

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS DE LOS RECURSOS
NATURALES RENOVABLES**



**DETERMINACIÓN CUALITATIVA DE LOS PRINCIPALES METABOLITOS
SECUNDARIOS EN RESIDUOS LIGNOCELULOSICOS GENERADOS POR LA
INDUSTRIA PARQUETERA EN LA CIUDAD DE PUCALLPA, PERÚ**

Tesis

Para optar al título de:

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
MENCIÓN FORESTALES**

ROY ALMIRO CABALLERO SORIA

PROMOCIÓN 2010 – II

Tingo María - Perú

2012



K50

C13

Caballero Soria, Roy Almiro

“Determinación cualitativa de los principales metabolitos secundarios en residuos lignocelulosicos generado por la industria parquetera en la ciudad de Pucallpa ,Perú”. Tingo María 2012

56 páginas; 22 cuadros; 24 fgrs.; 22 ref.; 30 cm.

Tesis (Ing. en Recursos Naturales Renovables Mención: Forestales)
Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Recursos Naturales Renovables

- | | | |
|-----------------------|----------------------------|-----------------------|
| 1. METABOLITOS | 2. LIGNOCELULOSICOS | 3. RESIDUOS |
| 4. PARQUETERA | 5. ESPECIES | 6. CUALITATIVA |



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 18 de diciembre del 2012, a horas 4:15 p.m. en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la Tesis titulada:

“DETERMINACIÓN CUALITATIVA DE LOS PRINCIPALES METABOLITOS SECUNDARIOS EN RESIDUOS LIGNOCELULÓSICOS GENERADOS POR LA INDUSTRIA PARQUETERA EN LA CIUDAD DE PUCALLPA, PERÚ”

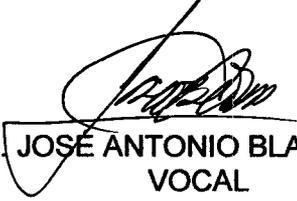
Presentado por el Bachiller: **ROY ALMIRO CABALLERO SORIA**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de **“BUENO”**

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título de **INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**, mención **FORESTALES**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del Título correspondiente.

Tingo María, 19 de diciembre del 2012.


Dr. CESAR SAMUEL LÓPEZ LÓPEZ
PRESIDENTE


Ing. MANUEL BRAVO MORALES
VOCAL


Ing. M.Sc. JOSÉ ANTONIO BLAS MATIENZO
VOCAL


Ing. M.Sc. TANIA E. GUERRERO VEJARANO
ASESORA



DEDICATORIA

A Dios por haberme dado la vida, y por dotarme del mejor regalo: MI FAMILIA.

A mis adorados padres EDGAR y MARIA ANGELICA, con profundo amor y eterno respeto, mi eterno agradecimiento por los esfuerzos, sacrificio y por su gran apoyo incondicional que hicieron posible mi formación profesional.

A mis adorados abuelos ESTELA y TEOFILO, con profundo amor y eterno agradecimiento, por sus sabios consejos y amor incondicional.

A mis queridos hermanos MIGUEL, ISABEL, ALESSANDRA LILLY, a mi sobrinito EDUARDITO con especial cariño, por la amistad y confianza que siempre nos unió.

Vive en paz con Dios, contigo mismo y con tu prójimo, sé generoso y llena siempre tu espíritu y tu mente de ideas sanas y buenos sentimientos.

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por haberme forjado como profesional.
- A todos los docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, quienes contribuyeron en mi formación académica.
- A mi asesor (a) la Ing. M.Sc. Tania Elisabeth Guerrero Vejarano por su orientación profesional en el desarrollo del presente trabajo de investigación.
- A los jurados de tesis Dr. Cesar López López, Ing. Jaime Blas Matienzo, Ing. Manuel R. Bravo Morales, por sus oportunas sugerencias.
- A la familia Bravo Bailón por su gran apoyo incondicional y sabios consejos en mi formación profesional.
- A los Ingenieros Frits Vera Palomino, Warren Ríos García, Dennis Guerrero, los Técnicos Michelson Cárdenas, Leyden Fuchs, Mario Sosa, sobre todo a los integrantes de la promoción 2005 forestales, por su amistad y apoyo incondicional.
- A todas las personas y amigos que de una u otra manera contribuyeron significativamente en la realización y culminación del presente trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. La madera	4
2.2. Composición química de la madera.....	4
2.3. Metabolitos secundarios	5
2.3.1. Alcaloides.....	7
2.3.2. Leucoantocianinas	8
2.3.3. Flavonoides.....	9
2.3.4. Quinonas y antraquinonas	10
2.3.5. Saponinas	11
2.3.6. Esteroides y/o Triterpenoides	12
2.3.7. Taninos	13
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
3.1. Lugar de ejecución	17

3.1.1. Ubicación política	17
3.1.2. Clima.....	17
3.1.3. Zona de vida	17
3.2. Materiales y equipos.....	18
3.2.1. Material biológico	18
3.3. Metodología.....	18
3.3.1. Colecta de material biológico	18
3.3.2. Obtención de muestras	19
3.3.3. Secado de muestras	19
3.3.4. Tamizado de muestras.....	19
3.3.5. Reconocimientos de metabolitos secundarios	20
3.4. Variables estudiadas	24
3.4.1. Variables independientes.....	24
3.4.2. Variables dependientes y sus indicadores	24
3.5. Codificación de variables observadas	25
3.6. Análisis estadístico	26
IV. RESULTADOS.....	27

4.1. Presencia de alcaloides en los residuos lignocelulósicos de la industria parquetera de la ciudad de Pucallpa.....	27
4.2. Presencia de flavonoides en los residuos lignocelulósicos de la industria parquetera de la ciudad de Pucallpa.....	28
4.3. Presencia de triterpenos en los residuos lignocelulósicos de la industria parquetera de la ciudad de Pucallpa.....	30
4.4. Presencia de quinonas en los residuos lignocelulósicos de la industria parquetera de la ciudad de Pucallpa.....	31
4.5. Presencia de saponinas en los residuos lignocelulósicos de la industria parquetera de la ciudad de Pucallpa.....	33
4.6. Presencia de leucoantocianinas en los residuos lignocelulósicos de la industria parquetera de la ciudad de Pucallpa.....	34
4.7. Presencia de taninos en los residuos lignocelulósicos de la industria parquetera de la ciudad de Pucallpa.....	36
V. DISCUSIÓN.....	38
5.1. Alcaloides en residuos lignocelulósicos de la industria parquetera en la ciudad de Pucallpa	38

5.2. Flavonoides en residuos lignocelulósicos de la industria parquetera en la ciudad de Pucallpa	41
5.3. Triterpenos en residuos lignocelulósicos de la industria parquetera en la ciudad de Pucallpa	43
5.4. Quinonas en residuos lignocelulósicos de la industria parquetera en la ciudad de Pucallpa	44
5.5. Saponinas en residuos lignocelulósicos de la industria parquetera en la ciudad de Pucallpa	45
5.6. Leucoantocianinas en residuos lignocelulósicos de la industria parquetera en la ciudad de Pucallpa	46
5.7. Taninos en residuos lignocelulósicos de la industria parquetera en la ciudad de Pucallpa.....	47
VI. CONCLUSIONES	49
VII. RECOMENDACIONES	51
VIII. ABSTRACT	52
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
X. ANEXO	57

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Pág.
1. Registro de datos cualitativos de las muestras consideradas dentro de la investigación.....	58
2. Análisis de varianza del alcaloide encontrada en la corteza y madera de siete especies forestales utilizados en la industria parquetera.....	62
3. Prueba de Tukey (α : 0.05) del alcaloide encontrado en siete especies forestales utilizados en la industria parquetera.	62
4. Prueba de Tukey (α : 0.05) del alcaloide encontrado en la madera y corteza de siete especies forestales utilizados en la industria parquetera.....	63
5. Análisis de varianza del flavonoide encontrada en la corteza y madera de siete especies forestales utilizados en la industria parquetera.....	63
6. Prueba de Tukey (α : 0.05) del flavonoide encontrado en siete especies forestales utilizados en la industria parquetera.	64
7. Prueba de Tukey (α : 0.05) del flavonoide encontrado en la corteza y madera de siete especies forestales utilizados en la industria parquetera.....	64

8. Análisis de varianza de la leucocianina encontrada en la corteza y madera de siete especies forestales utilizados en la industria parquetera.....	65
9. Prueba de Tukey (α : 0.05) de la leucocianina encontrada en siete especies forestales utilizados en la industria parquetera.	65
10. Prueba de Tukey (α : 0.05) de la leucocianina encontrada en la corteza y madera de siete especies forestales utilizados en la industria parquetera.....	66
11. Análisis de varianza de la saponina encontrada en la corteza y madera de siete especies forestales utilizados en la industria parquetera.....	66
12. Prueba de Tukey (α : 0.05) de la saponina encontrada en siete especies forestales utilizados en la industria parquetera.	67
13. Prueba de Tukey (α : 0.05) de la saponina encontrada en la corteza y madera de siete especies forestales utilizados en la industria parquetera.....	67
14. Análisis de varianza del triterpeno encontrada en la corteza y madera de siete especies forestales utilizados en la industria parquetera.....	68
15. Prueba de Tukey (α : 0.05) del triterpeno encontrado en siete especies forestales utilizados en la industria parquetera.	68

16. Prueba de Tukey (α : 0.05) del triterpeno encontrado en la corteza y madera de siete especies forestales utilizados en la industria parquetera.....	70
17. Análisis de varianza del tanino encontrado en la corteza y madera de siete especies forestales utilizados en la industria parquetera.....	70
18. Prueba de Tukey (α : 0.05) del tanino encontrado en siete especies forestales utilizados en la industria parquetera.	71
19. Prueba de Tukey (α : 0.05) del tanino encontrado en la corteza y madera de siete especies forestales utilizados en la industria parquetera.....	70
20. Análisis de varianza de la quinona encontrada en la corteza y madera de siete especies forestales utilizados en la industria parquetera.....	71
21. Prueba de Tukey (α : 0.05) de la quinona encontrada en siete especies forestales utilizados en la industria parquetera.	71
22. Prueba de Tukey (α : 0.05) de la quinona encontrada en la corteza y madera de siete especies forestales utilizados en la industria parquetera.....	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Pág.
1. Estructura de un alcaloide.....	7
2. Estructura de un tanino.	8
3. Estructura de un flavonol (quercetina).	10
4. Estructura de una quinona.	11
5. Estructura de una saponina.	11
6. Estructura de un triterpenoide y un esteroide.....	12
7. Presencia de alcaloides en residuos de siete especies forestales utilizadas para parquet.....	27
8. Presencia de alcaloides en residuos de corteza y madera provenientes de parquetas.....	28
9. Presencia de flavonoides en residuos de siete especies forestales utilizadas para parquet.	29
10. Presencia de flavonoides en residuos de corteza y madera provenientes de parquetas.....	29

11. Presencia de triterpenos en residuos de siete especies forestales utilizadas para parquet.....	30
12. Presencia de triterpenos en residuos de corteza y madera provenientes de parqueteras.....	31
13. Presencia de quinonas en residuos de siete especies forestales utilizadas para parquet.....	32
14. Presencia de quinonas en residuos de corteza y madera provenientes de parqueteras.....	32
15. Presencia de saponinas en residuos de siete especies forestales utilizadas para parquet.....	33
16. Presencia de saponinas en residuos de corteza y madera provenientes de parqueteras.....	34
17. Presencia de leucoantocianinas en residuos de siete especies forestales utilizadas para parquet.....	35
18. Presencia de leucoantocianinas en residuos de corteza y madera provenientes de parqueteras.....	35
19. Presencia de taninos en residuos de siete especies forestales utilizadas para parquet.....	36

20. Presencia de taninos en residuos de corteza y madera provenientes de parqueteras.....	37
21. Área de recuperación de los residuos lignocelulosicos.....	73
22. Muestras en aserrín de corteza y madera de las especies investigadas.....	73
23. Presencia de alcaloides en forma de precipitado en corteza de <i>A macrocarpon</i>	74
24. Presencia de alcaloides en forma de precipitado en madera de <i>A macrocarpon</i>	74

RESUMEN

Con la finalidad de probar en forma cualitativa los principales metabolitos secundarios de los residuos lignocelulósicos existentes en la industria parquetera de la ciudad de Pucallpa, Ucayali - Perú. Los residuos de madera utilizadas fueron de las especies aguano masha (*Machaerium inundatum*), capirona (*Calycophyllum spruceanum*), estoraque (*Miroxylom balsamun*), pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon*), shihuahuaco (*Dipterix micrantha*), quinilla colorada (*Manilkara bidentata*) y tahuari (*Tabebuia serratifolia*), las que fueron colectados en diferentes áreas de recuperación los residuos de cuatro empresas parqueteras y fueron analizados en el Laboratorio de Fitoquímica de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en el distrito de Rupa Rupa, Huánuco. Se aplicó la metodología sustentada por MARTINEZ (2003). Se encontró presencia de alcaloide, flavonoide, triterpenos, quinonas, leucoantocianina y taninos en los residuos de madera de las especies, y en la corteza se ha encontrado mayor presencia de estos metabolitos en comparación a la madera. Respecto a las saponinas solo se ha encontrado en la parte de la corteza en la especie tahuari.

I. INTRODUCCIÓN

La determinación del tipo de metabolitos secundarios que se encuentran en los residuos de especies de alta densidad especialmente de la industria del parquet, daría una visión más clara para el aprovechamiento integral de estos residuos, la información sobre metabolitos secundarios que permitan predecir los usos medicinales, fungicidas, bactericidas, etc. Así mismo como preservantes hasta predecir qué tipo de aditivo se pueda usar para darle un mayor valor agregado en la comercialización.

La industria del parquet generan diversos residuos lignocelulósicos durante el proceso que abarca desde el acopio de las trozas hasta la obtención del producto final, éstos causan contaminación, ocupan espacio y no se les da un valor agregado, ante esta situación surge la idea de analizar sobre la constitución química de los residuos lignocelulósicos (madera y corteza) los que pueden ser una fuente de productos químicos; ante este acápite se generan interrogantes como ¿Poseerán metabolitos secundarios los residuos lignocelulósicos de la industria parquetera?

