

LICORES NEGROS COMO PRESERVANTES PARA EL CONTROL DE HONGOS DE PUDRICIÓN DE LA MADERA

Black liquor as wood preservatives against wood decay fungi

JESÚS ARAUJO¹, OSVALDO ENCINAS², OSVALDO ERAZO³
Y YOLY MOLINA⁴

¹ Estudiante del Centro de Estudios Forestales y Ambientales de Postgrado, ULA

^{2, 3, 4} Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Laboratorio Nacional de Productos Forestales, Grupo de Conservación de la Madera, GICOM, Mérida, Venezuela.

Correos electrónicos: chuyfernando@gmail.com, osenbla@gmail.com, erazooswaldo@ula.ve, yoly@ula.ve

Recibido febrero 2014. Aprobado octubre 2014

Resumen

Se estudió la eficiencia de licores negros obtenidos a partir de la cocción de astillas de pino Caribe (proceso Kraft), melina y eucalipto (procesos a la soda), a distintas concentraciones 10 %, 20 % y 100 % en base a los sólidos totales, para el control de los hongos de pudrición *Trametes versicolor* y *Gloeophyllum trabeum*. El licor negro y la solución nutritiva de malta-agar se mezclaron con el objeto de inocular las cepas de los hongos. Se observó la inhibición de crecimiento de los hongos en la mayoría de las muestras por parte de los tres licores ensayados. En las concentraciones al 10 % y 20 % de los licores obtenidos a partir de la cocción de astillas de pino caribe y eucalipto, se presentó un ligero crecimiento del *G. trabeum*. Por su parte, el licor negro a la soda de astillas de melina presentó los mejores resultados en los ensayos de eficiencia, inhibiendo el crecimiento de ambos hongos en todas las concentraciones.

Palabras clave: Licores negros, control de hongos de pudrición, *Trametes versicolor*, *Gloeophyllum trabeum*.

Abstract

The ability against wood decay fungi of black solutions from Kraft and soda pulping with Caribbean pine, eucalyptus and melina woods were tested. 10 %, 20 % and 100 % concentrations were used in relation to total solids in the black solution. All of three liquors were effective against *Trametes versicolor* but only higher concentrations are effective against *Gloeophyllum trabeum*. Black liquor from melina wood seems better because had inhibited grow of both fungi tested.

Keywords: Black liquors, fungi control, wood decay fungi, *Trametes versicolor*, *Gloeophyllum trabeum*.

1. Introducción

La madera, debido a su condición de material de origen orgánico, es susceptible a la degradación por la acción de agentes bióticos, como los insectos, hongos o bacterias y agentes abióticos como la fotólisis, el desgaste o el fuego. La resistencia natural que tienen algunas maderas a estas degradaciones origina lo que se denomina durabilidad natural y cuando esta durabilidad es consecuencia de la aplicación de variados tratamientos que mejoran su durabilidad natural, se denomina durabilidad inducida. Desafortunadamente, la disponibilidad de maderas que tienen durabilidad natural es cada día menor, consecuencia de la sobreexplotación de los árboles que producen maderas durables naturalmente, que a su vez es consecuencia del manejo inadecuado de los recursos forestales casi en todas partes del mundo.

Existen maderas que en su forma natural no son durables, y esto es cierto tanto para los bosques naturales como para las plantaciones forestales, particularmente estas últimas. En consecuencia, se usan prácticas que prolongan la vida útil de las maderas, mediante la aplicación de diversas técnicas que implican o no el uso de compuestos químicos. Si bien el empleo de productos químicos de diversa naturaleza ha sido práctica frecuente en la industria forestal, cada día está siendo severamente restringida, particularmente porque en su composición se usan sustancias o compuestos químicos considerados como poco ambientales o ambientalmente dañinas a los seres vivos y su entorno. Así, el grado de protección o tipo de durabilidad inducida dependerá de la técnica o proceso que se emplee, que no siempre usa compuestos químicos, como los tratamientos térmicos o transformaciones químicas de la madera.

