

**EVALUACIÓN DE DIFERENTES TRATAMIENTOS PARA LA EXTRACCIÓN
DE TANINOS A PARTIR DE LAS CORTEZAS DE ESPECIES FORESTALES
DE LA REGIÓN DE LA ORINOQUIA.**

ALBA MILENA CARREÑO MORALES

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**Grupo de Investigación
TERRITORIO Y AMBIENTE**

**Director
Prof. Javier Alexander Jiménez Forero**

**UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES
2017**

AGRADECIMIENTOS

A Dios Por su incomparable amor y su bondad porque sin él nada sería posible, a mis padres Ismael Carreño por ser ejemplo para mi vida y siempre creer que tenía todas las capacidades para lograr mis sueños. Alba Luz Morales por ser una mujer esforzada, por estar conmigo en todo momento, a mis hermanos Yady, Ismael y Camilo que los amo y gracias por su amor incondicional, a mi hija Juliana es mi motor de vida a quien amo con todo mi corazón, a mis profesores Por sus enseñanzas y por ser parte de mi crecimiento profesional y personal, a mis amigos Tatiana Peña, Andrea Espinosa, Paula Burgos, Camilo Pinto, Estefanía Chica Por ser parte de este camino, porque ha sido una bendición conocerlos. A mi director de trabajo de grado MSc Javier Jiménez por su apoyo y paciencia en el desarrollo de mi trabajo de grado.

Y a todos los que se quedaron sin nombrar, gracias por su apoyo en mi proceso durante mi carrera profesional.

Tabla de contenido

Lista de figuras	4
Lista de tablas	5
Resumen	6
Abstract	7
1. Introducción	7
2. Metodología	10
2.1. Obtención y acondicionamiento de la muestra	10
2.2. Extracción	10
2.3. Análisis Estadístico	13
3. Resultados	13
4. Conclusiones.....	20
5. Anexos.....	21
6. Bibliografía	22

Lista de Figuras

Figura 1. Porcentaje de rendimiento de extracción (%) de taninos, comparando las tres especies relacionadas, se muestran barras de error comparando la desviación estándar. Promedios con letra distinta indica que existe una diferencia significativa según la prueba de Fisher($P \leq 0,05$)

Figura 2. Porcentaje de rendimiento, teniendo como factor las temperaturas de 70°C y 80 °C.se muestran barras de error comparando la desviación estándar. Promedios con letra distinta indica que existe una diferencia significativa según la prueba de Fisher($P \leq 0,05$)

Figura 3. Porcentaje de rendimiento, teniendo como factor el porcentaje de NaOH(%) 1% Y 5%.se muestran barras de error comparando la desviación estándar. Promedios con letra distinta indica que existe una diferencia significativa según la prueba de Fisher($P \leq 0,05$)

Figura 4. Porcentaje de rendimiento, teniendo como factor la relación sólido/liquido.se muestran barras de error comparando la desviación estándar. Promedios con letra distinta indica que existe una diferencia significativa según la prueba de Fisher($P \leq 0,05$)

Figura 5. Porcentaje de rendimiento de extracción de cada uno de los tratamientos. se muestran barras de error comparando la desviación estándar. Promedios con letra distinta indica que existe una diferencia significativa según la prueba de Fisher($P \leq 0,05$)

Figura 6. Interacción entre los factores de extracción, se observa la extracción por especie, % NaOH y Temperatura.

Figura 7. Grafica de superficie de respuesta del porcentaje de rendimiento de la especie Pino Caribbean (% NaOH, S/L)

Figura 8. Grafica de Superficie de del porcentaje de rendimiento Acacia Mangium (%NaOH, S/L)

Figura 9. Grafica de superficie de respuesta del porcentaje de rendimiento Eucalipto Pellita (%NaOH, S/L)

Lista de tablas

Tabla 1. Métodos de extracción (Tratamientos)

Tabla 2. Especificación de cada uno de los componentes de los diferentes tratamientos de la extracción

EVALUACIÓN DE DIFERENTES TRATAMIENTOS PARA LA EXTRACCIÓN DE TANINOS TENIENDO COMO FUENTE CORTEZAS DE TRES ESPECIES FORESTALES DE LA REGIÓN DE LA ORINOQUIA.

RESUMEN

En la presente investigación se realizó una evaluación de diferentes tratamientos de extracción de los taninos, se tuvo en cuenta la corteza de tres especies forestales presentes en la región de la Orinoquia Colombiana como son el Pino Caribbean (*Pinus Caribaea*), Acacia (*Acacia Mangium*) y Eucalipto (*Eucalypto Pellita*). Se realizó una Selección de la corteza reduciendo su tamaño mediante una molienda, llevando a cabo una operación de lixiviación sólido-líquido con un diseño experimental trifactorial evaluando la concentración de NaOH (1% y 5%), la relación sólido líquido S/L (1/60, 1/90 y 1/120) y la temperatura de extracción (70 °C y 80 °C). Los datos fueron evaluados estadísticamente, observando la interacción entre los factores con el rendimiento de extracción, obteniéndose como resultado que la corteza con mayor rendimiento fue el Pino Caribbean, bajo las siguientes condiciones evaluadas: 5% NaOH, relación s/l de 1/90 y una temperatura de 80°C, en el Eucalipto se obtuvieron mejores rendimientos con los factores de 5% NaOH, 1/120 y 80°C, por último la Acacia con 1% NaOH, 1/90 y 80°C. se concluye que la temperatura no influye directamente el rendimiento de la extracción ya que la diferencia entre los dos niveles no era amplia, caso contrario con los factores de alcalinidad %NaOH donde se obtuvo mayor rendimiento con 5% Y la Relación S/L se necesitaba un equilibrio entre el soluto y el solvente por tal motivo el nivel con mayores rendimientos fue la relación 1/90.