La importancia de la presente investigación es conocer cualitativamente los tipos de metabólicos secundarios y posteriormente identificar

cuál de estos metabolitos se presentan en mayor proporción. Teniendo en cuenta que se procesan trozas con ciertos defectos (grietas, rajaduras, etc.) lo que originan una gran cantidad de residuos que no son aprovechados en la industria forestal, es por ello que la extracción de compuestos fenólicos de residuos de especies que son utilizadas en la industria del parquet, presentan un alto contenido de metabolitos secundarios los cuales, se puede extraer para producir preservantes naturales y usarlos en especies de baja densidad a fin de aumentar su valor económico. Como hipótesis se afirma que los residuos lignocelulosicos de la industria parquetera presentan metabólitos secundarios de carácter fenólico como alcaloides, flavonoides, polímeros, triterpenos, quinonas, antocianidinas, leuco antocianidina, variando cualitativamente con relación de la madera y su corteza, en base a esto se plantearon los siguientes objetivos:

- Comprobar la presencia de alcaloides en los residuos lignocelulósicos de la industria parquetera de la ciudad de Pucallpa, Perú.
- Demostrar la presencia de flavonoides en los residuos lignocelulósicos de la industria parquetera de la ciudad de Pucallpa, Perú.
- Comprobar la presencia de triterpenos en los residuos lignocelulósicos de la industria parquetera de la ciudad de Pucallpa, Perú.
- Comprobar la presencia de quinonas en los residuos lignocelulósicos de la industria parquetera de la ciudad de Pucallpa, Perú

- Probar la presencia de saponinas en los residuos lignocelulósicos de la industria parquetera de la ciudad de Pucallpa, Perú
- Probar la presencia de leuco antocianinas en los residuos lignocelulósicos de la industria parquetera de la ciudad de Pucallpa, Perú.
- Comprobar la presencia de taninos en los residuos lignocelulósicos de la industria parquetera de la ciudad de Pucallpa, Perú.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. La madera

Wilson y Loomis (1968), citado por RUESTA (2008) señalan que; la madera es material de origen orgánico. Su formación se debe a la superposición sucesiva de los anillos de crecimiento en los árboles.

Torres (1960); Wilson y Loomis (1968), citados por RUESTA (2008) indican que; durante el envejecimiento del árbol, este sólo necesita de los anillos anuales más externos para la conducción de savia y suministros de materia transformada, mientras la madera interna pierde gradualmente su actividad vital.

Gonzales (1970), Kollman (1959) y Torres (1960) citados por RUESTA (2008), manifiestan que la transformación de albura en duramen es acompañada por la fijación de resinas, gomas, taninos y productos en general muy complejos, que oscurecen su color e incrementan su duración en servicio.

2.2. Composición química de la madera

Para hacer un aprovechamiento óptimo de la madera desde el punto de vista químico es necesario conocer su composición química, cuyos compuestos

surgen de la combinación de los elementos como: carbono 50%, hidrógeno 6%; oxígeno 43% y cenizas 0.5%. La que se compone, de forma general, en dos grupos de sustancias: extraíbles y los componentes de pared celular, estos últimos comprenden la celulosa, lignina y hemicelulosas (NOBUO, 1990).

Cada uno de estos componentes presenta distintas estructuras químicas. Sus proporciones, en los vegetales leñosos, comprenden los siguientes rangos de valores. Componentes de lignina, entre 25 y 35% (maderas blandas), entre 17 y 25% (maderas duras); celulosa, entre 40% y 45% prácticamente igual tanto para maderas duras que para maderas blandas; hemicelulosa, 20% (maderas blandas), entre 15 y 35% (maderas duras). Por otra parte se puede decir que los árboles no podrían alcanzar tanta altura si sus troncos no estuvieran impregnados de lignina, cuya propiedad de aglutamiento proporciona la dureza y rigidez necesaria a los haces de fibras celulósicas (NOBUO, 1990).

2.3. Metabolitos secundarios

Según MARINI y BETTOLO (1981), son los compuestos químicos sintetizados por las plantas que cumplen funciones no esenciales en ellas, de forma que su ausencia no es fatal para la planta, ya que no intervienen en el metabolismo primario de las mismas. Los metabolitos secundarios de las plantas intervienen en las interacciones ecológicas entre la planta y su ambiente, cumplen funciones de defensa.

SANTIZO (2004) menciona que desempeñan un papel clave en la bioquímica de las plantas, ya que actúan como:

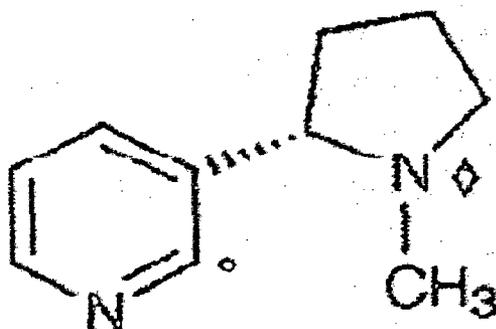
- Reguladores y mensajeros.
- Protegen a la planta de parásitos y enfermedades.
- Son muy importantes para la fertilización.
- Llevan información intercelular y se relacionan con la respuesta hormonal de la planta.

La composición química de los metabolitos secundarios es muy variada, rica y compleja. Son llamados el alma de las plantas ya que representan su energía vital en algunos casos, este es el caso de los aceites esenciales desde el punto de vista químico y a pesar de su composición compleja se pueden clasificar de acuerdo con los componentes mayoritarios.

Los ricos en sesquiterpenos son los aceites esenciales sesquiterpénicos (por ej. copaiba, pino, junípero, etc.). Los ricos en fenilpropanos son los aceites esenciales fenilpropanoides (por ej. clavo, canela, anís, etc.). Aunque esta clasificación es muy general resulta útil para estudiar algunos aspectos fitoquímicos de los monoterpenos, los sesquiterpenos y los fenilpropanos, sin embargo existen clasificaciones más complejas que tienen en cuenta otros aspectos químicos (SANTIZO, 2004).

2.3.1. Alcaloides

No existe una definición sencilla de alcaloides puesto que es difícil tener en cuenta las diferencias entre estructuras y propiedades de 6000 compuestos adscritos al grupo de alcaloides. No obstante, una definición general de alcaloides es que son sustancias orgánicas de origen natural (sobre todo del reino vegetal) nitrogenadas, de carácter básico, de distribución restringida y dotadas de propiedades farmacológicas. Además de ser tóxicos para los insectos también lo son para el hombre como para animales superiores, lo que hace que protejan a la planta que los posee de depredadores. Existe una gran utilidad de ellos en la industria como es el caso de la cafeína, la nicotina y morfina, entre otros. Para la determinación de los alcaloides se realizan las siguientes pruebas: Dragendorff, Mayer, Valser, Reineckato de amonio y cromatografía de capa delgada (YARA, 2006).



(-)-nicotina

Figura 1. Estructura de un alcaloide.

2.3.2. Leucoantocianinas

Son compuestos polifenólicos más o menos complejos, de origen vegetal, masa molecular relativamente elevada, capaces de formar uniones estables con las proteínas y otros polímeros como la celulosa y la pectina, por tal motivo se han venido utilizando industrialmente para curtir cueros e inhibir algunas enzimas. Debido a su toxicidad se piensa que las leucoantocianinas juegan un papel importante en los mecanismos de defensa de las plantas (SANTIZO, 2004).

Las leucoantocianinas se les clasifica como hidrolizables (pirogálicos) y condensados (catéquicos). En la Figura 2 se aprecia la estructura típica de un tanino.

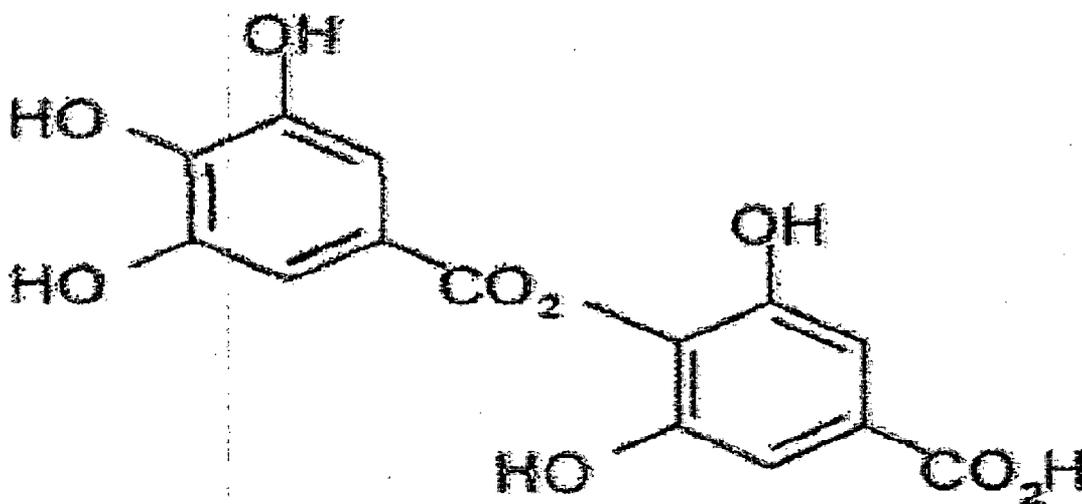


Figura 2. Estructura de un tanino.

La cantidad de leucoantocianinas que contiene una madera, varía mucho de una especie a otra, y dentro de la misma especie de una a otra parte de la planta (hojas, corteza, madera o raíces), así como de las zonas más o menos añejas de la madera y también de las circunstancias de vida del árbol. Las maderas ricas en leucoantocianinas contienen cantidades de este extracto que varían entre el 8% y el 12%, pudiendo llegar hasta un 20% (DIEGUEZ, 2010).

2.3.3. Flavonoides

Flavonoides es el nombre genérico de un grupo de moléculas generadas por el metabolismo secundario de los vegetales, que, como otros principios activos vegetales, se originan mediante una ruta biosintética mixta en el caso de los flavonoides, a través de la ruta del ácido shikímico y la ruta de los policétidos. Los flavonoides constituyen un amplio grupo de compuestos fenólicos procedentes del metabolismo secundario de los vegetales.

Dentro de la amplia gama de efectos que se les atribuye, destacan su acción venotónica, su efecto antioxidante y su capacidad para inhibir diversos procesos enzimáticos relacionados con el sistema vascular (LOPEZ, 2009).

Una estructura típica de un flavonoide se ilustra en la Figura 3.

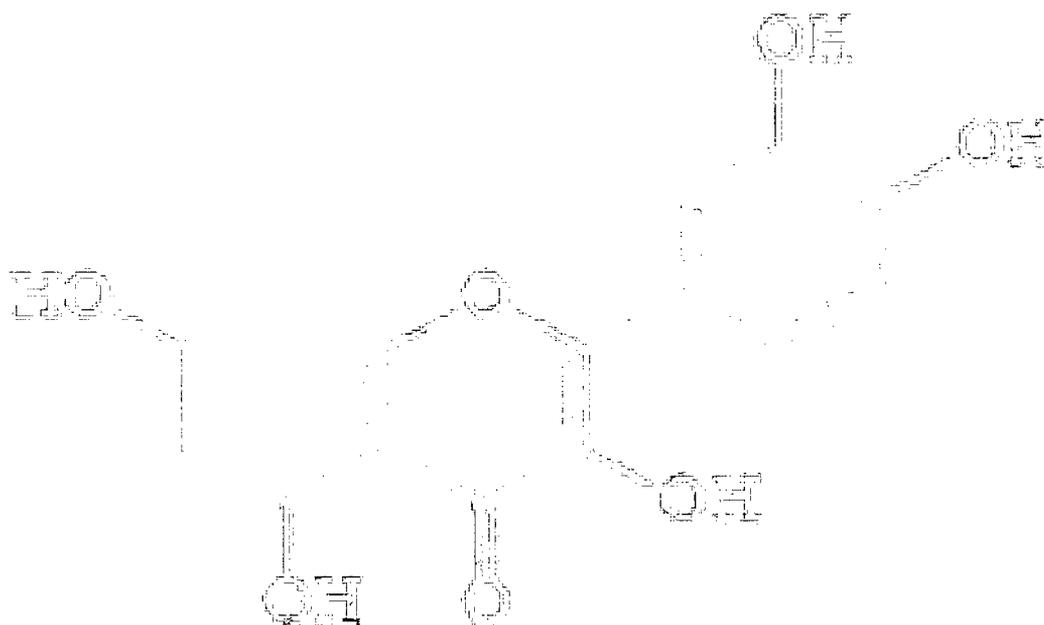


Figura 3. Estructura de un flavonol (quercetina).

2.3.4. Quinonas y antraquinonas

Las quinonas son dicetonas insaturadas que por reducción se convierten en polifenoles fácilmente regeneradas por oxidación, son abundantes en la naturaleza, en el reino vegetal se encuentran tanto en vegetales superiores como en hongos y bacterias. Dependiendo del grado de su complejidad química, si son estructuras monocíclicas, bicíclicas o tricíclicas pueden clasificarse en benzoquinonas, naftoquinonas o antraquinonas. Por sus colores, que van del amarillo al violeta, contribuyen a la pigmentación de numerosos vegetales y de algunos animales (SANTIZO, 2004). El estudio de estas sustancias tiene gran interés en la actualidad por que algunos investigadores han demostrado que poseen una significativa actividad antimicrobiana y antitumoral.

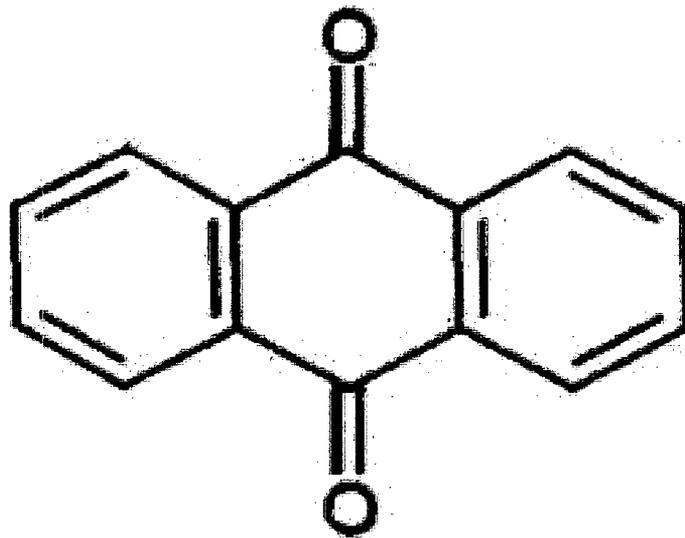


Figura 4. Estructura de una quinona.

2.3.5. Saponinas

Las saponinas son un grupo de glicósidos que se disuelven en agua y disminuyen la tensión superficial de esta, lo que implica que al sacudir sus soluciones se forma una espuma abundante y relativamente estable. Por hidrólisis las saponinas generan carbohidratos y una aglicona, llamada genéricamente sapogenina (OVIEDO, 1977).

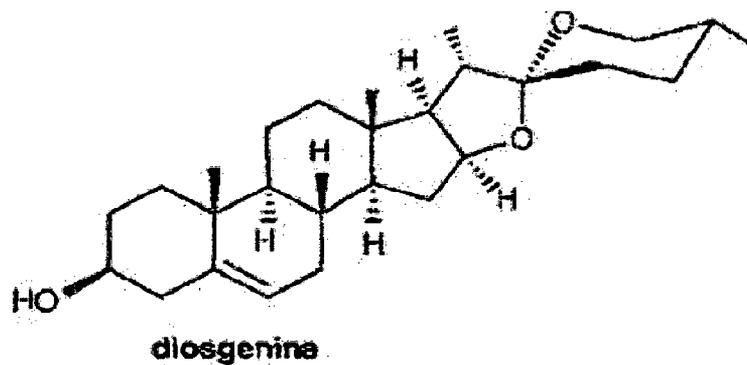


Figura 5. Estructura de una saponina.

