22, 35]. Para esto, se calcinó un gramo de corteza, en una mufla Thermolyne TM modelo 48000, a 575 °C durante seis horas. El contenido de sustancias minerales se determinó empleando la Ecuación 9.

$$\% = \frac{Msm (g)}{Mcs (g)} \times 100 \quad \text{Ec. 9}$$



Donde Msm es la masa (en gramos) de las sustancias minerales o cenizas obtenidas y Mcs es la masa (en gramos) de la muestra de corteza utilizada.

3. Discusión de resultados

En la Tabla 1, se muestran los resultados obtenidos en las pruebas de caracterización fisicoquímica realizadas a la corteza del árbol de Quina molida. Al comparar los mismos con aquellos reportados en la literatura, se concluyó que los materiales lignocelulósicos presentaron características que varían según su procedencia y tipo, así como, la edad de la planta, el proceso de extracción empleado, la parte de la planta de donde se extrajo el material, entre otros [36]. En este sentido, el pH promedio determinado fue de $(6,29 \pm 0,02)$, este valor se encuentra dentro del rango de 5,20 a 6,50 que reportan diversos autores para su aprovechamiento como sustrato o relleno para la elaboración de compuestos poliméricos [37, 38, 39].

Tabla 1. Características físico químicas de la corteza de Quina

Nota: la desviación estándar reportada es el resultado de realizar los ensayos de caracterización por quintuplicados

Parámetros	Resultado
pH 10% ($\text{adim} \pm 0,02$)	6,29
Densidad aparente suelta ($\text{g/mL} \pm 0,007$)	0,272
Densidad aparente empacada ($\text{g/mL} \pm 0,008$)	0,392
Contenido de humedad ($\% \pm 0,11$)	7,65

La densidad aparente suelta y empacada, de la corteza del árbol de Quina molida fue de $(0,272 \pm 0,007)$ g/mL y $(0,392 \pm 0,008)$ g/mL, respectivamente. Los valores de densidad suelta y empacada obtenidos fueron inferiores a 0,400 g/mL, razón por la cual, se considera a la corteza como un material de baja densidad [40]. La densidad aparente hace referencia a la masa y espacio que ocupa el material, aspectos importantes considerados para el transporte y manipulación de estos materiales.

Por otro lado, el contenido de humedad de la corteza del árbol de Quina molida fue de $(7,65 \pm 0,11)$ % p/p, mientras que la absorción de humedad fue 5,15 % p/p en la primera hora de ensayo y 7,31 % a las 24 horas, como se muestra en la Figura 2.

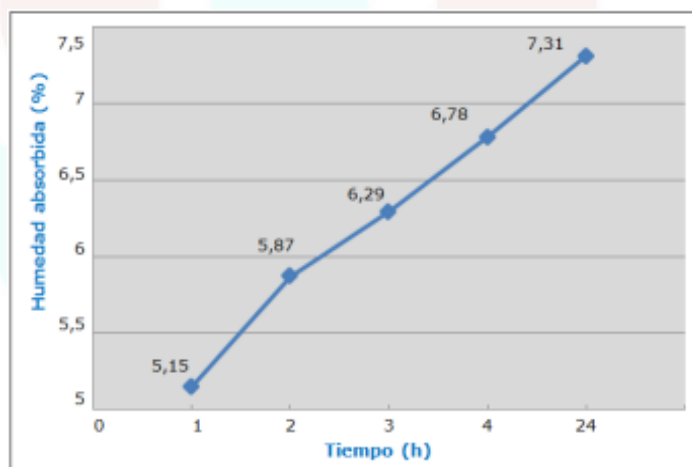


Figura 2. Representación gráfica del porcentaje de humedad absorbida (%) por la corteza del árbol de la Quina en función del tiempo (h), en un lapso de 24 horas

Estos valores se encuentran en el rango reportado por diversos autores. Quienes indican que la humedad absorbida por los

materiales lignocelulósicos puede variar de entre 5 a 10 % en peso. Esto es debido al carácter hidrófilo que presentan los materiales lignocelulósicos a consecuencia de la presencia de un grupo carbonilo terminal libre y de los grupos hidroxilos de las unidades de polisacáridos existentes en la hemicelulosa [8, 26], como se muestra en la Figura 3.