Palabras Claves: Cortezas, Taninos, Extracción sólido-líquido.

ABSTRACT

In the present investigation an evaluation of different treatments of tannin extraction was carried out, taking into account the bark of three forest species present in the Colombian Orinoquia region, such as the Caribbean Pine (*Pinus Caribaea*), the Acacia (*Acacia Mangium*) And Eucalyptus (*Eucalypto Pellita*). A selection of the crust was carried out by reducing its size by grinding, carrying out a solid-liquid leaching operation with a trifactorial experimental design, evaluating the NaOH concentration (1% and 5%), the liquid solid ratio S / L (1/60, 1/90 and 1/120) and the extraction temperature (70 ° C and 80 ° C). The data were evaluated statistically, observing the interaction between the factors with the extraction yield, obtaining as a result that the bark with the highest yield was the Caribbean Pine, under the following evaluated conditions: 5% NaOH, ratio 1/90 of 1/90 And at a temperature of 80 ° C, in the Eucalyptus, better yields were obtained with the factors of 5% NaOH, 1/120 and 80 ° C, finally the Acacia with 1% NaOH, 1/90 and 80 ° C. It is concluded that the temperature does not directly influence the extraction efficiency since the difference between the two levels was not extensive, otherwise with the alkali factors% NaOH where a higher yield was obtained with 5% and the S / L ratio was needed A balance between the solute and the solvent for that reason the level with higher yields was the ratio 1/90.

Keywords: Barks, Tannins, solid-liquid extraction.

1. INTRODUCCION

La Orinoquia Colombiana se caracteriza por su gran riqueza forestal nativa y comercial, a través del tiempo se han desarrollado investigaciones en torno al fomento forestal y los diferentes usos de la madera, llegando a la conclusión que la Orinoquia es la esperanza para un gobierno con búsqueda económica.(Proexport, 2012)

El Eucalipto (*Eucalipto Pellita*) una variedad comercial muy usada en la región tiene las características de ser un excelente productor de madera y subproductos, esta especie tiene la cualidad de contener polifenoles en mayor cantidad con respecto a otras especies de

Eucalipto comerciales cultivados en los suelos de la Orinoquía con una cantidad de 30,6% de sustancias polifenólicas lo que la hace importante como fuente de taninos objeto de esta investigación (Borrvalho & Nieto, 2012)

Otra corteza tomada en cuenta fue de la especie del Pino Caribe (*Pino Caribbean*) esta plantación es de transcendencia en el mundo por su madera fuerte y manejable para la elaboración de muebles y otros objetos, la corteza de pino es un residuo de la transformación de la madera, aún no se ha establecido un uso eficiente a este residuo lo que ha generado un problema de contaminación debido al gran volumen de cultivo de esta especie (Villanueva Díaz et al., 2015). La corteza de pino es rica en compuestos fenólicos (Jerez, Pinelo, Sineiro, & Núñez, 2006), algunos estudios realizados han encontrado que se encuentran algunos taninos como la catequina, epicatequina, epigalocatequina y galato de epicatequina (Jahanshahi et al., 2016) Los extractos de la corteza del pino tiene propiedades anti-radicales, anti-inflamatorios y antioxidantes (Amoako & Awika, 2016; Jerez et al., 2006)

La *acacia Mangium* otra de las especies usadas en la investigación, tiene las características de ser una especie que crece rápidamente, se adapta con facilidad a las diferentes condiciones que pueden ofrecer los suelos, por tal motivo se ha convertido en una especie en desarrollo para mantener la sostenibilidad de la madera en el Mundo.(Nadhari et al., 2014). La corteza es un material cuya composición química es más compleja que la de la madera, distinguiéndose sobre todo por el alto contenido de sustancias extraíbles, principalmente polifenoles y suberina. Entre los polifenoles se encuentran los fenoles simples, lignanos, estilbenos, flavonoides, quinonas y taninos (Álvarez, 2007). Las anteriores cortezas demuestran que son importante fuente de polifenoles siendo estos un grupo extenso de sustancias no energéticas presentes en diferentes estructuras de origen vegetal.(Quiñones, Miguel, & Aleixandre, 2012).Los compuestos polifenólicos tienen propiedades antioxidantes(Casares Faulín, 2010) que las hacen sustancias de interés y de estudio para diferentes áreas entre esas la de la salud y la de alimentos(Valls, 2016). Entre esta gran variedad de sustancias se encuentra la sustancia objeto de esta investigación los taninos, las cual según su definición química son "metabolitos secundarios derivados de plantas que pueden ser ésteres de ácido gálico o sus derivados, unidos a una amplia variedad de polioles, catequinas, u, oligomeros de proantocianidinas"(Olivas-Aguirre et al., 2015)