La búsqueda de alternativas en el empleo de productos químicos, amigables con el ambiente, que se pueden usar para lograr durabilidad inducida en la madera, ha considerado adicionalmente emplear subproductos de otros procesos industriales de transformación de la madera, como es el caso del licor negro, producto de la deslignificación de la madera durante el proceso de fabricación de pulpa para papel. El licor negro es una solución acuosa constituida por varios compuestos orgánicos (lignina, polisacáridos, compuestos resinosos y otros componentes de baja masa molecular) e inorgánicos (sales disueltas).

Las técnicas de preservación con distintos compuestos químicos han permitido inducir una mayor durabilidad a las maderas con poca durabilidad natural. En la actualidad, los productos preservantes más ampliamente usados en el ámbito mundial son las sales CCA, por su capacidad de fijación en la madera, facilidad de aplicación y efectividad, ejerciendo excelente protección a la madera contra hongos, bacterias e insectos. No obstante, según la Unión Europea, las sales CCA son consideradas como nocivas para la salud y peligrosas para el medio ambiente (Kufner, 2002), aunque en países como Alemania, Canadá, Estados Unidos y algunos países del Sudeste Asiático, su empleo es permitido en instalaciones industriales donde se impregna madera a presión, siempre y cuando no se disponga de otras sustancias sustitutivas adecuadas.

Entre las alternativas a los clásicos preservantes, es posible encontrar compuestos que resultan de la misma madera sometida a otros procesos, tal como los licores negros producto de la pulpificación química de la madera.

La composición química del licor negro depende de la especie de madera procesada, sean maderas suaves como pino, o maderas duras como el eucalipto, y de las condiciones de pulpificación en el proceso, resultando residuos de compuestos de sodio y azufre, además de lignina. Puesto que el licor negro es una solución acuosa de compleja composición química, existe la posibilidad de ser usado en diversas aplicaciones (producción de vapor, obtención de hidrocarburos aromáticos, compuestos fenólicos, entre otros), lo cual es beneficioso desde el punto de vista ambiental, ya que la mayoría de las empresas productoras de pulpas Kraft y a la soda vierten estas sustancias a los cuerpos de agua, sin ser tratadas debidamente en lagunas de oxidación, aunado a la emisión al aire producto de los derivados volátiles de azufre.

Además de los usos que tradicionalmente se le han conferido a los licores negros, su aplicación como preservantes de maderas se posiciona como una excelente alternativa que contribuya al aprovechamiento integral de la industria forestal; sin embargo, los licores negros no han sido suficientemente investigados para potenciales usos (Araujo y Mora, 1991; Castro, 1998), salvo recientes investigaciones donde se han realizado ensayos con licor Kraft de coníferas, demostrándose su efectividad como inhibidor de la actividad fúngica y su capacidad para proveer a la madera una mayor durabilidad contra hongos de pudrición marrón (Durmaz, et al., 2015).

La presente investigación evaluó la posibilidad de usar licores negros, a distintas concentraciones, obtenidos mediante los procesos Kraft (pino Caribe, *Pinus caribaea* var. *hondurensis*) y a la soda (melina, *Gmelina arborea* y eucalipto, *Eucalyptus urophylla*), para el control de los hongos de pudrición de la madera *Trametes versicolor* (pudrición blanca) y *Gloeophyllum trabeum* (pudrición marrón).

2. Materiales y métodos

2.1. Estandarización de sólidos totales

Los licores negros utilizados en la investigación se obtuvieron a partir de la cocción de astillas de pino Caribe (proceso Kraft), y melina y eucalipto (proceso a la soda), realizadas en la Sección de Pulpa y Papel del Laboratorio Nacional de Productos Forestales. Estos productos se estandarizaron a un mismo contenido de sólidos totales en función del licor negro Kraft de pino Caribe, puesto que presentaba el menor porcentaje de sólidos totales comparado con los otros dos licores (Cuadro 1), con la finalidad de evitar variaciones en los resultados relacionados con la acción antifúngica de los licores negros, debidas a su contenido de sólidos totales. Para ello los licores negros a la soda de eucalipto y melina se diluyeron en agua destilada hasta conseguir la igualdad en el porcentaje de sólidos totales con el licor de pino Caribe.