2.3.6. Esteroides y/o Triterpenoides

Los terpenos y los esteroides, elaborados a partir del mismo precursor, constituyen un amplio conjunto de metabolitos secundarios de los vegetales. Todos los terpenos, tienen algo esencial en común: se puede considerar que se forman por el acoplamiento de un número entero de unidades pentacarbonadas ramificadas, derivadas de 2-metil butadieno. Figura 9. La principal fuente de los compuestos terpenoides son los aceite esenciales, que en su mayoría son mezclas de monoterpenos y de sesquiterpenos; estos pueden ser hidrocarbonatos y oxigenados. Los terpenoides son liposolubles y se encuentran localizados en el citoplasma de las células vegetales. Los aceites esenciales son fundamentales para las plantas en el proceso de polinización y a nivel industrial son muy apetecidos, principalmente en la cosmetología y perfumería (YARA, 2006).

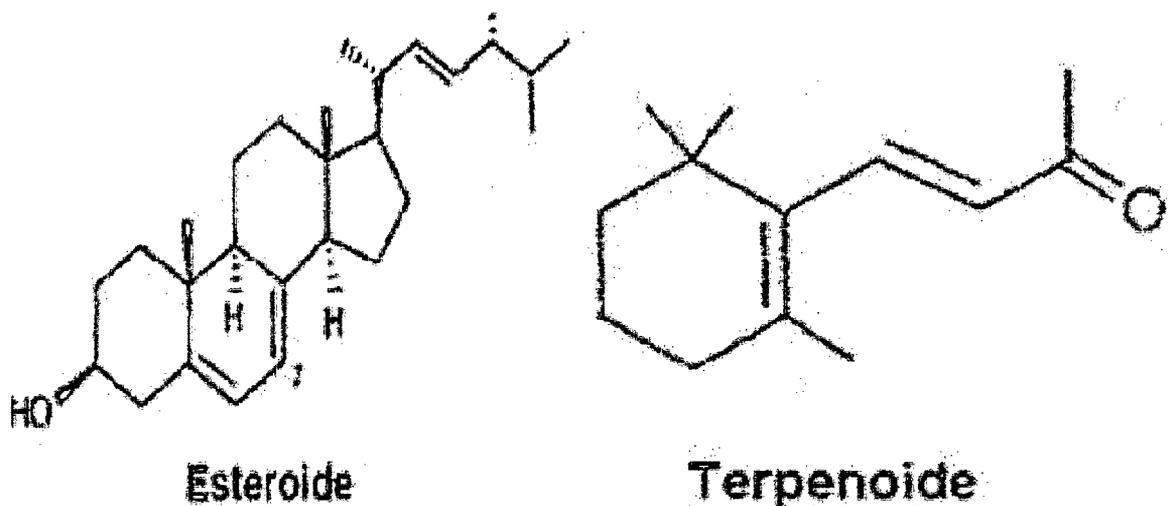


Figura 6. Estructura de un triterpenoide y un esteroide.

En Chile, RODRÍGUEZ y TORRES (1994) determinaron cuantitativamente el contenido de lignina y los solubles en: etanol-tolueno, hidróxido de sodio 1% y agua caliente en corteza de diversas especies nativas representativas de terrenos de ñadi y de cinco especies introducidas en la zona de Valdivia, Chile. Los análisis químicos se realizaron según el procedimiento Tappi (1994). En general, los valores de lignina y componentes secundarios en corteza resultan más elevados que en la madera para las mismas especies. Los elevados porcentajes de lignina que resultan se atribuyen a la interferencia de la suberina, sustancia polimérica que se encuentra unida a la lignina en cortezas. Los valores de solubilidad en etanol-tolueno y agua caliente indican que las cortezas son ricas en componentes secundarios, por lo cual podrían resultar altamente aprovechables para su uso en la obtención de ciertas sustancias químicas de interés comercial.

2.3.7. Taninos

El término tanino fue originalmente utilizado para describir ciertas sustancias orgánicas que servían para convertir a las pieles crudas de animales en cuero, proceso conocido en inglés como tanning ("curtido" en español). Se extraen de las plantas con agua o con una mezcla de agua y alcohol, que luego se decanta y se deja evaporar a baja temperatura hasta obtener el producto final. Los taninos tienen un ligero olor característico, sabor amargo y astringente, y su color va desde el amarillo hasta el castaño oscuro. Expuestos al aire se tornan oscuros

y pierden su efectividad para el curtido. Químicamente son metabolitos secundarios de las plantas fenólicos, no nitrogenados, solubles en agua y no en alcohol ni solventes orgánicos.

Abundan en las cortezas de los robles (donde están especialmente concentrados en las agallas) y los castaños, entre otros árboles. Los taninos se utilizan en el curtido porque reaccionan con las proteínas de colágeno presentes en las pieles de los animales, uniéndolas entre sí, de esta forma aumenta la resistencia de la piel al calor, a la putrefacción por agua, y al ataque por microbios.

Los taninos tienen la propiedad de formar complejos con macromoléculas, particularmente con las proteínas; así forman enlaces colocándose entre las fibras de colágeno de la piel de los animales, por lo que se usan para "curtir la piel", dándole flexibilidad y resistencia. Esta propiedad explica también su astringencia, al precipitar las glicoproteínas contenidas en la saliva, haciendo que ella pierda su poder lubricante.

El tanino es un compuesto que se oxida al contacto con el aire, es inodoro y de sabor agrio, soluble en agua, alcohol y acetona; reacciona con el cloruro férrico y otras sales; es combustible con un punto de inflamación de 199 °C, una temperatura de auto ignición de 528.5 °C; poco tóxico por ingestión o inhalación. Desde el punto de vista biológico los taninos son sustancias complejas producidas por las especies vegetales que cumplen funciones antisépticas o de conservación.

Los taninos se presentan en especies de familias vegetales de todo el mundo, se han identificado aproximadamente 500 especies de plantas que contienen varias cantidades de taninos, entre las principales familias botánicas con importancia en la obtención de taninos se pueden citar a las siguientes: Leguminosae, Rosaceae, Polygonaceae, Fabaceae, Rhyzophoraceae y Myrtaceae. Algunos géneros como las acacias (*Acacia* spp.), los encinos (*Quercus* spp.) y algunos pinos (*Pinus* spp.) que habitan bosques de pinoencino o zonas de transición son importantes en la producción de estos productos.

Es indudable la importancia que los taninos vegetales han adquirido a través de los años, conforme se ha profundizado su conocimiento y encontrado aplicaciones tan variadas. Quizás la aplicación más antigua es en la industria del cuero, para el proceso del curtido, aprovechando su capacidad de precipitar proteínas; ésta propiedad fue también aplicada en los tejidos vivos, constituyendo la base para su acción terapéutica, empleándolos en medicina en tratamientos del tracto gastrointestinal y para las escoriaciones y quemaduras de la piel. En este último caso las proteínas forman una capa protectora antiséptica bajo la cual se regeneran los tejidos.

En los últimos años, en los que ha sido posible el aislamiento y determinación estructural de muchos de estos taninos, ha aumentado la investigación de sus actividades biológicas en base a las diferencias estructurales presentes. Dichas actividades, dependen en muchos casos de los tipos de taninos

y concentraciones empleadas; esto nos indica la necesidad de su identificación de análisis estructural, como paso previo a la investigación de sus posibles aplicaciones.

Los taninos hidrolizables son los que mayor interés toxicológico encierran. Entre los ácidos fenólicos más frecuentes en su composición destacan el ácido gálico, tánico, cafeíco, hexohidrofénico y elágico. El ganado vacuno tolera plantas con taninos como el *Sorghum halepense* (L.) Pers. en cantidades de 500 g/cabeza y día, pero mayores cantidades provocan gastroenteritis, glomerulonefritis, edema en el aparato digestivo con mucosas congestionadas y hemorrágicas, aumento del tamaño de los riñones, presencia de sangre hemolítica y edema en pulmón, disminución de las proteínas, aumento del nitrógeno uréico, creatinina, potasio y fósforo. La mortalidad alcanza el 80%. Los équidos manifiestan en intoxicaciones crónicas, ictericia y anemia hemolítica. Los taninos se consideran sustancias hemoglobinizantes. Los pollos manifiestan anomalías en las patas. El diagnóstico se realiza por los síntomas y lesiones, determinando en orina las concentraciones de ácido cafeico y pirogalol y determinando taninos en dieta.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

3.1.1. Ubicación política

La presente investigación se realizó en los meses de agosto a diciembre del 2011, en el Laboratorio de Fitoquímica de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, localizado en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, región de Huánuco.

3.1.2. Clima

Las condiciones climáticas son de temperatura máxima de 29.4 °C, mínima de 19.2 °C, y media de 24.3 °C, precipitación promedio anual de 3300 mm, humedad relativa de 87% y altitud de 660 msnm.

3.1.3. Zona de vida

De acuerdo a la clasificación de las zonas de vida y el diagrama bioclimático de HOLDRIDGE, el distrito Rupa Rupa se encuentra en la formación

vegetal de bosque muy húmedo Pre montano, Sub Tropical (bmh - PST) y de acuerdo a las regiones naturales del Perú, está en la selva alta o Rupa Rupa.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Material biológico

El material biológico para el presente trabajo de investigación fue la madera y corteza de las siguientes especies:

- Aguano masha (*Machaerium inundatum* C. Martius ex Benth, Ducke)
- Capirona (*Calycophyllum spruceanum* Benth. Hook, F ex K. Schum)
- Estoraque (*Miroxylom balsamun* L, Harms)
- Pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* martens)
- Shihuahuaco (*Dipterix alata* Vogel)
- Tahuari (*Tabebuia serratifolia* Vahl, Nicholson)
- Quinilla (*Manilkara bidentata* A.DC. A. Chev)

3.3. Metodología

3.3.1. Colecta de material biológico

Los residuos de madera y para el presente trabajo de investigación fueron colectados de diferentes áreas de recuperación de residuos de cuatro (04) empresas ubicadas en la ciudad de Pucallpa, Perú.

- Consorcio Maderero BH SAC
- GREEN LUMBER S.A.C. (ex PERÚ TIMBER)
- Aserradero PEZO E.I.R.L.
- Aserradero JORGE ROLANDO S.A.C.

3.3.2. Obtención de muestras

Las maderas y cortezas se transportaron desde las diversas parqueteras en la ciudad de Pucallpa hasta el Área de Tecnología de la Madera de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, para ser convertidas en aserrín utilizando una sierra circular, de los cuales se cogió 0.5 kilogramos las cuales fueron colocados en bolsas ziplot durante dos días; si la muestra fue aserrín, se les paso por el molino a fin de homogenizar la muestra.

3.3.3. Secado de muestras

Las muestras de aserrín se llevaron a la estufa a 103 ± 2 °C por un periodo de 3 días a, luego se procedió a almacenar en bolsas ziplot debidamente codificadas, con la finalidad de evitar que las muestras se deterioren con rapidez.

3.3.4. Tamizado de muestras

En esta fase se realizó el tamizado de las muestras de madera y corteza con las mallas de tamaño 40/60 cuyo diámetro de partículas están entre

425 y 250 μm , las cuales son adecuada para el análisis fitoquímico como recomienda MARTINEZ (2003); luego estas sub muestras equivalentes a 5 gramos, se almacenó en bolsas ziplot herméticamente cerrados para su uso en el ensayo respectivo.

3.3.5. Reconocimientos de metabolitos secundarios

3.3.5.1. Reconocimiento de alcaloides

Se aplicó la metodología sustentada por MARTINEZ (2003), la cual consistió en que se desmenuzó con tamiz finamente unos 2 g de muestra seca de aserrín y después colocarlo en un Erlenmeyer, se añadió un volumen suficiente de HCl al 5% (hasta cubrir las partículas de corteza y madera debido a que cada especie presenta diferente densidad por lo tanto diferente volumen), hasta que toda la muestra quedo en contacto con la solución ácida.

Seguidamente se calentó con agitación a baño maría durante 5 minutos y luego se puso a enfriar por 30 min para su posterior filtración utilizando algodón.

Posteriormente se ha colocado 2 mL de filtrado ácido en 4 tubos de ensayo, luego añadió a cada uno dos gotas de los reactivos de Dragendorff, Mayer, Hager y Wagner, la condición consistía en que si se observó turbidez o

precipitados por lo menos en tres tubos, se consideró que la muestra contenía alcaloides.

3.3.5.2. Reconocimiento de flavonoides, leucoantocianidinas

Se aplicó la metodología sustentada por MARTINEZ (2003); cuando en un Erlenmeyer se colocó 2 g de muestra seca, finamente desmenuzada. Se añadió un volumen de 20 mL de alcohol etílico que cubrió toda la muestra y le dio fluidez. Se calentó al baño maría durante 5 minutos, con agitación; luego se esperó que enfríe para realizar el filtrado.

Al filtrado se añadió un volumen igual de solución de acetato de plomo al 4% que contenía ácido acético al 5%, luego se agitó, dejando en reposo por 15 minutos y se realizó un filtrado, la cual posteriormente se mantuvo tapado con parafin. Con el filtrado se realizó los ensayos para el reconocimiento de flavonoides y leucoantocianidinas.

Ensayo para flavonoides.- Se colocó varias limaduras de magnesio en un tubo de ensayo, se añadió 2 mL del filtrado por la pared del tubo, gota a gota se dejó caer varias gotas de HCl ce. La aparición de colores naranja, rosado, rojo, o violeta fue prueba positiva para la existencia de flavonoides en la muestra.

Ensayo para leucoantocianidina.- Se colocó 2 mL del filtrado en un tubo de ensayo, luego se añadió 01 mL de ácido clorhídrico ce, calentándose en

baño de agua hirviendo durante 15 minutos. La aparición de coloraciones rojas fue prueba positiva de la existencia de leucoantocianidinas en la muestra.

3.3.5.3. Reconocimiento de saponinas, esteroides y/o triterpenoides y quinonas

Se aplicó la metodología sustentada por MARTINEZ (2003), la cual prosigue al colocar en un Erlenmeyer 2 g de muestra seca finamente desmenuzada. Añadiendo un volumen suficiente de alcohol hasta que cubre la muestra, se calentó al baño maría durante unos 10 minutos con agitación, luego se realizó un filtrado en caliente. Se concentró hasta la mitad del volumen en el filtrado, se ha trasvasado a un embudo de separación y se ha extraído con dos porciones de 20 mL c/u de diclorometano, luego se añadió un volumen de agua para que se formen las dos fases. Recuperando así ambas fases.

La fase acuosa se filtró y con el filtrado obtenido se realizaron ensayos para taninos, saponinas y quinonas.

La fase orgánica se recuperó y se secó con sulfato de sodio anhidro el cual se filtró, y con el filtrado se realizó el ensayo para Triterpenoides o esferoides.

Ensayo para saponinas.- Se agitó en un tubo de ensayo tapado, unos 4 mL del filtrado acuoso durante 1 minuto. La formación de espuma

abundante y estable fue prueba presuntiva de la presencia de saponinas en la muestra.