Los taninos se dividen en dos tipos así: los taninos condensados y los taninos hidrolizables (*Dietrich Fengel, 1983*), los taninos abundan en diferentes especies vegetales y el valor económico es el más alto de todos los polifenoles. Los usos que tiene son muy extensos entre ellos se tiene su uso como sustancias curtientes de pieles de animales (Colín-Urieta¹, Ochoa-Ruiz², & Rutiaga-Quiñones, 2013), también cuentan con una cualidad sensorial de generar amargor, astringencia y estabilidad de color usadas para generar características deseables en los vinos (Peña-Neira, 2006) es muy fácil encontrarlas en las uvas siendo estas la materia prima para la elaboración de los vinos (Industriales & Vegetales, 2007).

La extracción químicamente es la separación de un componente específico, el proceso de extracción de los taninos inicia con una molienda formando astillas o virutas para facilitarla., Existen varios métodos de extracción de taninos dependiendo la parte de la planta de donde se desean obtener los taninos, estos métodos pueden darse de manera empírica e industrial, como métodos industriales se tiene el de difusión a tanque abierto (Wadnerkar, Tade, Pareek, & Utikar, 2016), el de colado (Simba, 2014), el de autoclave, el de contracorriente (Peña-Neira, 2006) y por último el usado es esta investigación el método de lixiviación (Casares Faulín, 2010).

la lixiviación se puede dar por medio alcohólico o medio alcalino (Naima et al., 2015). El objetivo de este trabajo fue aplicar diferentes tratamientos con los factores o condiciones mencionadas con anterioridad realizando combinaciones y obteniendo así una respuesta en cada una de las especies con los diferentes tratamientos

1. METODOLOGIA

1.1. Obtención y acondicionamiento de las muestras

Se realizó la obtención del material vegetal en la empresa productora de maderas y sus subproductos “Maderas el Vergel” (Anexo 1), se tomó tres cortezas correspondientes a las variedades de Acacia Mangium, Eucalipto Pellita y Pino Caribbean.

Se realizó el acondicionamiento de la corteza para luego realizar la correspondiente extracción, se redujo el tamaño de las cortezas en dos equipos de molienda, inicialmente se usó un molino de granos marca VICTORIA obteniendo cortezas de tamaños grueso, continuamente fue necesario usar un Molino de impacto IKA® A11, logrando obtener partículas menores e iguales a 1 mm empleando tamices #20 en la serie de TylerC(Chupin, Motillon, Charrier-El Bouhtoury, Pizzi, & Charrier, 2013) (Anexo 2)

Se realizó como última parte del acondicionamiento de las muestras un secado en un horno de laboratorio a una temperatura baja de 40 °C, evitando las pérdidas por volatilización de los taninos (Anexo 3.)

1.2. Extracción

Se realizó un proceso de lixiviación solido-liquido con solventes, donde se estableció un diseño experimental trifactorial por triplicado, donde los tres factores fueron la relación solido liquido S/L con tres niveles 1/60, 1/90 y 1/120, como segundo factor se estudió el efecto de la concentración de NaOH con dos niveles de 1% y 5% y por último la temperatura del proceso con dos niveles de 70° y 80 °C, se realizaron 12 tratamientos para cada corteza por triplicado teniendo en cuenta las siguientes combinaciones, como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1.			
Metodos de extracción (Tratamientos)			
N° Tratamiento	Relación S/L	temperatura(°C)	% Concentración NaOH
1	1 a 60	80	1%
2	1 a 90	80	1%
3	1 a 120	80	1%
4	1 a 60	80	5%
5	1 a 90	80	5%
6	1 a 120	80	5%
7	1 a 60	70	1%
8	1 a 90	70	1%
9	1 a 120	70	1%
10	1 a 60	70	5%
11	1 a 90	70	5%
12	1 a 120	70	5%

Con la anterior combinación se estableció la cantidad de componente que deberían prepararse para cada tratamiento **Tabla 2**, además de estos solventes se adiciona de manera estándar para todos los tratamientos sulfito de sodio (Na_2SO_3) y sulfito de sodio hidrogenado (Na_2HSO_3) sirven como coadyuvantes para la extracción.

Tabla 2.						
Especificaciones de cada uno de los componentes de los diferentes tratamientos de la extracción						
N°Tratamiento	H2O (ml)	Extracto (gr)	NaOH(gr)	Na2SO3(gr)	NaHSO3(ml)	T° extracción(°C)
1	50	0,83	0,5	0,125	0,32	80
2	50	0,55	0,5	0,125	0,32	80
3	50	0,4	0,5	0,125	0,32	80
4	50	0,83	0,25	0,125	0,32	80
5	50	0,55	0,25	0,125	0,32	80
6	50	0,4	0,25	0,125	0,32	80
7	50	0,83	0,5	0,125	0,32	70
8	50	0,55	0,5	0,125	0,32	70
9	50	0,4	0,5	0,125	0,32	70
10	50	0,83	0,25	0,125	0,32	70
11	50	0,55	0,25	0,125	0,32	70
12	50	0,4	0,25	0,125	0,32	70