Cuadro 1. Porcentaje original de sólidos totales en los licores negros Kraft de Pino caribe y a la soda de melina y eucalipto

Origen del licor negro	Sólidos totales (%)	Estandarización
Licor Kraft de pino Caribe	9,01	-
Licor a la soda de melina	12,07	74,65 ml*
Licor a la soda de eucalipto	13,69	65,81 ml*

* Se agregó agua destilada hasta un volumen de 100 ml.

2.2. Eficiencia de los licores negros

Se ensayaron tres tipos de licor negro, con tres concentraciones y tres replicas para cada uno, además de los medios testigos (malta-agar sin licor negro). Para la prueba de eficiencia las cepas de los hongos fueron replicadas en cápsulas de Petri utilizando como medio de cultivo malta-agar al 2,5 %. El medio de cultivo se distribuyó en las cápsulas de Petri junto con el licor negro en sus tres concentraciones, 10 %, 20 % y 100 %. Así mismo, se preparó un medio de cultivo sin licor como testigo para llevar a cabo un control comparativo del crecimiento de hongos entre las cápsulas que contenían la solución nutritiva de la mezcla licor-Malta agar.

Una vez inoculados los hongos de pudrición blanca *T. versicolor* y marrón *G. trabeum*, se llevó a cabo la observación de la eficiencia del licor negro en la inhibición de su crecimiento, midiendo el crecimiento diametral de los mismos, en periodos de cada 8 días, hasta que los hongos cesaron su desarrollo o cubrieron totalmente el diámetro de las cápsulas de Petri.

Por otro lado, para comprobar si la acción del licor negro sobre el crecimiento de hongos fue fungicida o fungistática, se extrajeron los inóculos de las cápsulas que contenían licor a la soda de melina y malta-agar, transfiriéndolas a cápsulas que sólo contenían malta-agar, para luego observar un posible desarrollo de estos. De este modo, si se observa un desarrollo en su crecimiento, se podrá deducir que el licor negro tiene una acción fungistática sobre los hongos de pudrición en estudio, de lo contrario, si no se observa desarrollo, el licor negro puede presentar propiedades fungicidas.

2.3. Diseño Experimental

Se ensayaron tres licores negros a tres concentraciones, los cuales fueron inoculados con dos tipos hongos de pudrición de madera. El ensayo se hizo por triplicado para un total de 54 capsulas de Petri. De este modo, se tiene el siguiente modelo factorial: 3 licores x 3 concentraciones x 2 hongos x 3 réplicas

Los datos se procesaron con el programa estadístico R. Se aplicó un test de diferencia

de medias (DHS de Tukey). Los análisis de varianza (ANOVA) se realizaron para hallar las diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre las medias de la inhibición del crecimiento de los hongos con los licores ensayados.

3. Resultados y discusión

3.1. Ensayo de eficiencia de los licores negros para el control de *T. versicolor*

Durante las observaciones realizadas en las dos semanas de incubación, no se presentaron indicios de crecimiento por parte del hongo de pudrición blanca *T. versicolor*. Es evidente la inhibición del crecimiento del hongo por parte de los tres licores ensayados en sus tres concentraciones (100 %, 20 % y 10 %). Los testigos desarrollaron el micelio cubriendo en su totalidad la cápsula Petri (Figuras 1 y 2).