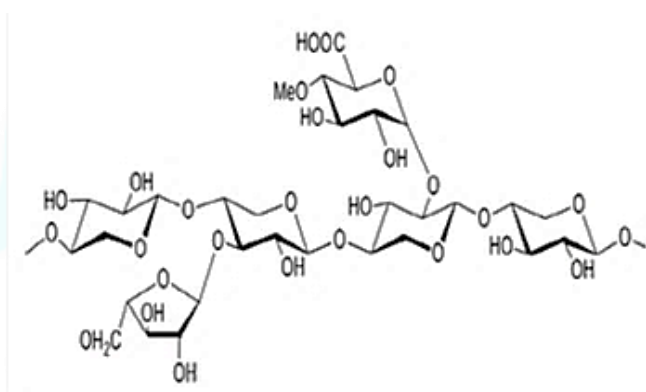


Figura 3. Estructura molecular de la hemicelulosa

En la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos en la determinación del contenido de sustancias solubles en solventes de diferente polaridad. El orden de polaridad de los solventes empleados es el siguiente: agua > etanol > tolueno > hexano. En este sentido, a temperatura ambiente se obtuvo: en el agua ($17,33 \pm 0,40$) % p/p de sustancias solubles; en hexano ($6,87 \pm 0,28$) % p/p; en la mezcla de tolueno-etanol (2:1 v/v), ($2,87 \pm 0,23$) % p/p; en etanol al 95 % v/v, ($8,37 \pm 0,55$) % p/p y en agua a 95 °C ($13,59 \pm 0,95$) % p/p. Es de resaltar que, las sustancias extraíbles son un grupo de compuestos químicos, constituidos por ácidos grasos, alcoholes grasos, ácidos resínicos, terpenos, fenoles,

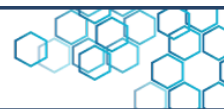
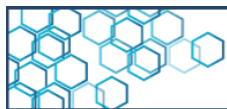
taninos, compuestos nitrogenados, azúcares, grasas, ceras, esteroides, y alcaloides [41]; éstos últimos pueden representar entre el 7 % al 12 % p/p de las sustancias solubles existentes en la corteza del árbol de Quina [2, 4].

Tabla 2. Contenido de sustancias solubles en solventes con diferente polaridad

Parámetro	Resultado
Agua a temperatura ambiente (% ± 0,40)	17,33
Hexano (% ± 0,28)	6,87
Tolueno-etanol (2:1 v/v) (% ± 0,23)	2,87
Etanol al 95% (% ± 0,55)	8,37
Agua a 95 °C (% ± 0,95)	13,59

Nota: la desviación estándar reportada es el resultado de realizar los ensayos de caracterización por quintuplicados

Estas sustancias se distribuyen en los solventes utilizados de acuerdo a su polaridad [23]. La cuantificación de estas sustancias se fundamenta en que influyen en las propiedades fisicoquímicas de los materiales lignocelulósicos [8], aspecto que juega un papel importante para que un determinado material lignocelulósico sea considerado como materia prima para la elaboración de materiales poliméricos [8, 26].

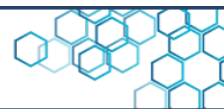
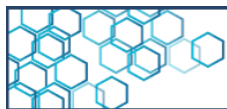


En la Tabla 3 se muestran los resultados obtenidos en la determinación del contenido lignocelulósico y minerales de la corteza. En cuanto a los compuestos estructurales como la lignina y la celulosa, se determinó un contenido de $13,93 \pm 0,76$ % p/p para la lignina insoluble en ácido y $28,65 \pm 0,53$ % p/p de celulosa. En tanto que para los compuestos no estructurales se obtuvo un contenido de $57,42 \pm 0,23$ % p/p de hemicelulosa y $8,57 \pm 0,40$ % p/p de sustancias minerales. Estos valores se encuentran en el rango reportado por diversos autores para diferentes materiales lignocelulósicos, tales como: lino, cáñamo, yute, palmera datilera, sisal, bonote, fibras de ramio, coco, entre otros, que se han utilizado en la producción de materiales poliméricos [14-19, 42]. Es de hacer notar que las características de estos recursos naturales son un indicador valioso a la hora de producir materiales compuestos, ya que permiten modificar las propiedades mecánicas y térmicas de los materiales poliméricos resultantes [9, 26].

Tabla 3. Contenido lignocelulósico y minerales en la corteza del árbol de Quina.