A cada una de los tratamientos ya mezclados se les aplicó un calentamiento en plancha con agitación constante por un periodo de 120 minutos, terminando este lapso de tiempo se hizo un filtrado del sobrenadante utilizando papel whattman #1 y el residuo se lavó con agua, los filtrados se secaron a 50°C, obteniendo la muestra seca correspondiente al extracto recuperado, para conocer el rendimiento se empleó la siguiente ecuación (1):

$$\% \text{ Rendimiento de la extracción} = \frac{\text{masa recuperada}}{\text{masa inicial}} * 100 \quad (1)$$

1.3. Análisis estadístico

Se realizó un análisis estadístico en el programa R-Project, mediante el test de análisis estadístico Fisher con un 95% de confiabilidad, además de superficie de respuesta, obteniendo resultados de rendimiento y el tratamiento de extracción más eficiente según los factores involucrados.

2. RESULTADOS

2.1.Extracción

En la Figura 1 se observa la relación entre las especies y su porcentaje de rendimiento, se puede deducir que la corteza con más bajo rendimiento de extracción fue el Eucalipto con un promedio de 48%, especie para la cual otros autores confirman que la corteza de esta especie tiene una descomposición rápida de los compuestos fenólicos entre estos los taninos y al momento de realizarse la extracción la cantidad se reduce drásticamente (Bernhard-Reversat, Main, Holl, Loumeto, & Ngao, 2003).

Entre la Acacia y el Pino existe una diferencia mínima de un 7%, sin embargo el Pino generó un mayor rendimiento de extracción correspondiente a 69% en comparación a la *Acacia Mangium* con 62%. Aguilar *et al.*, 2012 coinciden en que la corteza con mayor rendimiento de extracción es el Pino.

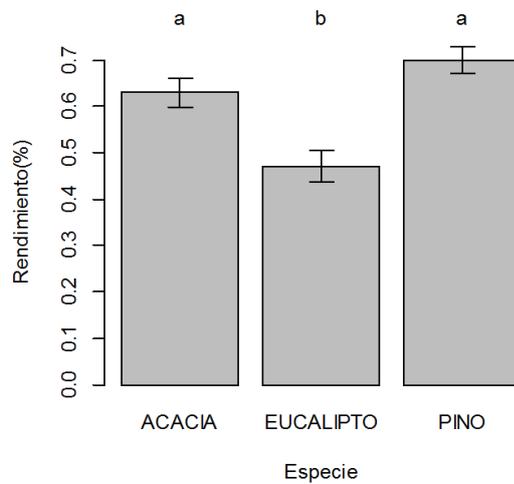


Figura 1. Porcentaje de rendimiento de extracción (%) de taninos, comparando las tres especies relacionadas, se muestran barras de error comparando la desviación estándar. Promedios con letra distinta indican que existe una diferencia significativa según la prueba de Fisher($P \leq 0,05$)

En la figura 2. se observa que durante el proceso de extracción las temperaturas evaluadas no presentaron una diferencia estadística importante en el rendimiento de la extracción lo cual indica que no se apreciaron cambios en los niveles evaluados, por el contrario con el factor del %NaOH en la Figura 3 muestra una diferencia estadística significativa en los resultados, indicando que entre mayor presencia de alcalinidad hay una mejor extracción, según Chupín al variar el porcentaje de NaOH en sus tratamientos de extracción obtuvo rendimientos mayores con una alcalinidad alta.(Chupín et al., 2013)

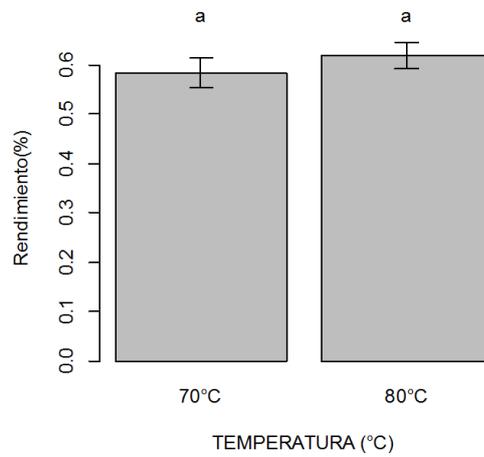


Figura 2. Porcentaje de rendimiento, teniendo como factor las temperaturas de 70°C y 80 °C. Promedios con letra distinta indica que existe una diferencia significativa según la prueba de Fisher($P \leq 0,05$)

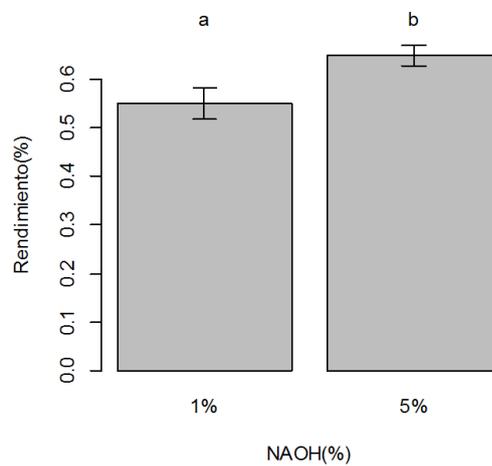


Figura 3. Porcentaje de rendimiento, teniendo como factor el porcentaje de NaOH (%) al 1% y 5%.. Promedios con letra distinta indica que existe una diferencia significativa según la prueba de Fisher ($P \leq 0,05$)