Ensayo para triterpenos y/o esteroides.- En un tubo de ensayo limpio y completamente seco, se colocó 1 mL aproximadamente del filtrado orgánico, se ha añadido 1 mL de anhídrido acético por la pared del tubo con mucha precaución, se dejó rebalsar 1 a 2 gotas de ácido sulfúrico concentrado. La formación de colores azules, violetas, rojos o verdes fue prueba positiva de que la muestra contiene esteroides y/o triterpenoides.

Ensayo para quinonas con una fracción.- Se colocó en un tubo de ensayo unos 5 mL de filtrado acuoso, se añadió 1 mL de peróxido de hidrógeno al 20% y 1 mL de ácido sulfúrico al 50%, luego se ha calentado la mezcla en un baño de agua hirviendo durante 15 minutos, luego se ha enfriado y añadió 5 mL de tolueno para luego agitarlo sin emulsionar. Se recuperó la fase toluénica haciendo trasvasar 2 mL de la fase toluénica a un tubo de ensayo, añadiendo 1 mL de una solución de NaOH al 5% con amoniaco, se agitó sin emulsionar. Si en la capa acuosa aparecía una coloración rosada a roja a roja intensa fue prueba positiva de la presencia de quinonas en la muestra.

3.3.5.4. Reconocimiento de taninos

Se tomó 1 mL del filtrado acuoso en un tubo de ensayo, se añadió 1 mL del reactivo de gelatina-sal. Si se forma un precipitado, se centrifuga a 2000

RPM durante 5 minutos. Luego se quitó el sobrenadante, se redisolvió el precipitado en 2 mL de urea 10 M y se añadió de 2 a 3 gotas de cloruro férrico al 10%.

La formación de un precipitado al agregar el reactivo de gelatina, y la aparición de colores o precipitados verdes, azules o negros fue prueba positiva de la presencia de taninos en la muestra.

3.4. Variables estudiadas

3.4.1. Variables independientes

Las variables consideradas independientes fueron las especies forestales, la corteza y la madera utilizadas en la investigación.

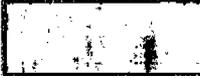
3.4.2. Variables dependientes y sus indicadores

- Presencia de alcaloides: turbidez o precipitados.
- Presencia de flavonoides: colores naranja, rosado, rojo, o violeta.
- Presencia de leucoantocianidina: coloraciones rojas.
- Presencia de triterpenos: colores azules, violetas, rojos o verdes.
- Presencia de quinonas: coloración rosada, roja a roja intensa.
- Presencia de saponinas: formación de espuma abundante y estable.

- Presencia de taninos: aparición de colores o precipitados verdes, azules o negros.

3.5. Codificación de variables observadas

La codificación de datos se utilizó para transformar los datos cualitativos en cuantitativo, esta transformación en valores numéricos ha permitido utilizar técnicas estadísticas y operaciones matemáticas, para obtener los resultados transparentes.

CÓDIGOS	0		INTENSIDAD
	1		
	2		
	3		
	4		

3.6. Análisis estadístico

Se utilizó dos factores, la primera (A) constituida por siete especies forestales y la segunda (B) considerada a los residuos celulósicos de madera y corteza; para el análisis estadístico aplicó el diseño completamente al azar con arreglo factorial de la forma 7A x 2B, expresado en el análisis de varianza, en caso de que se encontrara diferencias estadísticas, se procedió a realizar la prueba pos hoc denominada de rangos múltiples de Tukey para determinar en orden la significancia de los valores promedios al 95% de probabilidad.

IV. RESULTADOS

4.1. Presencia de alcaloides en los residuos lignocelulósicos de la industria parquetera de la ciudad de Pucallpa

En el análisis de alcaloide, se encontró que los residuos de la especie forestal *A. macrocarpon* presentó mayor presencia de este metabolito, seguido una presencia intermedia en *M. bidentata* y finalmente con menor presencia fueron el *M. balsamun*, *C. spruceanum*, *M. inundatum*, *T. serratifolia* y *D. micrantha*, generándose tres grupos con diferencias estadísticas (Figura 7).

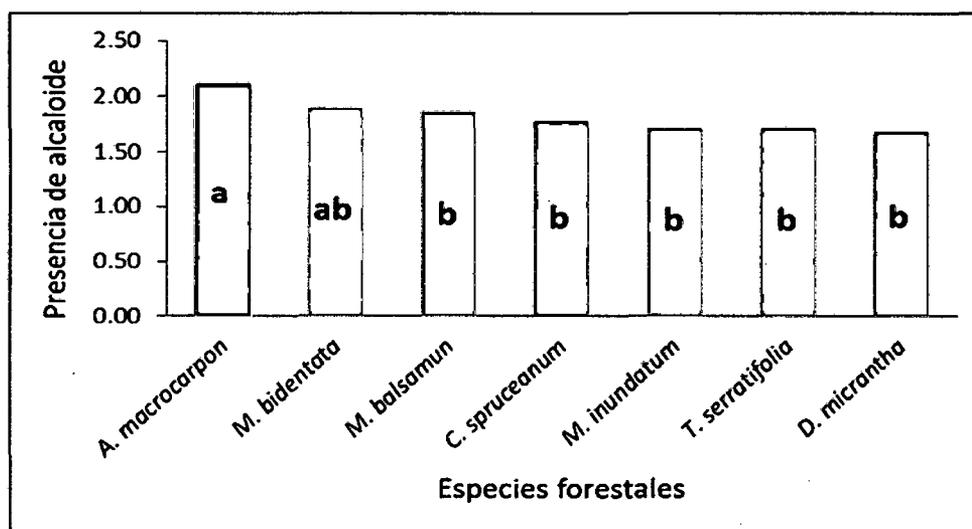


Figura 7. Presencia de alcaloides en residuos de siete especies forestales utilizadas para parquet.

En el análisis de la corteza de las siete especies forestales, se encontró mayor presencia de alcaloides, en comparación con los residuos de madera (Figura 8).

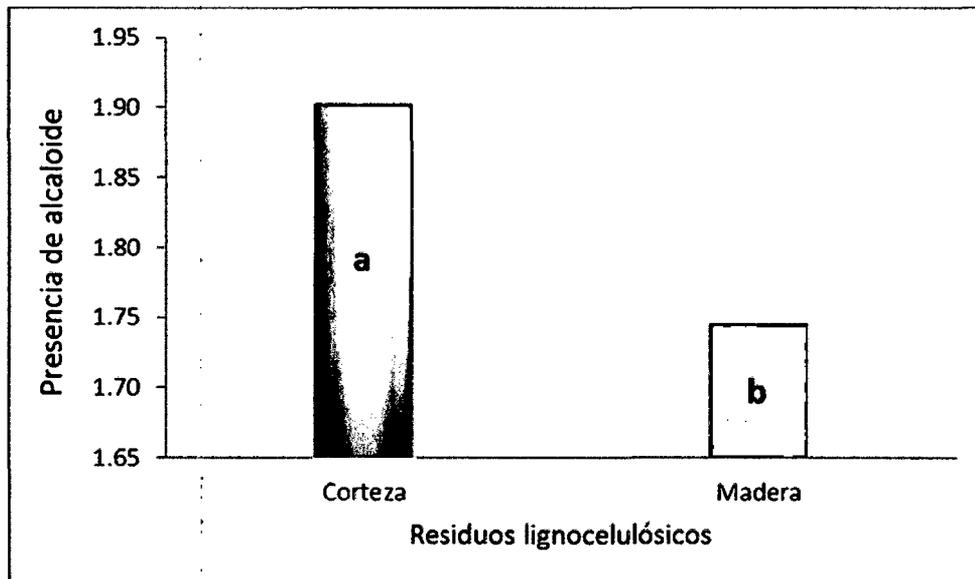


Figura 8. Presencia de alcaloide en residuos de corteza y madera provenientes de parquetas.

4.2. Presencia de flavonoides en los residuos lignocelulósicos de la industria parquetera de la ciudad de Pucallpa

En el análisis de flavonoide, se encontró que los residuos de la especie forestal *D. micrantha* presentó mayor presencia de este metabolito secundario, seguido de la presencia intermedia en *M. balsamun* y *M. bidentata*, finalmente en menor presencia se encontró en el *M. inundatum*, *A. macrocarpon*, *C. spruceanum* y *T. serratifolia*, siendo estadísticamente significativo (Figura 9).

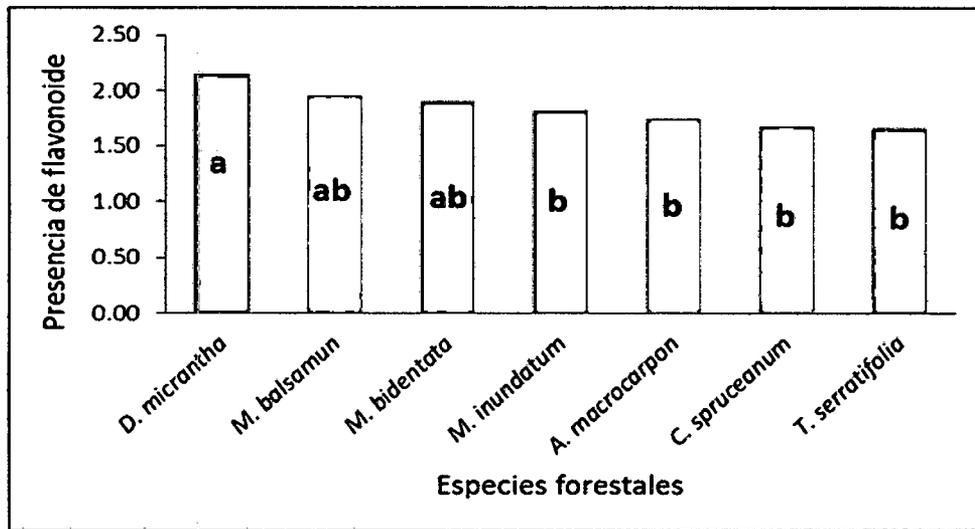


Figura 9. Presencia de flavonoides en residuos de siete especies forestales utilizadas para parquet.

En el análisis de corteza de las especies forestales, se encontró mayor presencia de flavonoide, en comparación con los residuos de madera (Figura 10).

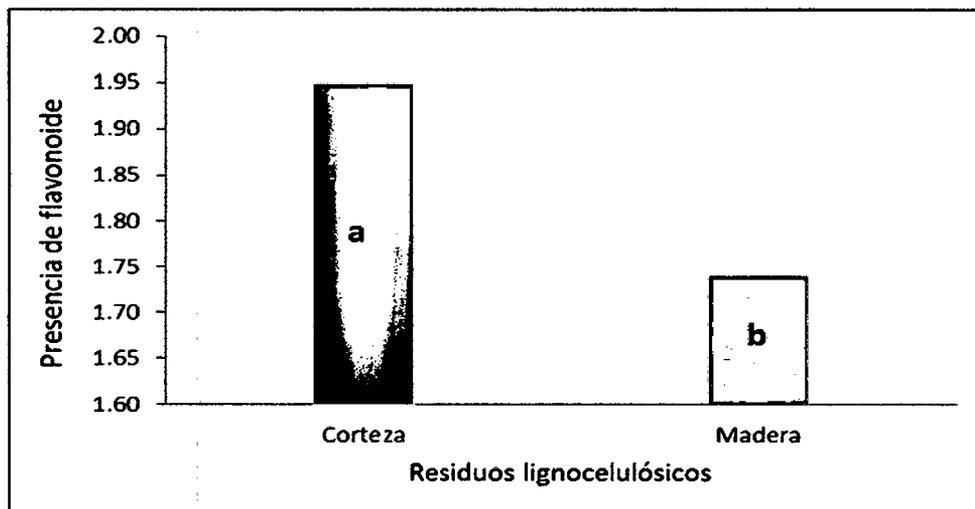


Figura 10. Presencia de flavonoide en residuos de corteza y madera provenientes de parquetas.

4.3. Presencia de triterpenos en los residuos lignocelulósicos de la industria parquetera de la ciudad de Pucallpa

En el análisis de triterpenos, se encontró que los residuos de la especie forestal *T. serratifolia* y *M. balsamun* presentaron mayor presencia de este metabolito secundario, seguido en la *C. spruceanum*, luego el *D micrantha*, *A macrocarpon* y *M. bidentata*, finalmente en menor presencia se encontró en el *M. inundatum*, siendo estadísticamente significativo (Figura 11).

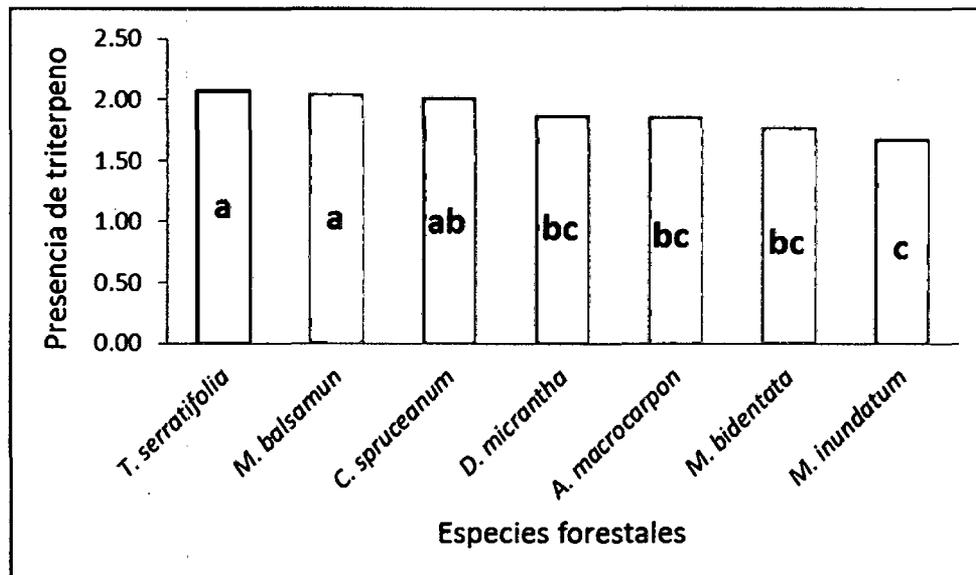


Figura 11. Presencia de triterpeno en residuos de siete especies forestales utilizadas para parquet.

Respecto al análisis de la corteza de las siete especies forestales, se encontró similar presencia de triterpeno, en comparación con los residuos de madera (Figura 12).