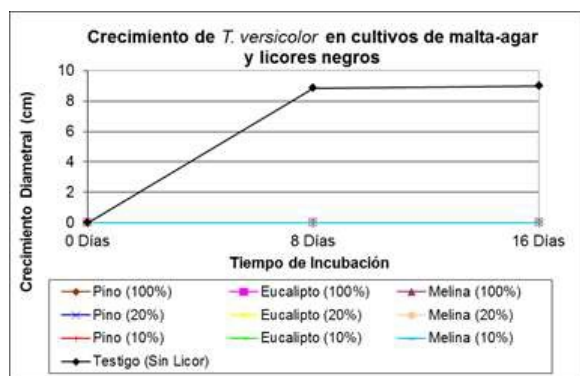


Figura 1. Crecimiento del hongo de pudrición blanca *T. versicolor* en los cultivos de malta-agar y licores negros a la soda de Melina y Eucalipto, y Kraft de pino Caribe, en sus tres concentraciones



Figura 2. Efecto del licor negro de melina en sus tres concentraciones sobre el hongo de pudrición blanca *T. versicolor*. A la derecha crecimiento del hongo de pudrición blanca, en malta agar sin licor negro

3.2. Ensayo de eficiencia de los licores negros para el control de *G. trabeum*

Con respecto a la inhibición del crecimiento del hongo de pudrición marrón *G. trabeum* las concentraciones al 10 % y al 20 % de licor negro a la soda de eucalipto, resultaron ser las menos eficientes, obteniéndose en promedio un crecimiento diametral de 4,13 cm y 5 cm a los 8 y 16 días respectivamente después de su inoculación, mientras que con licor al 20 % presentaron un crecimiento de 3,17 cm y 3,47 cm a los 8 y 16 días respectivamente. Por su parte, para la concentración al 100 % de licor a la soda de eucalipto, se observó crecimiento diametral de *G. trabeum* de 2,33 cm y 2,55 cm a los 8 y 16 días respectivamente (Figura 3).

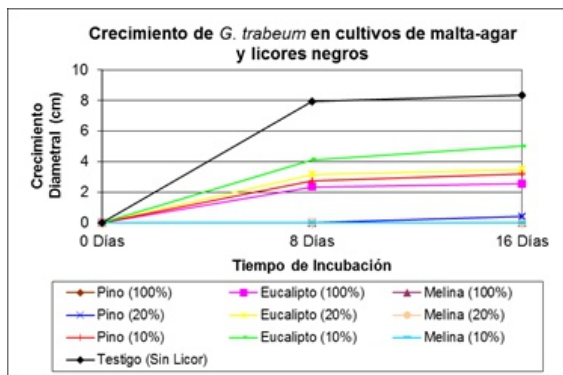


Figura 3. Crecimiento del hongo de pudrición blanca *G. trabeum* en los cultivos de malta-agar y licores negros a la soda de Melina y Eucalipto, y Kraft de pino Caribe, en sus tres concentraciones

En las cápsulas que contenían licor Kraft de pino Caribe, a los 8 días de haberse realizado la inoculación del hongo de pudrición marrón únicamente se presentó crecimiento del mismo para la concentración de licor al 10 %, con promedio de crecimiento diametral para la primera semana de 2,72 cm. A la segunda semana del ensayo, *G. trabeum* continuó expandiéndose en las cápsulas con licor Kraft de pino al 10 %, alcanzando un crecimiento promedio de 3,18 cm. Igualmente, se presentó un ligero crecimiento diametral de 0,48 cm en las cepas de *G. trabeum* con licor Kraft de pino Caribe al 20 %.

Se observó una inhibición total del crecimiento de las cepas de los dos hongos ensayados por parte del licor negro a la soda de melina en las tres concentraciones, siendo éste el licor más eficiente (Figura 4), en comparación con los licores Kraft de pino Caribe y a la soda de eucalipto, ya que en las cápsulas que contenían los últimos, el hongo de pudrición marrón (*G. trabeum*) presentó crecimiento diametral, incluso para la concentración al 100 %, en el caso del licor a la soda de eucalipto.