La Figura 4 refleja que no todas las relaciones presentan diferencias en su porcentaje de extracción, la relación 1/120 obtuvo rendimientos del 62%, sin embargo la relación 1/90 obtuvo rendimientos un poco mayores del 65%, este último tuvo mejores rendimientos quizás porque se encontraba en un equilibrio entre la cantidad de extracto y de solución siendo en este caso el agua, sugiriendo que en la extracción de polifenoles no es conveniente ni un medio muy diluido, ni un medio muy saturado de corteza (Ping, Pizzi, Guo, & Brosse, 2011).

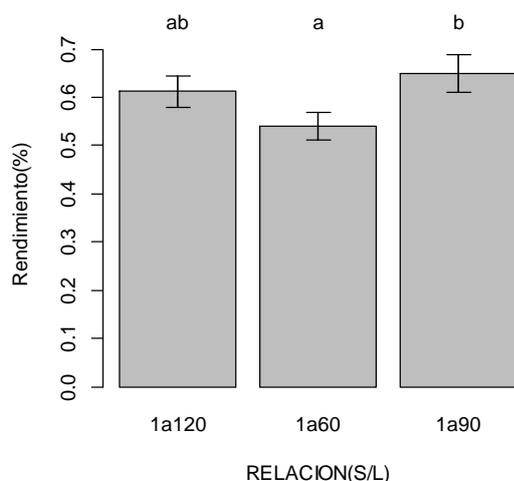


Figura 4. Porcentaje de rendimiento, teniendo como factor la relación sólida/liquido. Promedios con letra distinta indica que existe una diferencia significativa según la prueba de Fisher($P \leq 0,05$)

En cuanto a la combinatoria de los diferentes factores evaluados, en la Figura 5 se puede observar 12 tratamientos aplicados a las tres cortezas, Los tratamientos T11(1/90, 5% NaOH y 70°C) Y T3(1/120, 1%NaOH, 80°C) fueron los que generaron mayores rendimientos entre el 85% y 80% respectivamente. Sin embargo, el T11 comprueba lo planteado en el análisis anterior donde se mostró la relación de cada uno de los factores, ya que este tratamiento cumple con la composición ideal según esta investigación.

Los tratamientos con rendimientos menores fueron T1(1/60, 1% NaOH, 80°C) y T9(1/120, 1% NaOH, 70°C), demostrando que la temperatura no es un factor de relevancia, y al mismo tiempo que la relación de 1/60 Y 1/120, combinadas con una baja alcalinidad no genera buen rendimiento de extracción, según Colin-Urieta afirma en su investigación que la mejor relación de extracción es de 1/60, sin embargo es conveniente

una alcalinidad alta para mejorar la extracción.(Colín-Urieta, Ochoa-Ruiz, & Rutiaga-Quiñones, 2013)

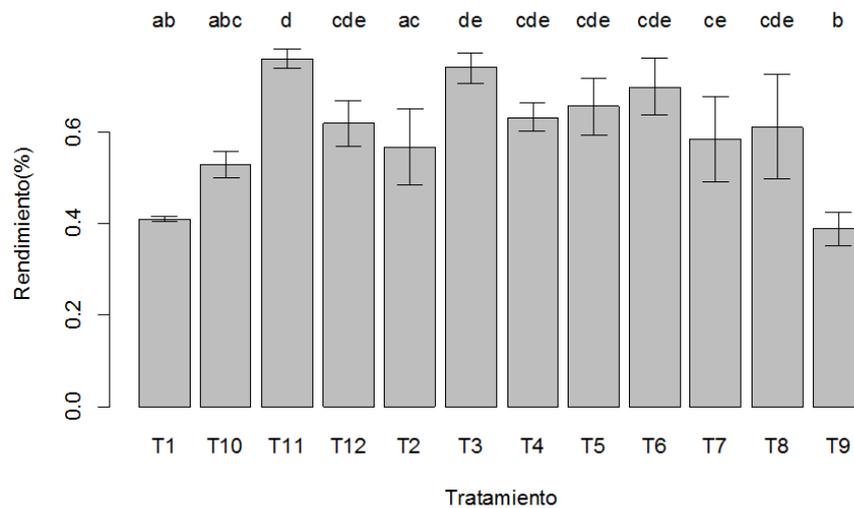


Figura 5. Porcentaje de rendimiento de extracción de cada uno de los tratamientos. Promedios con letra distinta indica que existe una diferencia significativa según la prueba de Fisher($P \leq 0,05$)

Para validar gráficamente la relación de los factores en el rendimiento de la extracción, la figura 6. Muestra la relación de las medias. Para el caso de las especies el Pino muestra mayor rendimiento con la siguiente combinación de los factores 5% NaOH, Relación S/L 1/90 Y 80°C, siendo esta la especie con mayor porcentaje de extracción, le sigue la Acacia Mangium con el mayor rendimiento con 1% NaOH, Relación S/L 1/90 y la Temperatura no presenta diferencia significativa siendo de 80°C. El Eucalipto Pellita genera su mayor rendimiento con un 5%NaOH, S/L 1/90 y La temperatura de 80°C no presenta una diferencia drástica en los niveles analizados.