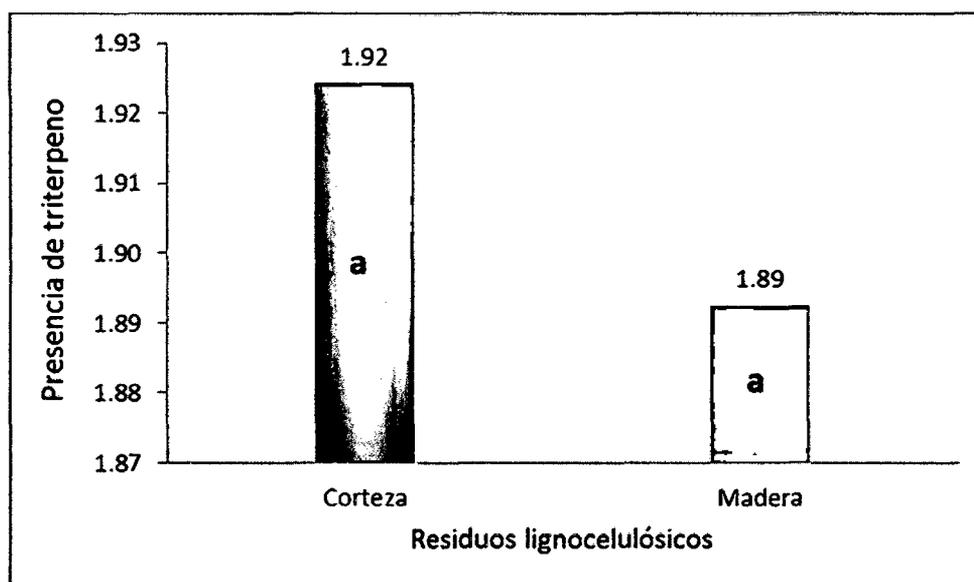


Figura 12. Presencia de triterpeno en residuos de corteza y madera provenientes de parquetas.

4.4. Presencia de quinonas en los residuos lignocelulósicos de la industria parquetera de la ciudad de Pucallpa

En el análisis de la presencia de quinonas, se determinó que los residuos de la especie forestal *M. inundatum* presentó mayor presencia de este metabolito secundario, seguido en presencia la *C. spruceanum*, luego el *D micrantha*, *A. macrocarpon* y *M. bidentata*, finalmente en menor presencia se encontró en el *M inundatum*, siendo estadísticamente significativo (Figura 11).

Respecto al análisis de corteza y madera de las especies, se encontró mayor presencia de quinonas en la corteza de madera, siendo estadísticamente significativa entre estos dos residuos lignocelulósicos (Figura 14).

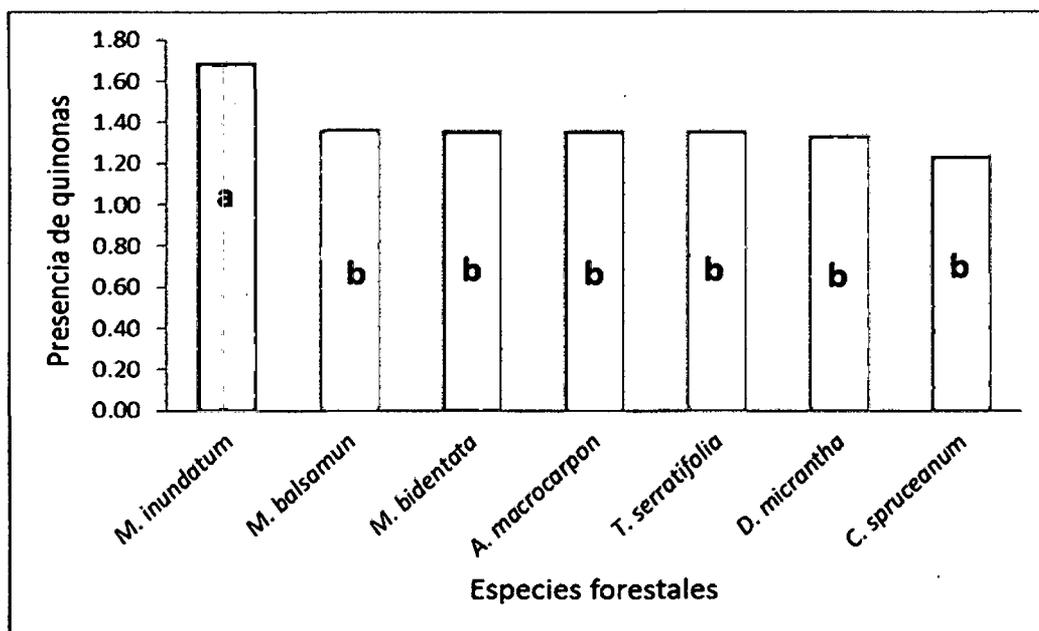


Figura 13. Presencia de quinonas en residuos de siete especies forestales utilizadas para parquet.

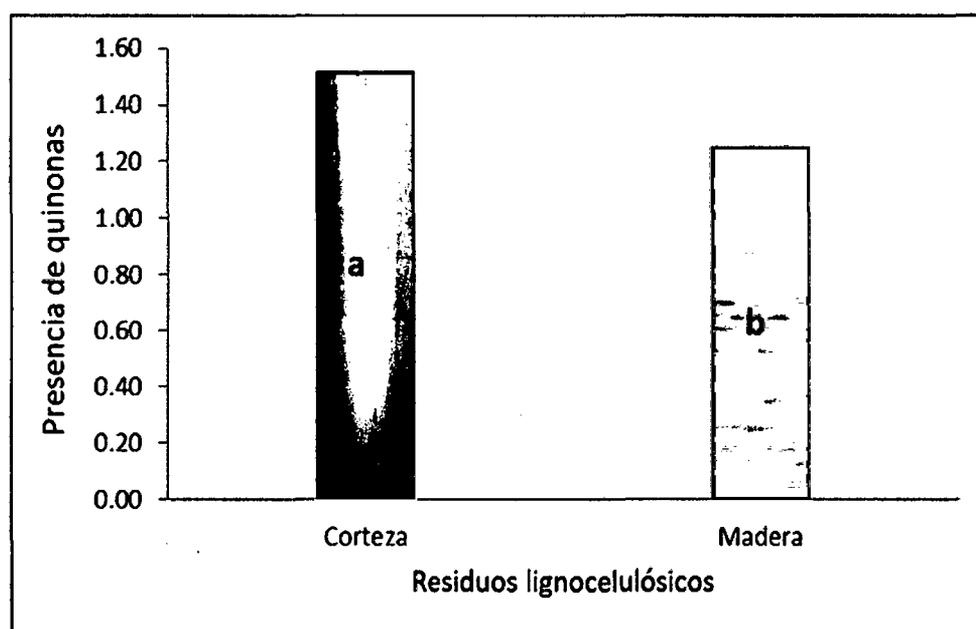


Figura 14. Presencia de quinonas en residuos de corteza y madera provenientes de parqueteras.

4.5. Presencia de saponinas en los residuos lignocelulósicos de la industria parquetera de la ciudad de Pucallpa

En el análisis de la presencia de saponinas, se determinó que los residuos de la especie forestal *T. serratifolia* presentó mayor presencia de este metabolito secundario, seguido de las especies *A. macrocarpon*, *D. micrantha*, *M. inundatum*, *M. balsamun*, *C. spruceanum* y *M. bidentata* con menor presencia y siendo estadísticamente significativo entre estos grupos de especies (Figura 15).

Respecto a la comparación entre el análisis de la corteza y madera de las siete especies forestales, se encontró mayor presencia de saponina en la corteza de madera, siendo estadísticamente significativa entre estos dos residuos lignocelulósicos (Figura 16).

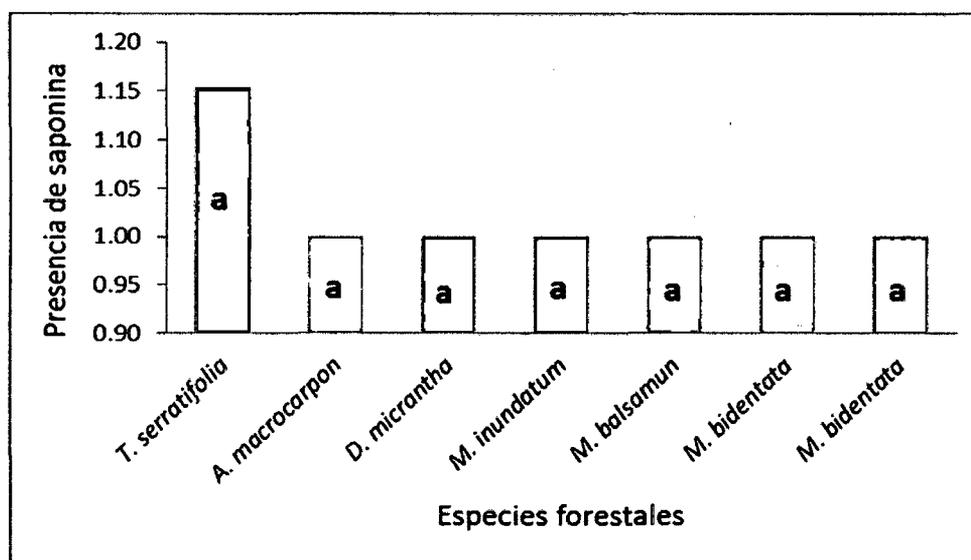


Figura 15. Presencia de saponina en residuos de siete especies forestales utilizadas para parquet

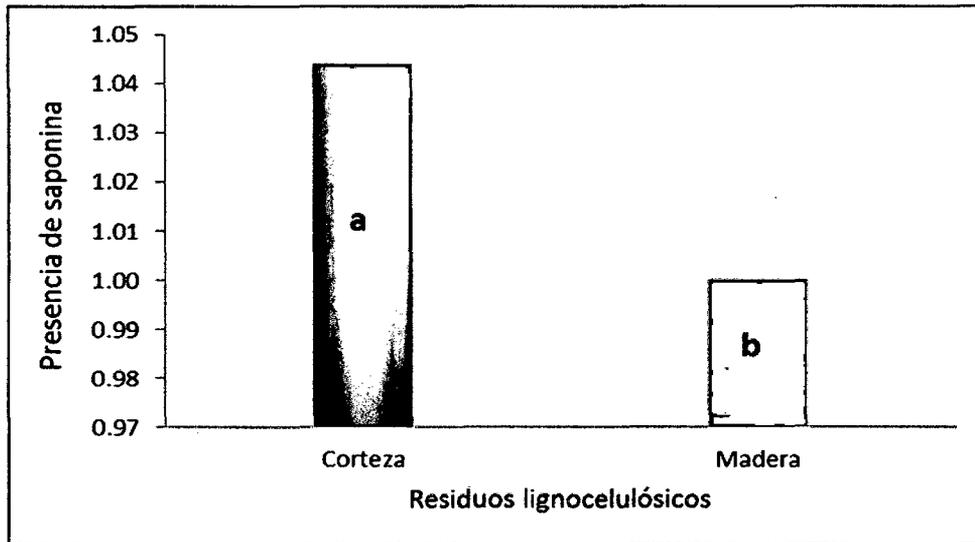


Figura 16. Presencia de saponina en residuos de corteza y madera provenientes de parquetas.

4.6. Presencia de leucoantocianinas en los residuos lignocelulósicos de la industria parquetera de la ciudad de Pucallpa

En el análisis de la presencia de leucoantocianina, se determinó cinco grupos de significancia estadística, distribuidos en orden descendente la *M. bidentata*, el segundo grupo el *D. micrantha*, luego un tercer grupo la *C. spruceanum*, *A. macrocarpon* y *M. inundatum*, en cuarto grupo el *M. balsamun* y finalmente el *T. serratifolia* (Figura 17).

Respecto a la comparación entre el análisis de la corteza y madera de las siete especies forestales, se encontró mayor presencia de leucoantocianina en la corteza de madera, siendo estadísticamente significativa entre estos dos residuos lignocelulósicos (Figura 18).

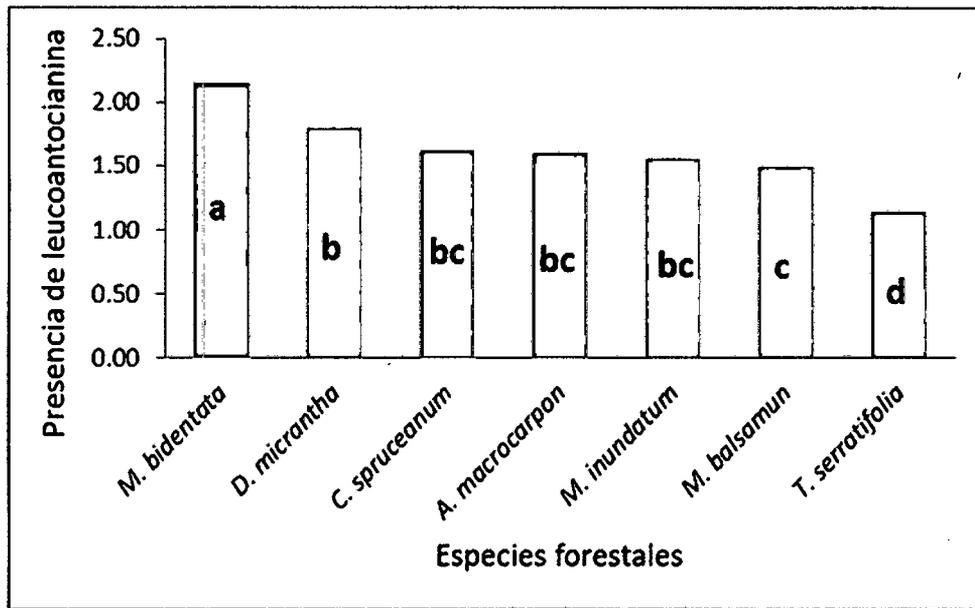


Figura 17. Presencia de leucoantocianina en residuos de siete especies forestales utilizadas para parquet.

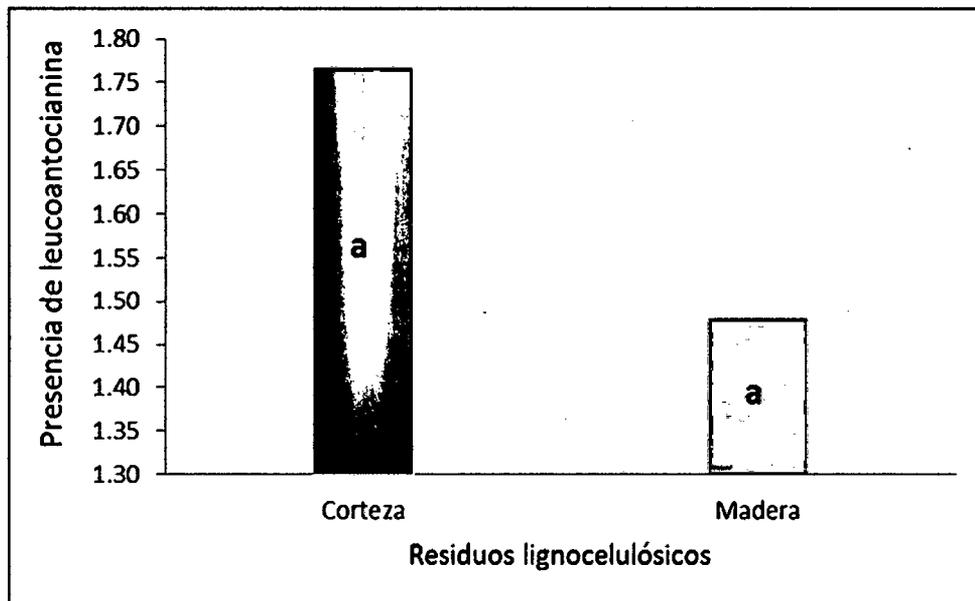


Figura 18. Presencia de leucoantocianina en residuos de corteza y madera provenientes de parquetas.