3.3. Análisis de la eficiencia de los licores ensayados

Las diferencias en la efectividad de los tres licores ensayados probablemente se deban



Figura 4. Efecto del licor negro de melina en sus tres concentraciones sobre el hongo de pudrición marrón *G. trabeum*. En la parte inferior derecha, testigo sin licor negro

a los extractivos que tienen las maderas de melina, pino Caribe y eucalipto, los cuales están determinados por la especie, la edad de los árboles, la posición geográfica de las plantaciones y las condiciones climáticas del sitio, entre otras. Las sustancias extraíbles del eucalipto están formadas principalmente por compuestos alifáticos (grasas y ceras), terpenos, terpenoides y compuestos fenólicos (Rencoret, 2008), los cuales se concentran mayormente en la corteza y duramen del árbol; sin embargo, estas sustancias en árboles de plantación destinados para la producción de papel aún no son tan abundantes en comparación con árboles de mayor edad destinados a otros usos y en consecuencia su defensa natural contra agentes externos como los hongos de pudrición es baja, lo cual explica en cierta forma el bajo control del hongo *G. trabeum* por parte del licor negro obtenido a partir de una cocción a la soda con fibras de eucalipto.

El licor negro de pino Caribe proviene de una cocción Kraft, mientras que los licores de melina y eucalipto provienen de procesos a la soda. Estos últimos a pesar de representar el mismo tipo de cocción, fueron los que presentaron las diferencias más marcadas, puesto que el licor de melina inhibió completamente los dos hongos de pudrición, y por su parte el licor de eucalipto sólo inhibió el desarrollo del *T. versicolor*. Por tal razón, se puede inferir que la composición química del licor de cocción de las astillas empleadas en la producción de pulpas no es determinante en las diferencias de inhibición de crecimiento de los hongos de pudrición de la madera, resaltando el papel que juegan las reacciones entre los extractivos de las maderas de ambas especies latifoliadas y los demás constituyentes del licor negro.

En el caso del pino Caribe, los extractivos de maderas destinadas a la industria de pulpa y papel varían desde 2,17 % a 4,76 % (Mogollón, *et al.*, 2003), encontrándose los mayores valores en árboles que han sido resinados; mientras que la madera de melina posee además de las sustancias extraíbles, poros con depósitos de tñides, las cuales son sustancias que pueden favorecer la inhibición de los hongos.

La cocción, por cualquiera de los procesos, busca aislar la celulosa y usualmente elimina la lignina y los extractivos que naturalmente forman parte del licor negro. Es posible que tales extractivos en combinación con los otros componentes de la madera desincorporados por la cocción, sean los responsables para el efecto fungistático.

3.4. Acción fungistática del licor negro a la soda de melina

El licor negro de melina resultó ser el más efectivo en los ensayos de inhibición del crecimiento de los hongos, surgiendo la interrogante de si realmente tiene poder fungicida o simple acción fungistática. En este sentido, los inóculos que mantenían contacto con licor a la soda de melina no experimentaron crecimiento, por el contrario, se observó que las cepas de ambos hongos presentaron cierto desarrollo luego de ser transferidas a cápsulas de Petri que sólo contenían la solución nutritiva de malta-agar (Figura 5).

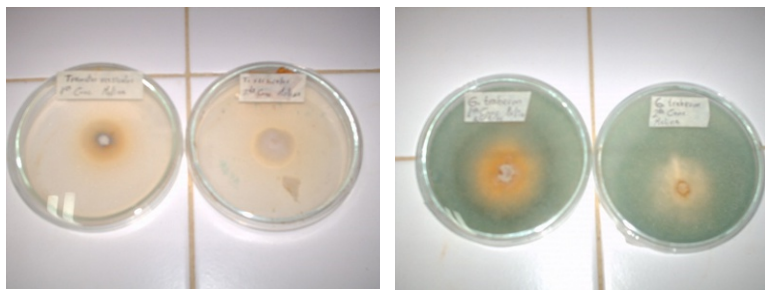


Figura 5. Imágenes del crecimiento diametral de *T. versicolor* (izquierda) y *G. trabeum* (derecha) en sustrato de malta agar con licor negro a la soda de madera de melina

Este licor parece controlar mejor al hongo de pudrición blanca, puesto que el crecimiento diametral a los 16 días de transferidas las cepas de *T. versicolor* fue de 1,20 cm y 1,40 cm, para inóculos extraídos de concentraciones al 100 % y al 20 % respectivamente. En relación a las cepas de *G. trabeum*, éstas a los 8 días del experimento cubrieron las cápsulas de Petri en su totalidad (Figuras 5 y 6). Lo anterior indica que el licor negro a la soda de melina posee propiedades fungistáticas para inhibir el crecimiento de los hongos de pudrición.