Además en la figura 6 se observa que El %NaOH con respecto a la Relación solido liquido tiene un comportamiento homogéneo en los dos niveles, mostrando mejores rendimientos con la relación 1/90 (Colín-Urieta et al., 2013) y con respecto a la temperatura se presenta la misma situación no genera cambios importantes en el

rendimiento de extracción. Para el caso de la relación S/L con respecto a la temperatura la interacción fue importante en la relación 1/120 a 80°C, los demás tratamientos se comportaron sin variaciones importantes, algo que está de acuerdo con algunos autores donde la temperatura ideal de extracción está entre 60 y 80 °C quizás ese fue el motivo que el factor de temperatura no altero los resultados de forma significativa.

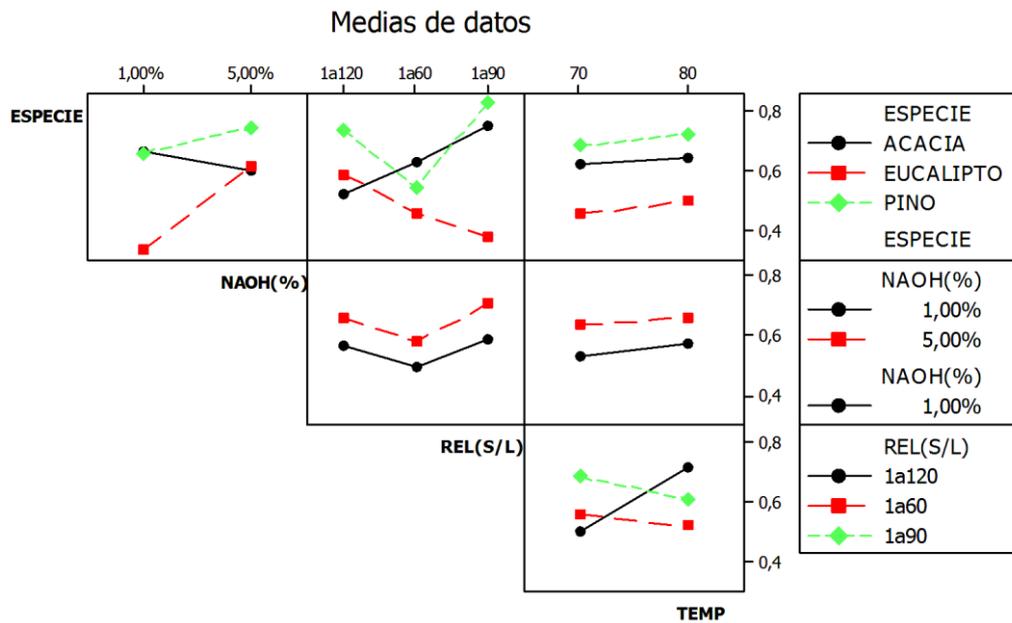


Figura 6. Interacción entre los factores de extracción, se observa la extracción por especie, %NaOH y Temperatura.

Se observa en la figura 7 que la corteza de pino presenta los mejores rendimientos al 5% de NaOH, la relación de 1/90 quizás porque la extracción se encuentra en un equilibrio en su composición, en cambio para el caso de la Acacia Mangium figura 8. aunque la relación S/L siguió siendo la misma que genero buenos rendimientos en el pino, la mayor alcalinidad aplicada no funcionó con esta especie quizás a que sus componentes sean diferentes a los del pino y no tenga una buena polaridad con el NaOH, algunos autores afirman que los taninos condensados tienen buena relación con la sal, los hidrolizables no tanto.(Filgueira, Moldes, Fuentealba, & García, 2017), para un estudio de caracterización puede determinarse si la Especie de Acacia Mangium contiene taninos hidrolizables.(dos Santos, Vargas, Fronza, & dos Santos, 2017)

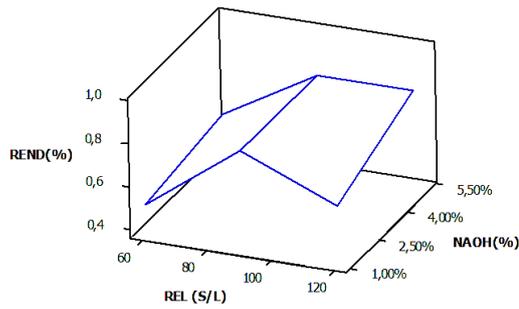


Figura 7. Grafica de superficie de respuesta del porcentaje de rendimiento de la especie Pino Caribbean (%NaOH, S/L).