4.7. Presencia de taninos en los residuos lignocelulósicos de la industria parquetera de la ciudad de Pucallpa

En el análisis de la presencia de taninos, se determinó que los residuos de la especie forestal *M. inundatum* y *A. macrocarpon* presentaron mayor presencia de este metabolito secundario, seguido de la especie *C. spruceanum*, como tercer grupo la *M. bidentata* y *M. balsamun* con menor presencia, luego el *D. micrantha* y finalmente el *T. serratifolia*, siendo estadísticamente significativo entre estos cinco grupos de especies (Figura 19).

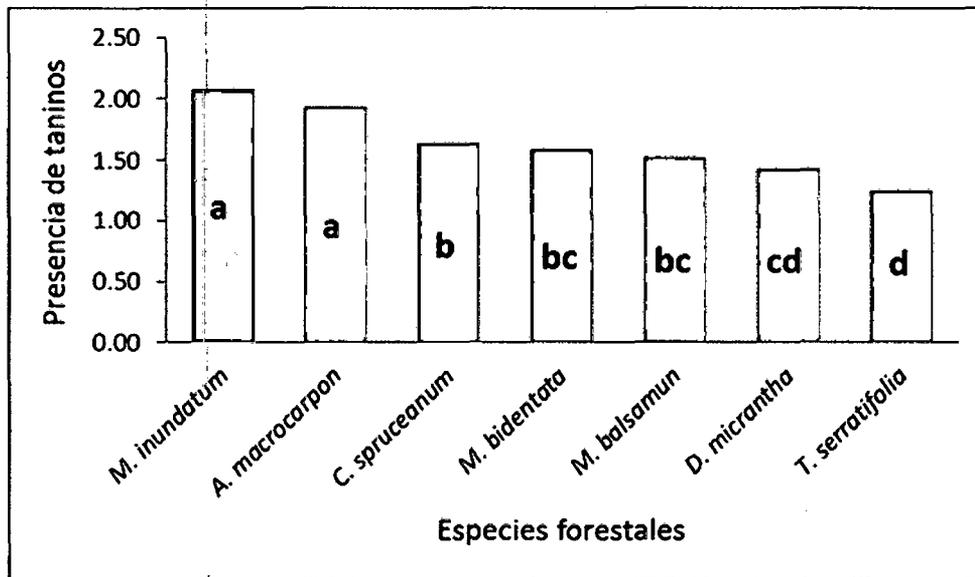


Figura 19. Presencia de taninos en residuos de siete especies forestales utilizadas para parquet.

Respecto a la comparación entre el análisis de la corteza y madera de siete especies forestales, se encontró mayor presencia de taninos en la corteza de

madera, siendo estadísticamente significativa entre estos dos residuos lignocelulósicos (Figura 20).

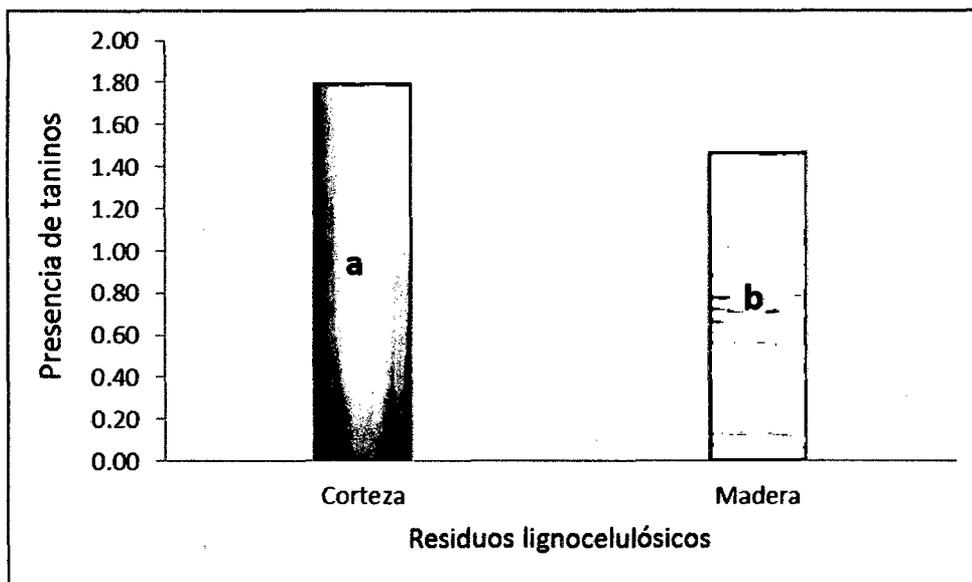


Figura 20. Presencia de taninos en residuos de corteza y madera provenientes de parquetas.

V. DISCUSIÓN

5.1. Alcaloides en residuos lignocelulósicos de la industria parquetera en la ciudad de Pucallpa

Los alcaloides se han aislado principalmente en plantas superiores y se han encontrado en mas de 100 familias de Fanerógamas (aquellas plantas que se reproducen por semillas producidas en sus inflorescencias), en menor proporción en Criptógamas (plantas que tienen sus órganos reproductores ocultos) del tipo lycopodios, microorganismos (ergot) y animales: peces y sapos (bufotenina). Su actividad biológica a nivel del sistema nervioso, dio pie a las primeras investigaciones, siendo los alcaloides las primeras sustancias naturales estudiadas (ARANGO, 2002).

En cuanto a su estado natural, los alcaloides son esencialmente sustancias presentes en las angiospermas (plantas que tienen sus semillas recubiertas por un epicarpio), sobre todo en ciertas familias como Lauraceae, Magnoliaceae, Renunculaceae, Annonaceae, Menispermaceae, Papaveraceae, Fumariaceae, Rutaceae, Apocynaceae, Loganiaceae, Rubiaceae, y Solanaceae (ARANGO, 2002).

En general, los valores de lignina y componentes secundarios en corteza resultan más elevados que en la madera para las mismas especies. Los elevados porcentajes de lignina que resultan se atribuyen a la interferencia de la suberina, substancia polimérica que se encuentra unida a la lignina en cortezas.

Los valores de solubilidad en etanol-tolueno y agua caliente indican que las cortezas son ricas en componentes secundarios, por lo cual podrían resultar altamente aprovechables para su uso en la obtención de ciertas sustancias químicas de interés comercial (RODRÍGUEZ y TORRES, 1994). Al utilizar el bosque e industrializar en diferentes productos genera altos volúmenes de desechos fibrosos de distinta naturaleza, particularmente corteza proveniente de la obtención de pasta para papel a partir de madera (VIDAURRE, 1986).

La composición química de la corteza es compleja, variando entre las diferentes especies y con la edad del árbol, así como con las condiciones de crecimiento y otros factores. Además depende de los elementos morfológicos involucrados. Muchos de los componentes de la madera también se encuentran en la corteza pero en diferentes proporciones. La corteza se caracteriza por un alto contenido de extraíbles (RYDHOLM, 1965). Un estudio comparativo de la composición de diversas cortezas se ve dificultada aún más por la gran variedad de métodos de análisis involucrados (BROWNING, 1967).

Los avances en el conocimiento de los componentes químicos de la corteza y en particular de los taninos ha dado paso a diversos estudios de su

utilización, interés basado fundamentalmente en que se trata de una materia prima de muy bajo costo. También se han realizado diversos estudios orientados a utilizar tanto la corteza como los componentes de la misma como absorbentes de metales pesados y en la obtención de proteínas a partir de cultivos microbianos (single cell proteins). La utilización de estos polímeros funcionales como soporte de bióxidos químicos plantea grandes posibilidades (BAEZA, 1989).

Cualquiera que sea el uso de la corteza, se requiere del conocimiento de sus propiedades básicas. El tipo y cantidad de extraíbles presentes en la corteza pueden determinar la aptitud de una especie en particular para obtener un determinado producto. De igual manera, la densidad y características físicas de la corteza pueden definir su adaptabilidad al procesamiento mecánico (MURPHEY *et al.*, 1970).

En un estudio de la composición química de la corteza de *Pinus radiata* que crece en Chile, realizado por BAEZA (1989), se encontró que sus principales componentes son polifenoles, ácidos fenólicos, lignina y celulosa. Los polifenoles incluyen taninos y flobafenos, siendo los primeros solubles en agua y de menor peso molecular que los flobafenos que son insolubles en agua pero solubles en etanol. La extracción utilizando NaOH rindió alrededor del 50% de la corteza. El autor señala además que es necesario tener presente que las diferencias estructurales determinan diferencias en reactividad, por lo cual es necesario intensificar la investigación en este aspecto.

Los resultados muestran un amplio rango de variación en la composición química de la corteza de las diferentes especies. Estas variaciones son atribuibles a la naturaleza de los diversos constituyentes químicos, especialmente los extraíbles, que son un grupo complejo de sustancias, las cuales pueden ser analizadas más específicamente según su estructura química usando diversos solventes (RODRÍGUEZ y TORRES, 1994).

Los alcaloides constituyen el grupo más grande de metabolitos secundarios de plantas, se encuentran en las semillas, raíces, cortezas y hojas; al estado libre o como glucósidos, o formando sales con ácidos orgánicos. Al año 1970 se reportaban alrededor de 500 alcaloides aislados de aproximadamente 40 familias de plantas principalmente de Apocinaceae (800), Papaveraceae (400), Ranunculaceae (300), Solanaceae (150), Rutaceae (250), Rubiaceae (150) al año 1990 se reporta alrededor de 700 (LOCK, 1994).

5.2. Flavonoides en residuos lignocelulósicos de la industria parquetera en la ciudad de Pucallpa

Los flavonoides se emplean desde mucho tiempo como colorantes de lana, y actualmente se usan en conservación de grasas o jugos de frutas debido a las propiedades antioxidantes de algunas polihidroxi flavonas (LOCK, 1994).

Dentro de la amplia gama de efectos que se les atribuye, destacan su acción venotónica, y su efecto antioxidante y su capacidad para inhibir diversos procesos enzimáticos relacionados con el sistema vascular (LOPEZ, 2009).

Estos metabolitos son responsables de muchas coloraciones de las plantas con lo cual facilitan la polinización; además actúan como reguladores de crecimiento vegetal y como sustancias protectoras frente al ataque de microorganismos. Estos compuestos se han sido muy estudiados y se ha podido demostrar que tienen actividad edulcorante, estrogénica, anticancerígena y que disminuyen la fragilidad capilar (YARA, 2006).

MARTÍNEZ (2002) refiere que desempeñan un papel importante en la biología vegetal; así, responden a la luz y controlan los niveles de las auxinas reguladoras del crecimiento y diferenciación de las plantas.

La mayor presencia de flavonoides se encontró en la corteza de las especies vegetales en estudio, lo cual PAZ (2008) indica que existe una considerable variación en la distribución de los extraíbles en un árbol; ellos se encuentran distribuidos en follaje, madera, corteza y raíces. La corteza y las raíces son las partes donde se encuentran en mayor concentración los extraíbles.

La variación de la concentración de flavonoides es muy variable entre las partes de las plantas, como lo afirma MARTÍNEZ (2005) al indicar que los extractos de corteza de pino y de semillas de uvas son fuentes de

proantocianidinas. La proporción de estos flavonoides, como otros nutrientes, varía de una especie vegetal a otra. Ambas fuentes pueden utilizarse de manera alterna, pero el extracto de semillas de uvas contiene un mayor porcentaje de proantocianidinas (92% – 95%), mientras que los extractos de corteza de pino contienen 80% a 85% de tales compuestos. Además las semillas de uvas contienen flavonoides que se encuentran también presentes en el té verde, el cual también es benéfico para la salud.

Al ser parte fundamental de la biología vegetal, los flavonoides responden a la luz controlando los niveles de auxinas (hormonas vegetales) reguladoras del crecimiento del árbol; intervienen en la diferenciación de las plantas y potencian la polinización al conferir coloración (ESCAMILLA, 2002).

MARTÍNEZ (2002) indica que entre otras funciones es que incluyen un papel antifúngica y bactericida, confieren coloración lo que puede atribuir a los fenómenos de polinización y tienen importante capacidad para fijar metales como el hierro y el cobre.

5.3. Triterpenos en residuos lignocelulósicos de la industria parquetera en la ciudad de Pucallpa

YARA (2006) manifiesta que la principal fuente de los compuestos terpenoides son los aceite esenciales, que en su mayoría son mezclas de monoterpenos y de sesquiterpenos; estos pueden ser hidrocarbonatos y

oxigenados. Los terpenoides son liposolubles y se encuentran localizados en el citoplasma de las células vegetales. Los aceites esenciales son fundamentales para las plantas en el proceso de polinización y a nivel industrial son muy apetecidos, principalmente en la cosmetología y perfumería.

Resultados significativos entre la comparación de la corteza con la madera determinaron RODRÍGUEZ y TORRES (1994), al encontrar cuantitativamente el contenido de lignina y los solubles en: etanol-tolueno, hidróxido de sodio 1% y agua caliente en corteza de diversas especies nativas chilenas. Los valores de lignina y componentes secundarios en corteza resultan más elevados que en la madera para las mismas especies.

Los mismos autores añaden que los valores de solubilidad en etanol-tolueno y agua caliente indican que las cortezas son ricas en componentes secundarios, por lo cual podrían resultar altamente aprovechables para su uso en la obtención de ciertas sustancias químicas de interés comercial.

5.4. Quinonas en residuos lignocelulósicos de la industria parquetera en la ciudad de Pucallpa

Las quinonas naturales son un grupo de compuestos cuya coloración puede ser desde el amarillo pálido hasta casi negro. Se encuentran frecuentemente en la corteza, en el corazón de la madera o de la raíz, y en algunos casos en las hojas, donde su color está enmascarado por otros

pigmentos. En general, están ampliamente distribuidas pero constituyen en muy pequeña extensión a la coloración de las plantas superiores, a diferencia por ejemplo de los carotenoides y antocianinas; en cambio hacen mayor contribución en las bacterias, hongos y líquenes (LOCK, 1994).

Referente a la diferencias estadísticas entre la corteza y la madera, RODRÍGUEZ y TORRES (1994) afirman que los valores de componentes secundarios en corteza de las especies nativas chilenas resultan más elevados que en la madera para las mismas especies; afirmando que las cortezas son ricas en componentes secundarios, por lo cual podrían resultar altamente aprovechables para su uso en la obtención de ciertas sustancias químicas de interés comercial y no desperdiciar esta parte del árbol con alto valor.

5.5. Saponinas en residuos lignocelulósicos de la industria parquetera en la ciudad de Pucallpa

Se ha encontrado diferencias estadísticas significativas al comparar los residuos lignocelulósicos de corteza y la madera, de manera similar, en Chile, RODRÍGUEZ y TORRES (1994) determinaron que la lignina y componentes secundarios en la corteza presentan valores más elevados que en la madera para las mismas especies, estos elevados porcentajes indican que las cortezas son ricas en componentes secundarios.