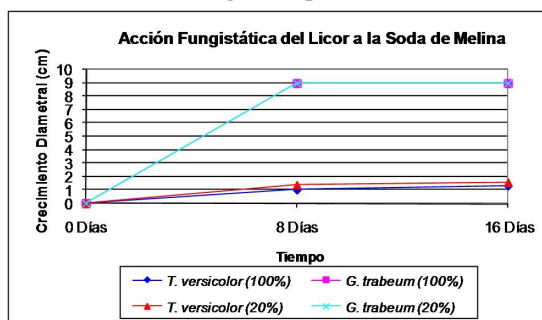


Figura 6. Crecimiento diametral de *T. versicolor* y *G. trabeum* en cultivo de malta-agar, luego de estar en contacto con el licor a la soda de melina.

4. Conclusiones

Los licores negros provenientes de cocciones Kraft y a la soda poseen buenas propiedades para ser empleados como preservantes de la madera al inhibir el

crecimiento de hongos de pudrición blanca y marrón. Con relación al control del hongo de pudrición blanca *T. versicolor*, los resultados de eficiencia de los tres licores negros utilizados fueron positivos debido a que en las tres concentraciones en que fueron probados (10 %, 20 % y 100 %), inhibieron en su totalidad el crecimiento de las cepas del hongo.

Al comparar los tres licores negros empleados, el licor a la soda de melina presentó mayor eficiencia inhibitoria, ya que además de controlar al *T. versicolor*, no se registró indicio alguno de crecimiento de las cepas del hongo de pudrición marrón *G. trabeum* que estuvieron en contacto con las tres concentraciones del licor, lo que se debe en parte al contenido de sustancias extraíbles y minerales que presenta la madera de la especie *Gmelina arborea* (melina). Así mismo, destaca la eficiencia del licor Kraft de pino Caribe, registrándose en el ensayo de eficiencia un ligero crecimiento sólo en las cepas del hongo *G. trabeum* que estuvieron en contacto con las concentraciones al 10 % y 20 %. El licor negro a la soda de eucalipto también presentó una buena actividad antifúngica, pero sus efectos en el control del hongo *G. trabeum* fueron inferiores en relación a los encontrados con los licores negros de melina y pino Caribe.

5. Referencias bibliográficas

- ARAUJO, G. y MORA, N. 1991. Estudio de Alternativas para la clarificación del Licor Negro. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Ingeniería Forestal. Trabajo presentado como requisito parcial para optar al Título de Ingeniero Forestal. Mérida, Venezuela. 5-7 pp.
- CASTRO, D. 1998. Filtración de Licores Negros de la Industria Papelera mediante Membranas Minerales. Tesis de Grado. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.
- DURMAZ, S., ERISIR, E., YILDIZ, U. y CAGLAR, O. 2015. Using Kraft Black Liquor as a Wood Preservative. Procedia - Social and Behavioral Sciences. World Conference on Technology, Innovation and Entrepreneurship. Volume 195: 2177-2180.
- KUFNER, C. 2002. Sales CCA - ¿Un Nuevo Escenario Siniestral? Schaden Spiegel: Boletín de Siniestros. 45 (2): 28-31.
- MOGOLLON, G., AGUILERA, A. y GUTIERREZ, I. 2003. Caracterización del Pino Caribe Resinado Proveniente de Plantaciones. Revista Forestal Venezolana. 47 (2): 107-114.
- RENCORET, J. 2008. Estudio de lignina y lípidos en madera de eucalipto: Caracterización química en distintas especies y su evolución durante la fabricación y blanqueo químico y enzimático de la pasta de papel. Tesis Doctoral (Doctor en Ciencias Químicas). Universidad de Sevilla. Sevilla, España.