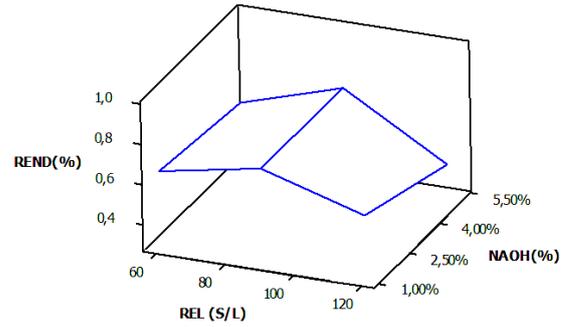


Figura 8. Grafica de Superficie de respuesta del porcentaje de rendimiento Acacia Mangium (%NaOH, S/L).

En la figura 9 se puede observar el comportamiento del rendimiento de la especie de Eucalipto Pellita , es notable que la superficie de respuesta es diferente a las anteriores dos cortezas, su mayor rendimiento se dio con los factores de relación S/L de 1/120 y de %NaOH DE 5%,quizás al contenido de taninos hidrolizables y su afinidad con los reactivos (Lee, Kim, Yang, & Sung, 2017).

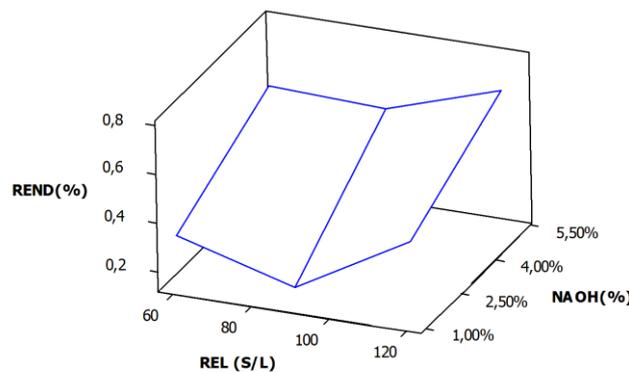


Figura 9. Grafica de superficie de respuesta del porcentaje de rendimiento del Eucalipto Pellita (%NaOH, S/L)

3. CONCLUSIONES

En este estudio se logró establecer entre los factores estudiados los tratamientos adecuados para cada especie, para el caso del Pino Caribbean las condiciones de NaOH al 5%, S/L 1/90 y temperatura de 80°C, para el Eucalipto Pellita las condiciones apropiadas de extracción fueron NaOH al 5%, 1/120 y 80°C, y como último la Acacia Mangium las mejores condiciones de extracción fueron NaOH al 1%, 1/90 y 80°C.

Comparando las tres cortezas quien tuvo rendimientos más bajos de extracción fue la corteza de la especie Eucalipto Pellita y la de mayor rendimiento la especie de Pino Caribbean.

Al evaluar el efecto de cada uno de los factores estudiados en el proceso de extracción de taninos, se observó que la temperatura no generaba alteraciones en el proceso de extracción probablemente a que eran temperaturas muy cercanas, por el contrario, el factor de alcalinidad (% NaOH) y la relación S/L, lograron una interacción en su mayoría directamente proporcional con el rendimiento de la extracción.

4. ANEXOS.



Anexo 1. Acumulación de corteza en el sector forestal, foto tomada de Industria Maderas el Vergel.
Fuente: Propia.



Anexo 2. Molino de cuchilla IKA para la disminución de tamaño de partícula de la corteza.



Anexo 3. horno de laboratorio, se realizó el secado de las muestras de corteza.

5. BIBLIOGRAFIA

- Aguilar, J., Jaén, J., Vargas, a, Jiménez, P., Vega, I., Herrera, J., ... Soto, R. (2012). Extracción y evaluación de taninos condensados a partir de la corteza de once especies maderables de Costa Rica (Extraction and evaluation of condensed tannins from bark of eleven species of trees from Costa Rica). *Tecnología En Marcha*, 25(4), 15–22. Retrieved from http://www.digital.itcr.ac.cr/servicios/ojs/index.php/tec_marcha/article/view/615/541
- Álvarez, J. M. (2007). Tanino: la revolución enológica mito o realidad. *Enología*, 2(may-jun), 1–15.
- Amoako, D. B., & Awika, J. M. (2016). Polymeric tannins significantly alter properties and in vitro digestibility of partially gelatinized intact starch granule. *Food Chemistry*, 208, 10–17. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.03.096>
- Bernhard-Reversat, F., Main, G., Holl, K., Loumeto, J., & Ngao, J. (2003). *Fast disappearance of the water-soluble phenolic fraction in eucalypt leaf litter during laboratory and field experiments. Applied Soil Ecology* (Vol. 23).
- Borralho, N., & Nieto, V. M. (2012). Eucalyptus para la Orinoquia : retos y oportunidades. *Revista M&M*, 75, 26–33.
- Casares Faulín, A. B. (2010). Análisis de polifenoles en los vinos mediante técnicas de separación, 70.
- Chupin, L., Motillon, C., Charrier-El Bouhtoury, F., Pizzi, A., & Charrier, B. (2013). Characterisation of maritime pine (*Pinus pinaster*) bark tannins extracted under different conditions by spectroscopic methods, FTIR and HPLC. *Industrial Crops and Products*, pp. 897–903. <http://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.06.045>
- Colín-Urieta, S., Ochoa-Ruiz, H. G., & Rutiaga-Quiñones, J. G. (2013). Contenido de taninos en la corteza de dos especies de parácata (*Erythroxylon compactum* Rose y *Senna skinneri* Benth. Irwin & Barneby). *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales Y Del Ambiente*, 19(1), 115–124. <http://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2012.03.026>
- dos Santos, C., Vargas, Á., Fronza, N., & dos Santos, J. H. Z. (2017). Structural, textural and morphological characteristics of tannins from *Acacia mearnsii* encapsulated using sol-gel methods: Applications as antimicrobial agents.

Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 151, 26–33.

<http://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2016.11.041>

- Filgueira, D., Moldes, D., Fuentealba, C., & García, D. E. (2017). Condensed tannins from pine bark: A novel wood surface modifier assisted by laccase. *Industrial Crops and Products*, 103, 185–194. <http://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.03.040>
- Industriales, A., & Vegetales, T. (2007). Importancia Industrial de los Taninos en la Industria Vitiviní Vitivin í cola en Chile EXPORTACION VINOS – CHILE - Millones U \$ FOB.
- Jahanshahi, S., Pizzi, A., Abdulkhani, A., Doosthoseini, K., Shakeri, A., Lagel, M. C., & Delmotte, L. (2016). MALDI-TOF, 13C NMR and FT-MIR analysis and strength characterization of glycidyl ether tannin epoxy resins. *Industrial Crops and Products*, 83, 177–185. <http://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.11.067>
- Jerez, M., Pinelo, M., Sineiro, J., & Núñez, M. J. (2006). Influence of extraction conditions on phenolic yields from pine bark: assessment of procyanidins polymerization degree by thiolysis. *Food Chemistry*, 94(3), 406–414. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.11.036>
- Lee, D. Y., Kim, H. W., Yang, H., & Sung, S. H. (2017). Hydrolyzable tannins from the fruits of *Terminalia chebula* Retz and their α -glucosidase inhibitory activities. *Phytochemistry*, 137, 109–116. <http://doi.org/10.1016/j.phytochem.2017.02.006>
- Nadhari, W. N. A. W., Hashim, R., Hiziroglu, S., Sulaiman, O., Boon, J. G., Salleh, K. M., ... Sugimoto, T. (2014). Measurement of some properties of binderless composites manufactured from oil palm trunks and *Acacia mangium*. *Measurement*, 50, 250–254. <http://doi.org/10.1016/j.measurement.2014.01.002>
- Naima, R., Oumam, M., Hannache, H., Sesbou, A., Charrier, B., Pizzi, A., & Charrier – El Bouhtoury, F. (2015). Comparison of the impact of different extraction methods on polyphenols yields and tannins extracted from Moroccan *Acacia mollissima* barks. *Industrial Crops and Products*, 70, 245–252. <http://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.03.016>
- Olivas-Aguirre, F. J., Wall-Medrano, A., González-Aguilar, G. A., López-Díaz, J. A., Álvarez-Parrilla, E., De La Rosa, L. A., & Ramos-Jimenez, A. (2015). Taninos hidrolizables; bioquímica, aspectos nutricionales y analíticos y efectos en la salud. *Nutricion Hospitalaria*, 31(1), 55–66. <http://doi.org/10.3305/nh.2015.31.1.7699>
- Peña-Neira, A. (2006). Los taninos y su importancia en la calidad de uvas y vino.

Vendimia, 18–20.

- Ping, L., Pizzi, A., Guo, Z. D., & Brosse, N. (2011). Condensed tannins extraction from grape pomace: Characterization and utilization as wood adhesives for wood particleboard. *Industrial Crops and Products*, 34(1), 907–914.
<http://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.02.009>
- Proexport. (2012). *Sector Forestal en Colombia. Proexport Colombia*. Retrieved from http://www.inviertaencolombia.com.co/Adjuntos/Perfil_Forestal_2012.pdf
- Quiñones, M., Miguel, M., & Aleixandre, A. (2012). Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. *Nutrición Hospitalaria : Organo Oficial de La Sociedad Española de Nutrición Parenteral Y Enteral*, 27(1), 76–89. <http://doi.org/10.3305/nh.2012.27.1.5418>
- Simba, G. A. (2014). Universidad central del ecuador facultad de ciencias psicológicas carrera de psicología industrial, 2008–2009.
- Valls, V. (2016). El papel antioxidante de los alimentos de origen vegetal. vitaminas y polifenoles. *Universidad de Valencia*, 1–9.
- Villanueva Díaz, J., Cerano Paredes, J., Vázquez Selem, L., Stahle, D. W., Fulé, P. Z., Yocom, L. L., ... Ariel Ruiz Corral, J. (2015). Red dendrocronológica del pino de altura (*Pinus hartwegii* Lindl.) para estudios dendroclimáticos en el noreste y centro de México. *Investigaciones Geográficas, Boletín Del Instituto de Geografía*, 2015(86), 5–14. <http://doi.org/10.14350/rig.42003>
- Wadnerkar, D., Tade, M. O., Pareek, V. K., & Utikar, R. P. (2016). CFD simulation of solid–liquid stirred tanks for low to dense solid loading systems. *Particuology*, 29, 16–33. <http://doi.org/10.1016/j.partic.2016.01.012>