5.6. Leucoantocianinas en residuos lignocelulósicos de la industria parquetera en la ciudad de Pucallpa

Se ha notado mayor presencia de leucoantocianina en la *M. bidentata* y el *D. micrantha* y SANTIZO (2004) afirma que debido a su toxicidad se piensa que las leucoantocianinas juegan un papel importante en los mecanismos de las plantas. Las leucoantocianinas producen antiestéticas manchas negras en la madera, pintura y barnices que ocasionan el deterioro estético y la pérdida de valor decorativo (DIEGUEZ, 2010).

Al igual que los metabolitos secundarios, no existen evidencias de que las leucoantocianinas tengan una función establecida en los procesos fisiológicos de las plantas. Sin embargo, su papel en los mecanismos de protección de la planta contra insectos, hongos de pudrición o como agente alelopático es bien conocido. Las leucoantocianinas reaccionan rápidamente con otras biomoléculas formando productos complejos como las proteínas (estructurales y catalíticas), almidón, sustancias pécticas y celulosas. Así se tiene que el ataque enzimático derivado del metabolismo de hongos y bacterias hospedados en la madera puede ser inactivado o disminuido sustancialmente ante la presencia de leucoantocianinas (GONZALES, 1996).

Estos resultados son corroborados por DIEGUEZ (2010) al indicar que las leucoantocianinas generalmente son más abundantes en la parte externa o corteza, presentando por sus fenoles polivalentes tóxicos a hongos y bacterias,

una función desinfectante protectora de la planta contra pudriciones y otros daños de agentes biológicos. Además la cantidad de leucoantocianinas que contiene una madera, varía mucho de una especie a otra, y dentro de la misma especies de una a otra parte de la planta como son hojas, corteza, madera o raíces, así como de las zonas más o menos añejas de la madera y también de las circunstancias de vida del árbol (DIEGUEZ, 2010).

5.7. Taninos en residuos lignocelulósicos de la industria parquetera en la ciudad de Pucallpa

Los taninos encontrados presentaban diferentes concentraciones entre especies, siendo los más representativos el *M. inundatum* y el *A. macrocarpon*. PAZ (2008) manifiesta que para el caso de los taninos condensables, se encuentran en la corteza de mimosa (*Acacia mollisima* Willd), en la madera de quebracho (*Schinopsis lorenzii*, Engl.), en la corteza de mangle (*Rhizophora mangle*), en las hojas de lentisco (*Pistacia lentiscus*), en la madera del castaño (*Castanca sativa*), entre otros.

El mismo autor añade que el tanino en las plantas cumplen funciones de defensa ante el herbivorismo, estos son toxinas que reducen significativamente el crecimiento y la supervivencia de muchos herbívoros cuando se adicionan a su dieta. Además, tienen potencial de producir rechazo al alimento en una gran diversidad de animales, las cuales es necesario para el crecimiento de las

plántulas de estos árboles ya que en los bosques amazónicos existe mucha diversidad faunística que atenta con su crecimiento.

Estos resultados (Figura 20) son similares a lo mencionado por PAZ (2008), al indicar que los taninos en la madera se encuentran en bajas concentraciones debido a que los taninos se encuentran en su mayoría en la corteza del árbol. Los taninos de las plantas también funcionan como defensas contra los microorganismos. Por ejemplo, el corazón de madera muerta de muchos árboles contiene altas concentraciones de taninos que ayudan a prevenir el desmoronamiento por ataques de hongos y bacterias patógenos. Además DIEGUEZ (2010) añade que como producto final de síntesis vegetal, el tanino no tiene ninguna participación en el movimiento vital, presentando sin embargo por sus fenoles polivalentes tóxicos a hongos y bacterias, una función desinfectante protectora de la planta contra pudriciones y otros daños de agentes biológicos.

VI. CONCLUSIONES

1. Se encontró presencia de alcaloide ($p < 0.05$) en los residuos de la especie *A. macrocarpon*, seguido de la *M. bidentata* y en menor presencia el *M. balsamun*, *C. spruceanum*, *M. inundatum*, *T. serratifolia* y *D. micrantha*, la corteza tiene mayor presencia de alcaloides que la madera.
2. En el análisis de flavonoide, se ha encontrado presencia en la especie forestal *D. micrantha*, seguido del *M. balsamun* y *M. bidentata*, con menor presencia en *M. inundatum*, *A. macrocarpon*, *C. spruceanum* y *T. serratifolia*, habiendo significancia estadística. En el análisis de la corteza, se encontró mayor presencia de flavonoide en la corteza al comparar con los residuos de madera.
3. Se encontró que los residuos de la especie forestal *T. serratifolia* y *M. balsamun* presentaron mayor presencia de triterpenos, seguido de la *C. spruceanum*, *D. micrantha*, *A. macrocarpon* y *M. bidentata*, con menor presencia en *M. inundatum*, siendo estadísticamente significativo. En la corteza se encontró similar presencia de triterpeno, en comparación con los residuos de madera.

4. Los residuos de la especie forestal *M. inundatum* presentó mayor presencia de quinonas, seguido de la *C. spruceanum*, el *D. micrantha*, *A. macrocarpon* y *M. bidentata*, en menor presencia en el *M. inundatum*, siendo estadísticamente significativo. Además, se encontró mayor presencia de quinonas en la corteza de madera, en comparación a la madera.
5. Se encontró presencia de saponinas en la especie forestal *T. serratifolia*, específicamente se encontró en la corteza de la madera, mientras que en las otras especies no hubo presencia.
6. La leucoantocianina encontrada fue superior en *M. bidentata*, las demás especies como *D. micrantha*, *C. spruceanum*, *A. macrocarpon* y *M. inundatum*, *M. balsamun* y *T. serratifolia* presentaron menor concentración, encontrando significancia estadística. Además este metabolito se encuentra en la corteza con mayor concentración en comparación a la madera.
7. Se encontró mayor concentración de taninos en la especie forestal *M. inundatum* y *A. macrocarpon*, seguido de las especies *C. spruceanum*, *M. bidentata*, *M. balsamun*, *D. micrantha*, *T. serratifolia*; además se encontró mayor concentración de tanino en la corteza que en las madera. Hubo diferencia estadística entre la concentración de taninos.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar estudios cuantitativos sobre el tipo de alcaloides en la especie *A. macrocarpon* ya que pueden ser fuente importante de este metabolito secundario para usos terapéuticos.
- Utilizar la especie *D. micrantha* para preparar extractos etanolicos, como fuente de antioxidantes para el uso medicinal.
- Realizar investigaciones referentes a las especies de la zona, con la finalidad de brindarle mayor atención en los posibles metabolitos secundarios que presentan las especies forestales.

VIII. ABSTRACT

In order to determine qualitatively the main secondary metabolites of lignocellulosic residues, existing in the parking industry in Pucallpa city, department of Ucayali; the waste wood species used, were aguano masha (*Machaerium inundatum*) capirona (*Calycophyllum spruceanum*) estoraque (*Miroxylom balsamun*) pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon*), shihuahuaco (*Dipterix micrantha*), quinilla colorada (*Manilkara bidentata*) and tahuari (*Tebebuia serratifolia*) Which were collected in different areas of waste recovery in four lumber companies. And were analyzed in the Phytochemistry laboratory at the Universidad Nacional Agraria de la Selva, located in the department of Huánuco, province of Leoncio Prado, district of Rupa Rupa, town of Tingo María, where we applied the methodology supported by MARTINEZ (2003) where found the presence of alkaloid, flavonoid, triterpenes, quinones, leucoantacianina, and tannins; In residues of different wood species. And in the cortex we found a great number of metabolites present in comparison to the timber. Regarding to saponins we found only in the part of the cortex tahuari species.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARANGO, G.J. 2002. Alcaloides y compuestos nitrogenados. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 88 p.
- BAEZA, J.H. 1989. Química y utilización de la corteza y sus extractivos. Apunte entregado en: Seminario Sobre Uso de Adhesivos a Base de Taninos. Concepción, Chile.
- BROWNING, B.L. 1967. Methods of Wood Chemistry. Interscience Publishers, New York. 384 p.
- DIEGUEZ, A. 2010. Protección de la madera. [En línea]: Protecciondelamadera.com, (<http://www.protecciondelamadera.com/portal%20proteccion/articulos/articulos9.htm>, documentos, 16 Jun. 2010).
- ESCAMILLA, C.M. 2002. Proyecto evaluación de la actividad antioxidante de extractos de corteza de pino CIIDIR Durango. Financiado por la coordinación general de posgrado e investigación del Instituto Politécnico.
- GONZALES, J. 1996. Análisis fitoquímico y metabolitos secundarios. [En línea]: Maca-peruana, (<http://www.maca-peruana.com/analisis.htm>, documentos, 02 Oct. 2009).

- LOCK, O. 1994. Análisis fitoquímico y metabolitos secundarios. Manual de fitoterapia. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú. 24 p.
- LÓPEZ, M. 2009. Fitoquímica y valor ecológico del olor a ajo en los vegetales. Medicina Naturista. Vol. 4. Pág. 7-8.
- MARINI, R., BETTOLO, J. 1981. Plant screening by chemical and cromatographic procedures under fiels conditions. In: Journal of-
- MARTÍNEZ, A. 2003. Manual de Prácticas de Laboratorio de Farmacognosia y Fitoquímica 2003. Universidad de Antioquia. Facultad de Química Farmacéutica. Departamento de Farmacia. Medellin. Colombia
- MARTÍNEZ, A. 2002. Flavonoides. Facultad de Química Farmacéutica. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 76 p.
- MURPHEY, W.K., BEALL, F.C., CUTTER, B.E., BALDWIN, R.C. 1970. Selected Chemical an Physical Properties of Several Bark Species. For. Prod. J., 20(2): 58-59.
- NOBUO, S. 1990. Word and cellulosic chemistry. Editorial. Marcel Dekker, Icn.New York, USA.4-230 P.
- OVIEDO, M. 1977. Guía para el análisis de los compuestos del carbono en metabolitos secundarios. [En línea]: UNMSM,

[http://sisbib.unmsm.edu.pe/BibVirtualdata/libros/Quimica/pigmentos/arcivos%20PDF/identificacion quinonas.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/BibVirtualdata/libros/Quimica/pigmentos/arcivos%20PDF/identificacion%20quinonas.pdf), dctos., 26. Mar. 2011).

PAZ, F.J. 2008. Determinación de la composición química de la madera obtenida del primer clareo en árboles de melina (*Gmelina arborea* Roxb.), de una plantación proveniente del departamento de Izabal. Universidad de San Carlos de Guatemala. 101 p.

REYNEL, D. 2003. Árboles útiles de la amazonia peruana. Loreto. Pag.: 10-13.

RODRÍGUEZ, S., TORRES, M. 1994. 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.

RUESTA, M. 2008. Determinación de pH y capacidad buffer de albura y duramen en tres niveles de altura del fuste de la especie *Cecropia sciadophylla* Mart., Tingo María. Tesis Ing.RNR.-Forestales.Tingo Maria, Peru. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 46 p.

RYDHOLM, S. 1965. Pulping Processes. New York, Interscience Publishers. 1269 p.

SANTIZO, C. 2004. Metabolitos secundarios. [En línea]: BOTANICAL-ONLINE, (<http://www.botanica-online.com/col/manapuya19.htm>, publicaciones, 29 .Mar. 2011).

VIDAURRE, S. 1986. Algunos alcances sobre posible aprovechamiento industrial de raíces y tocones en Chile. *Renares* (8): 22-24.

YARA, M. 2006. Fitoquímica de Annonaceae del departamento de córdoba, Colombia. [En línea]: BOTAN ICA-ALB, (http://www.botanica-alb.org/Publicaciones/Otros/11_Fitoquimica.pdf, publicaciones, 29 Mar. 2011).

X. ANEXO

Anexo 1. Datos recopilados durante la investigación

Cuadro 1. Registro de datos cualitativos de las muestras consideradas dentro de la investigación.

	Parte	Alcaloides	Flavonoide	Leucoantocianidina	Saponina	Triterpenos		
						y/o esteroides	Tanino	Quinona
<i>A. macrocarpon</i>	Corteza	4	3	3	0	1	3	3
	Corteza	4	3	2	0	2	2	2
	Corteza	4	3	3	0	1	3	2
	Corteza	4	3	1	0	1	3	1
	Madera	2	2	1	0	4	3	0
	Madera	4	1	1	0	4	2	0
	Madera	3	1	1	0	4	3	0
<i>T. serratifolia</i>	Corteza	3	3	2	1	3	0	1
	Corteza	3	4	0	0	3	0	1
	Corteza	3	0	1	1	2	0	1
	Corteza	2	2	0	1	4	0	1
	Madera	1	1	0	0	4	1	1

	Madera	1	2	0	0	4	1	1
	Madera	2	2	0	0	4	1	1
	Madera	1	1	0	0	3	2	0
<i>D. micrantha</i>	Corteza	2	3	4	0	4	1	1
	Corteza	2	3	3	0	3	2	2
	Corteza	3	3	4	0	4	2	2
	Corteza	2	4	4	0	4	2	1
	Madera	1	4	1	0	2	0	0
	Madera	2	4	1	0	2	0	0
	Madera	2	4	1	0	1	1	1
	Madera	1	4	1	0	1	1	0
<i>M. inundatum</i>	Corteza	1	3	4	0	2	4	2
	Corteza	1	3	3	0	1	4	2
	Corteza	2	3	3	0	2	4	2
	Corteza	1	3	4	0	2	4	2
	Madera	3	3	0	0	1	3	2
	Madera	3	1	0	0	2	3	2
	Madera	3	2	0	0	2	3	2

	Madera	2	1	0	0	3	2	1
<i>M. balsamun</i>	Corteza	3	2	0	0	4	1	0
	Corteza	3	2	0	0	3	1	0
	Corteza	3	2	0	0	3	1	0
	Corteza	3	2	0	0	2	1	0
	Madera	2	4	3	0	4	2	2
	Madera	2	3	2	0	4	1	2
	Madera	2	4	3	0	4	2	2
	Madera	2	4	4	0	2	2	2
<i>C. spruceanum</i>	Corteza	2	3	3	0	4	4	1
	Corteza	3	2	2	0	2	4	2
	Corteza	3	2	3	0	2	4	0
	Corteza	4	3	3	0	3	3	2
	Madera	2	1	0	0	4	0	0
	Madera	1	2	1	0	4	0	0
	Madera	2	1	1	0	3	1	0
	Madera	1	1	1	0	3	0	0
<i>bidens</i>	Corteza	3	4	4	0	4	4	3

Corteza	2	4	3	0	4	3	2
Corteza	3	4	3	0	4	4	2
Corteza	2	4	3	0	4	4	1
Madera	3	1	4	0	1	0	0
Madera	2	1	4	0	1	0	0
Madera	3	2	4	0	0	0	0
Madera	3	2	4	0	1	0	0

Anexo 2. Análisis de varianza y prueba de Tukey (α : 0.05)

Cuadro 2. Análisis de varianza del alcaloide encontrada en la corteza y madera de siete especies forestales utilizados en la industria parquetera.