Parámetro	Resultado
Lignina insoluble en ácido (% \pm 0,76)	13,93
Celulosa (% \pm 0,53)	28,65
Hemicelulosas totales (% \pm 0,23)	57,42
Sustancias minerales (% \pm 0,40)	8,57

Nota: la desviación estándar reportada es el resultado de realizar los ensayos de caracterización por quintuplicados

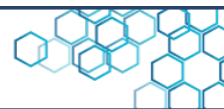
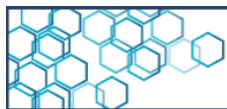


4. Conclusiones

La información encontrada en la literatura científica sobre la composición de la corteza del árbol de la Quina (*Cinchona officinalis*) es insuficiente, razón por la cual su caracterización química aporta información de relevancia. La corteza del árbol de la Quina del tipo Quina amarilla, procedente del estado Bolívar, al sur de Venezuela presentó: pH 6,29, densidad aparente suelta 0,272 g/mL, densidad aparente empacada 0,392 g/mL, humedad de 7,65 %. La absorción de humedad a 24 horas fue de 7,31 %. En cuanto al contenido de sustancias solubles se encontró en el agua a temperatura ambiente un 17,33 % p/p, 6,87 % p/p en hexano, 2,87 % p/p en la mezcla de tolueno-etanol (2:1 v/v), 8,37 % p/p en etanol al 95 % y 13,59 % p/p en agua a 95 °C. En relación al material lignocelulósico se determinó: 13,93 % p/p de contenido de lignina insoluble en ácido, 28,65 % p/p de celulosa y 57,42 % p/p de hemicelulosas totales. El contenido de sustancias minerales fue de 8,57 % p/p. Por todo lo anterior señalado, la corteza del árbol de la Quina se considera como materia prima lignocelulósica potencial (carga o relleno) para la elaboración de materiales basados en polímeros.

5. Referencias

[1] V. Eras, J. Minchala, J. Moreno, M. Yaguana, M. Sinche y C. Valarezo. Estructura, composición florística y fisiología reproductiva de *Cinchona officinalis* L. en la provincia de Loja, laboratorio de micropropagación vegetal. Universidad Nacional de Loja. Ecuador: 160 p., 2019.



[2] A. Mesa, A. Quinto y S. Blair. Cuantificación de quinina en extractos de *Cinchona pubescens* y evaluación de la actividad antiplasmodial y citotóxica. Boletín latinoamericano y del caribe de plantas medicinales y aromáticas, 12(6), 592-602, 2013.

[3] L. Huamán, J. Albán y E. Chilquillo. Aspectos taxonómicos y avances en el conocimiento del estado actual del árbol de la quina (*Cinchona officinalis* L.) en el norte de Perú. Ecología Aplicada, 18(2), 145-153, 2019. DOI: <https://doi.org/10.21704/rea.v18i2.1333>

[4] E. Cuyubamba, B. de Oliveira, K. Ochoa y V. Pinedo. Estudio químico de los tallos de *Cinchona pubescens* Vahl. Rev Soc quím Perú, 75(1), 54-63, 2009.

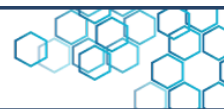
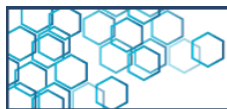
[5] C. Cifuentes. Estudio de la Composición química del tónico amargo de la corteza de quina roja (*Cinchona pubescens*). Tesis de grado para la obtención del título de bioquímico farmacéutico. Escuela superior politécnica de Chimborazo. Riobamba – Ecuador, 2013.

[6] J. Arévalo y M. Brito. Evaluación de los procesos de extracción de quinina a partir de la corteza de quina (*Cinchona officinalis*) para la producción de compuestos farmacéuticos. Trabajo especial de grado para optar al título de ingeniero químico. Facultad de ingeniería. Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela, 2019.

[7] D. Sampathkumar, R. Punyamurthy, B. Bennehalli and S. Venkateshappa. Physical Characterization of Natural Lignocellulosic Single Areca Fiber. Ciência & Tecnologia dos Materiais, 27(2), 121-135, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ctmat.2015.10.001>

[8] S. Chaitanya, A. Singh and I. Singh. Processing of Lignocellulosic Fiber-Reinforced Biodegradable Composites. Natural Fiber-Reinforced Biodegradable and Bioresorbable Polymer Composites, 163-181, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-100656-6.00009-1>

[9] K. Bruton, R. Hazael, R. Critchley and S. Bloodworth-Race. Lignocellulosic Natural Fibers in Polymer Composite Materials: Benefits, Challenges and Applications. Encyclopedia of Materials: Plastics and Polymers, 3, 353-369, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820352-1.00053-5>



[10] B. Pejić, A. Kramar, B. Obradović, M. Kuraica, A. Zekić and M. Kostić. Effect of Plasma Treatment on Chemical Composition, Structure and Sorption Properties of Lignocellulosic Hemp Fibers (*Cannabis sativa* L.). *Carbohydrate Polymers*, 236, 116000, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116000>