FV	GL	SC	CM	F- valor	Significancia
Combinaciones	13	2.64	0.20	9.36	<0.0001
Especies (A)	6	1.12	0.19	8.59	<0.0001
Residuos (B)	1	0.35	0.35	15.95	0.0003
Interacción (A*B)	6	1.18	0.20	9.04	<0.0001
Error	42	0.91	0.02		
Total	55	3.55			

CV: 8.07%.

Cuadro 3. Prueba de Tukey (α : 0.05) del alcaloide encontrado en siete especies forestales utilizados en la industria parquetera.

Agrupamiento	Promedio	N	Especies
A	2.12	8	<i>A. macrocarpon</i>
AB	1.90	8	<i>M. bidentata</i>
B	1.87	8	<i>M. balsamun</i>

B	1.78	8	<i>C. spruceanum</i>
B	1.71	8	<i>M. inundatum</i>
B	1.71	8	<i>T. serratifolia</i>
B	1.68	8	<i>D. micrantha</i>

Cuadro 4. Prueba de Tukey (α : 0.05) del alcaloide encontrado en la madera y corteza de siete especies forestales utilizados en la industria parquetera.

Agrupamiento	Promedio	N	Especies
A	1.90	28	Corteza
B	1.75	28	Madera

Cuadro 5. Análisis de varianza del flavonoide encontrada en la corteza y madera de siete especies forestales utilizados en la industria parquetera.

FV	GL	SC	CM	F- valor	Significancia
Combinaciones	13	3.96	0.30	7.86	<0.0001
Especies (A)	6	1.46	0.24	6.30	<0.0001
Residuos (B)	1	0.61	0.61	15.73	0.0003
Interacción (A*B)	6	1.88	0.31	8.10	<0.0001
Error	42	1.63	0.04		
Total	55	5.58			

CV: 10.67%.

Cuadro 6. Prueba de Tukey (α : 0.05) del flavonoide encontrado en siete especies forestales utilizados en la industria parquetera.

Agrupamiento	Promedio	N	Especies
A	2.15	8	<i>D. micrantha</i>
AB	1.96	8	<i>M. balsamun</i>
AB	1.91	8	<i>M. bidentata</i>
B	1.82	8	<i>M. inundatum</i>
B	1.75	8	<i>A. macrocarpon</i>
B	1.68	8	<i>C. spruceanum</i>
B	1.66	8	<i>T. serratifolia</i>

Cuadro 7. Prueba de Tukey (α : 0.05) del flavonoide encontrado en la corteza y madera de siete especies forestales utilizados en la industria parquetera.

Agrupamiento	Promedio	N	Especies
A	1.95	28	Corteza
B	1.74	28	Madera

Cuadro 8. Análisis de varianza de la leucocianina encontrada en la corteza y madera de siete especies forestales utilizados en la industria parquetera.

FV	GL	SC	CM	F- valor	Significancia
Combinaciones	13	11.43	0.88	34.59	<0.0001
Especies (A)	6	4.47	0.75	29.33	<0.0001
Residuos (B)	1	1.15	1.15	45.09	<0.0001
Interacción (A*B)	6	5.81	0.97	38.10	<0.0001
Error	42	1.07	0.03		
Total	55	12.49			

CV: 9.82%.

Cuadro 9. Prueba de Tukey (α : 0.05) de la leucocianina encontrada en siete especies forestales utilizados en la industria parquetera.

Agrupamiento	Promedio	N	Especies
A	2.15	8	<i>M. bidentata</i>
B	1.80	8	<i>D. micrantha</i>
BC	1.62	8	<i>C. spruceanum</i>
BC	1.60	8	<i>A. macrocarpon</i>
BC	1.56	8	<i>M. inundatum</i>
C	1.50	8	<i>M. balsamun</i>
D	1.14	8	<i>T. serratifolia</i>

Cuadro 10. Prueba de Tukey (α : 0.05) de la leucocianina encontrada en la corteza y madera de siete especies forestales utilizados en la industria parquetera.

Agrupamiento	Promedio	N	Especies
A	1.77	28	Corteza
B	1.48	28	Madera

Cuadro 11. Análisis de varianza de la saponina encontrada en la corteza y madera de siete especies forestales utilizados en la industria parquetera.

FV	GL	SC	CM	F- valor	Significancia
Combinaciones	13	0.35	0.03	9.00	<0.0001
Especies (A)	6	0.16	0.03	9.00	<0.0001
Residuos (B)	1	0.03	0.03	9.00	0.0045
Interacción (A*B)	6	0.16	0.03	9.00	<0.0001
Error	42	0.13	0.00		
Total	55	0.48			

CV: 5.36%.

Cuadro 12. Prueba de Tukey (α : 0.05) de la saponina encontrada en siete especies forestales utilizados en la industria parquetera.

Agrupamiento	Promedio	N	Especies
A	1.15	8	<i>T. serratifolia</i>
B	1.00	8	<i>A. macrocarpon</i>
B	1.00	8	<i>D. micrantha</i>
B	1.00	8	<i>M. inundatum</i>
B	1.00	8	<i>M. balsamun</i>
B	1.00	8	<i>C. spruceanum</i>
B	1.00	8	<i>M. bidentata</i>

Cuadro 13. Prueba de Tukey (α : 0.05) de la saponina encontrada en la corteza y madera de siete especies forestales utilizados en la industria parquetera.

Agrupamiento	Promedio	N	Especies
A	1.04	28	Corteza
B	1.00	28	Madera

Cuadro 14 Análisis de varianza del triterpeno encontrada en la corteza y madera de siete especies forestales utilizados en la industria parquetera.

FV	GL	SC	CM	F- valor	Significancia
Combinaciones	13	4.89	0.38	11.81	<0.0001
Especies (A)	6	1.10	0.18	5.74	0.0002
Residuos (B)	1	0.01	0.01	0.44	0.5087
Interacción (A*B)	6	3.78	0.63	19.78	<0.0001
Error	42	1.34	0.03		
Total	55	6.23			

CV: 9.35%.

Cuadro 15. Prueba de Tukey (α : 0.05) del triterpeno encontrado en siete especies forestales utilizados en la industria parquetera.

Agrupamiento	Promedio	N	Especies
A	2.09	8	<i>T. serratifolia</i>
A	2.05	8	<i>M. balsamun</i>
AB	2.02	8	<i>C. spruceanum</i>
BC	1.88	8	<i>D. micrantha</i>
BC	1.87	8	<i>A. macrocarpon</i>
BC	1.77	8	<i>M. bidentata</i>
C	1.68	8	<i>M. inundatum</i>

Cuadro 16. Prueba de Tukey (α : 0.05) del triterpeno encontrado en la corteza y madera de siete especies forestales utilizados en la industria parquetera.

Agrupamiento	Promedio	N	Especies
A	1.92	28	Corteza
A	1.89	28	Madera

Cuadro 17. Análisis de varianza del tanino encontrado en la corteza y madera de siete especies forestales utilizados en la industria parquetera.

FV	GL	SC	CM	F- valor	Significancia
Combinaciones	13	10.29	0.79	42.90	<0.0001
Especies (A)	6	4.00	0.67	36.16	<0.0001
Residuos (B)	1	1.49	1.49	80.49	<0.0001
Interacción (A*B)	6	4.80	0.80	43.37	<0.0001
Error	42	0.78	0.02		
Total	55	11.07			

CV: 8.30%.

Cuadro 18. Prueba de Tukey (α : 0.05) del tanino encontrado en siete especies forestales utilizados en la industria parquetera.

Agrupamiento	Promedio	N	Especies
A	2.09	8	<i>M. inundatum</i>
A	1.93	8	<i>A. macrocarpon</i>
B	1.64	8	<i>C. spruceanum</i>
BC	1.59	8	<i>M. bidentata</i>
BC	1.53	8	<i>M. balsamun</i>
CD	1.43	8	<i>D. micrantha</i>
D	1.25	8	<i>T. serratifolia</i>

Cuadro 19. Prueba de Tukey (α : 0.05) del tanino encontrado en la corteza y madera de siete especies forestales utilizados en la industria parquetera.

Agrupamiento	Promedio	N	Especies
A	1.80	28	Corteza
B	1.47	28	Madera

Cuadro 20. Análisis de varianza de la quinona encontrada en la corteza y madera de siete especies forestales utilizados en la industria parquetera.

FV	GL	SC	CM	F- valor	Significancia
Combinaciones	13	5.00	0.38	14.16	<0.0001
Especies (A)	6	0.97	0.16	5.93	0.0002
Residuos (B)	1	0.95	0.95	34.95	<0.0001
Interacción (A*B)	6	3.08	0.51	18.93	<0.0001
Error	42	1.14	0.03		
Total	55	6.14			

CV: 11.89%.

Cuadro 21. Prueba de Tukey (α : 0.05) de la quinona encontrada en siete especies forestales utilizados en la industria parquetera.

Agrupamiento	Promedio	N	Especies
A	1.69	8	<i>M. inundatum</i>
B	1.37	8	<i>M. balsamun</i>
B	1.36	8	<i>M. bidentata</i>
B	1.36	8	<i>A. macrocarpon</i>
B	1.36	8	<i>T. serratifolia</i>
B	1.34	8	<i>D. micrantha</i>
B	1.23	8	<i>C. spruceanum</i>

Cuadro 22. Prueba de Tukey (α : 0.05) de la quinona encontrada en la corteza y madera de siete especies forestales utilizados en la industria parquetera.

Agrupamiento	Promedio	N	Especies
A	1.52	28	Corteza
B	1.26	28	Madera

Anexo 3. Panel fotográfico



Figura 21. Área de recuperación de los residuos lignocelulosicos.

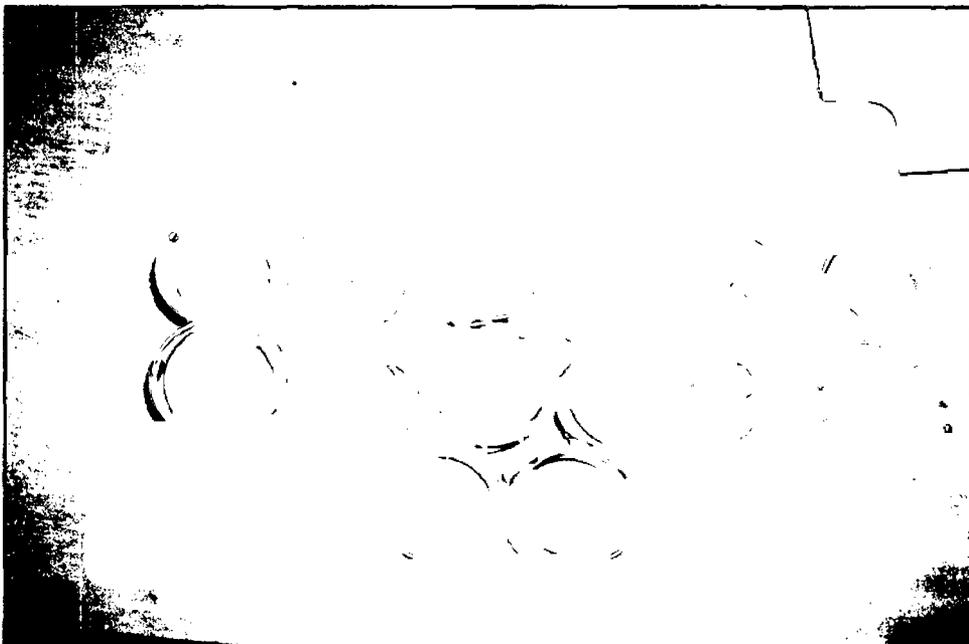


Figura 22. Muestras en aserrín de corteza y madera de las especies investigadas.

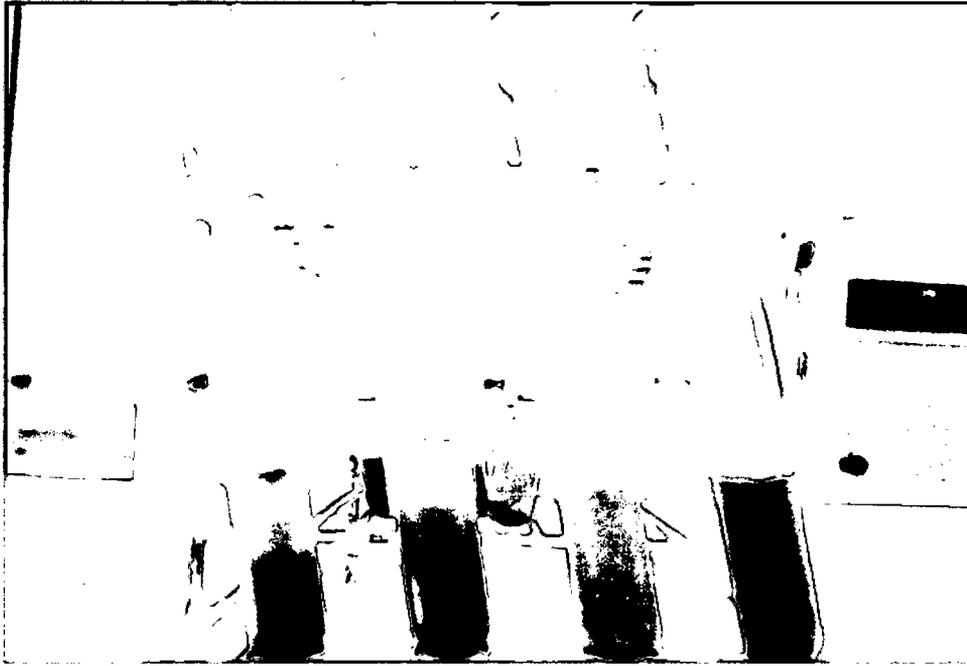


Figura 23. Presencia de alcaloides en forma de precipitado en corteza de *A macrocarpon*.



Figura 24. Presencia de alcaloides en forma de precipitado en madera de *A macrocarpon*.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María - Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

EL ESPECIALISTA EN DENDROLOGIA TROPICAL DE LA FACULTAD DE
RECURSOS NATURALES RENOVABLES, QUE SUSCRIBE:

CERTIFICA

Que, las muestras proporcionada por el Bäch. ROY ALMIRO CABALLERO
SORIA, que tengo a la vista y la observación realizada en campo pertenecen
a:

- *Aspidosperma macrocarpon martes*
- *Machaerium inundatum* (C. Martius ex Benth.) Ducke
- *Myroxylon balsamum* (L) Harms.
- *Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nicholson
- *Manilkara bidentata* (A. DC.) A. Chev.
- *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) Hook. F ex K. Schum
- *Dipteryx alata* Vogel.

Se expide el presente a solicitud de la interesada para los fines pertinentes.

Tingo María, 13 de Septiembre del 2012.




Ing° Warren Ríos García
Profesor de Dendrología
UNAS