[11] W. Cheng. Preparation and Properties of Lignocellulosic fiber/CaCO₃/thermoplastic Starch Composites. *Carbohydrate Polymers*, 211, 204–208, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.01.062>

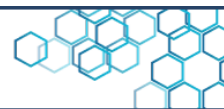
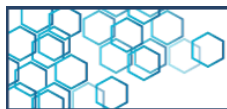
[12] R. Jumaidin, M. Akmal, Z. Sutan, S. Sapuan y R. Ahmad. Effect of Cogon Grass Fibre on the Thermal, Mechanical and Biodegradation Properties of Thermoplastic Cassava Starch Biocomposite. *International Journal of Biological Macromolecules*, 146, 746–755, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.11.011>

[13] A. Osman, A. Ashafee, S. Adnan S and A. Alakrach. Influence of Hybrid Cellulose/Bentonite Fillers on Structure, Ambient, and Low Temperature Tensile Properties of Thermoplastic Starch Composites. *Polymer Engineering and Science*, 60, 4, 810–822, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1002/pen.25340>

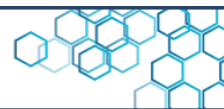
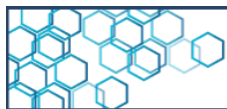
[14] A. Oushabi. The Pull-Out Behavior of Chemically Treated Lignocellulosic Fibers/Polymeric Matrix Interface (LF/PM): A review. *Composites Part B*, 174, 107059, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2019.107059>

[15] A. Ghanbari, T. Tabarsa, A. Ashori, A. Shakeri and M. Mashkour. Thermoplastic Starch Foamed Composites Reinforced with Cellulose Nanofibers: Thermal and Mechanical Properties. *Carbohydrate Polymers*, 197, 305–311, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.06.017>

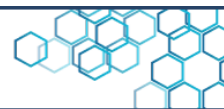
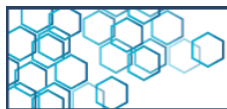
[16] J. Gironés, J. López, P. Mutjé, A. Carvalho, A. Curvelo A and F. Vilaseca. Natural Fiber-Reinforced Thermoplastic Starch Composites Obtained by Melt Processing. *Composites Science and Technology*, 72(7), 858–863, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2012.02.019>



- [17] P. Balakrishnan, S. Gopi, M. S. Sreekala, S. Thomas. UV Resistant Transparent Bionanocomposite Films Based on Potato Starch/Cellulose for Sustainable Packaging. 2008. *Starch/Stärke*, 70, 1 2,1700139. DOI: <https://doi.org/10.1002/star.20170013>
- [18] M. Mitrus y L. Moscicki. Extrusion-Cooking of Starch Protective Loose-Fill Foams. *Chemical Engineering Research and Design*, 92(4), 778-783, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2013.10.027>
- [19] J. López, P. Mutjé, A. Carvalho, A. Curvelo and J. Gironès. Newspaper Fiber-Reinforced Thermoplastic Starch Biocomposites Obtained by Melt Processing: Evaluation of the Mechanical, Thermal and Water Sorption Properties. *Industrial Crops and Products*, 44, 300 305,2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.11.020>
- [20] B. Queiroz, H. Ciol, N. Inada and E. Frollini. Hydrogel from All in All Lignocellulosic Sisal Fibers Macromolecular Components. *International Journal of Biological Macromolecules*, 181, 978-989, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.04.088>
- [21] A. Rangan, M. Manchiganti, R. Thilaividankan, S. Kestur and R. Menon. Novel Method for the Preparation of Lignin-Rich Nanoparticles from Lignocellulosic Fibers. *Industrial Crops and Products*, 103, 152 160, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.03.037>
- [22] U. Orea, E. Cordero E, N. Pérez y R. Gómez. Composición química de la corteza de tres especies de eucaliptos, a tres alturas del fuste comercial. *Revista Forestal Venezolana*, 50(1), 45-52, 2003.
- [23] M. Rosales, J. Honorato, A. Santos, M. Pérez, G. Colotl, V. Sánchez. Composición química de las hojas y ramas de *Cedrela odorata* L. de dos plantaciones forestales como fuente de materia prima lignocelulósica. *Madera y Bosques*, 22(2), 131 146, 2016. DOI: <https://doi.org/10.21829/myb.2016.2221330>
- [24] C. Covino, A. Sorrentino, P. Di Pierro, G. Roscigno, A. PiaVece, P. Masi. Lignocellulosic Fibres from Enzyme-Treated Tomato Plants: Characterisation and Application in Paperboard Manufacturing. *International Journal of Biological Macromolecules*, 161, 787 796, 2020. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.06.077>



- [25] K. Wolski, S. Cichosz, A. Masek. Surface Hydrophobisation of Lignocellulosic Waste for the Preparation of Biothermoelastoplastic Composites. *European Polymer Journal*, 118, 481-491, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2019.06.026>
- [26] M. Hamad Alharbi, S. Hirai, H. Tuan, S. Akioka, W. Shoji. Effects of Chemical Composition, Mild Alkaline Pretreatment and Particle Size on Mechanical, Thermal, and Structural Properties of Binderless Lignocellulosic Biopolymers Prepared by Hot-Pressing Raw Microfibrillated *Phoenix dactylifera* and *Cocos nucifera* Fibers and Leaves. *Polymer Testing*, 84, 106384, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2020.106384>
- [27] F. AL-Oqla, M. Hayajneh, O. Fares. Investigating the Mechanical Thermal and Polymer Interfacial Characteristics of Jordanian Lignocellulosic Fibers to Demonstrate Their Capabilities for Sustainable Green Materials. *Journal of Cleaner Production*, 241, 118256, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118256>
- [28] M. Maache, A. Bezazi, S. Amroune, F. Scarpa, A. Dufresne. Characterization of a Novel Natural Cellulosic Fiber from *Juncus effuses* L. *Carbohydrate Polymers*, 171, 163-172, 2017. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.04.096>
- [29] International Starch Institute. Determination of pH in starch and syrup. ISI 26-5e. In: *Laboratory methods*. Science Park, Aarhus, Dinamarca, International Starch Institute (ISI), 1999.
- [30] J. Aristizábal, T. Sánchez, D. Lorio. Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. Boletín 163 de Servicios Agrícolas de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2007.
- [31] ASTM D4442. Métodos de prueba estándar para la medición directa del contenido de humedad de madera y materiales a base de madera. ASTM International, 2020.
- [32] TAPPI T 207-08. Solubilidad en agua de madera y pulpa, 2008.
- [33] ASTM D1105. Método de prueba estándar para la preparación de madera sin extractivos. ASTM International, 2021.



- [34] TAPPI T 222-06. Lignina insoluble en ácido en madera y pulpa, 2006.
- [35] TAPPI T 211-16. Cenizas en madera, pulpa, papel y cartón: combustión a 525°C, 2016.
- [36] E. Petinakis, L. Yu, G. Simon, K. Dean. Natural Fibre Bio-Composites Incorporating Poly (Lactic Acid). In: Masuelli, M.A. (Ed.), Fiber Reinforced Polymers - the technology applied for concrete repair. InTech, Croatia, 41-59, 2013.
- [37] S. Gayosso, L. Borges, E. Villanueva, M. Estrada, R. Garruña. Caracterización física y química de materiales orgánicos para sustratos agrícolas. *Agrociencia*, 52(4), 639-652, 2018.
- [38] B. Abad, P. Noguera, B. Carrión. Los sustratos en los cultivos sin suelo. In: Tratado de cultivo sin suelo (Ed. Urrestarazu M). Mundi-Prensa. Madrid, España, 113-158, 2004.
- [39] R. Albin. Determinación del pH en diversas especies de los renovales de la provincia de Valdivia. *BOSQUE*, 1(1), 3-5, 1975. DOI: <https://doi.org/10.4206/bosque.1975.v1n1-02>
- [40] A. Herrera, A. Carrillo, F. Pedraza, F. Correa, R. Herrera, P. López, J. Rutiaga. Densidad, composición química y poder calorífico de la madera de tres especies de encino (*Quercus candicans*, *Q. laurina* y *Q. rugosa*). *Ciencia Nicolaita*, 72, 136-154, 2017. DOI: <https://doi.org/10.35830/cn.v0i72.345>
- [41] S. Rodríguez, M. Torres. Análisis cuantitativo de componentes principales y secundarios en la corteza de diversas especies nativas y exóticas de la provincia de Llanquihue, X Región, Chile. *Bosque*, 15(2), 45-48, 1994. DOI: <https://doi.org/10.4206/bosque.1994.v15n2-07>
- [42] A. Alvarado, U. Heredia. Reducción del nivel de lignina en la corteza del *Eucalyptus urophylla* mediante tratamiento térmico. *Revista Ingeniería UC*, 18(2), 27-34, 2011.