

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



**COMPARACIÓN DEL ANÁLISIS FITOQUÍMICO DE LAS ESPECIES
FORESTALES DE TAHUARI (*Tabebuia serratifolia* Valhl G.), TULPAY
(*Clarisia racemosa* & Pavon) Y TOPA (*Ochroma pyramidale* Cav.)**

TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES MENCIÓN
FORESTALES**

Presentado por:

KARINA OLGA DURAN RUIZ

Tingo María - Perú

2014



[Handwritten signature]

**T
CF**

Duran Ruiz, Karina Olga

Comparación del Análisis Fotoquímico de las Especies Forestales de Tahuari (*Tabebuia serratifolia* Valhl G.), Tulpay (*Clarisia racemosa & Pavon*) y Topa (*Ochroma pyramidale* Cav.)

62 páginas; 8 cuadros; 16 fgrs.; 42 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. 2014

1. ANALISIS

2. ESPECIES FORESTALES

3. METABOLITOS

4. MADERA

5. ASERRIO SECADO

6. BOSQUES



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 29 de octubre del 2012, a horas 07:00 p.m. en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la Tesis titulada:

“COMPARACIÓN DEL ANÁLISIS FITOQUÍMICO DE LAS ESPECIES FORESTALES DE TAHUARÍ (*Tabebuia serratifolia*), TULPAY (*Clarisia racemosa*) Y TOPA (*Ochroma pyramidale*)”

Presentado por la Bachiller: **KARINA OLGA DURAN RUIZ**, 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, la sustentante queda apta 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, 11 de abril del 2013.

Ing. M.Sc. **LADISLAO RUIZ RENGIFO**
PRESIDENTE



Ing. **MANUEL BRAVO MORALES**
VOCAL

Blgo. **JULIO C. GIRALDO HUAYTA**
VOCAL

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

DEDICATORIA

A mi amoroso Padre Celestial; quien
mediante la guía de su espíritu
iluminó mi camino dándome
inteligencia y sabiduría y así poder
cumplir mis metas espirituales y
profesionales.

A mis queridos padres Aguiberto y
Olga por la fuerza que me dan para
salir adelante y por su gran amor
incondicional.

A mis queridos hermanos Zully,
Alex, Marco, por su apoyo y por
todo su amor.

AGRADECIMIENTOS

Durante mi formación profesional, personal y elaboración de la presente investigación, varias personas colaboraron directa e indirectamente, a quienes deseo expresar mi más profundo reconocimiento:

A mi alma mater Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Recursos Naturales Renovables y plana docente, por la contribución en mi formación como profesional.

Al Ing. M. Sc. Tania Guerrero Vejarano por el asesoramiento como el apoyo científico a este presente trabajo de investigación.

Al Ing. Manuel Bravo Morales, por su exigencia, orientación, confianza, y sabios consejos que me brindo para la realización en el transcurso del presente trabajo, así como en el proceso de mi formación como profesional.

A todas las personas que de otra forma me brindaron su apoyo moral especial a mis tías Liliana, Gloria y Rosa Ruiz, amigos Isabel Pantoja, Yadira Ibarra, David Quispe, Alexander Cabrera, Elsa Ospino y Osvaldo Ramos por sus consejos y amistad.

A mis profesores de la Facultad de Recursos Naturales Renovables a quienes debo mi formación profesional.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	Objetivo general	3
1.2.	Objetivos específicos	4
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1.	Extractivos de la Madera.....	5
2.2.	Metabolitos secundarios	7
2.2.1.	Principales metabolitos secundarios	8
2.2.2.	Importancia de los metabolitos secundarios.....	19
2.3.	Características de la madera	20
2.4.	Composición química de la madera	21
2.5.	Propiedades tecnológicas de los extractivos de la madera.....	23
2.5.1.	Sustancias de impregnación	24
2.5.2.	Problemas de absorción.....	24
2.5.3.	Manchado.....	25

2.6. Descripción de la especie en estudio y su utilidad en la industria.....	25
2.6.1. Tahuarí (<i>Tabebuia serratifolia</i> Valhl G.).....	25
2.6.2. Tulpay (<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.).....	28
2.6.3. Topa (<i>Ochroma pyramidale</i> Cav.)	32
2.7. Influencia de la densidad básica en la madera	35
III. MATERIALES Y MÉTODOS	37
3.1. Lugar de ejecución.....	37
3.1.1. Área del Bosque Reservado de la UNAS	37
3.1.2. Condiciones climáticas del Bosque Reservado de la UNAS	37
3.1.3. Ecología	39
3.1.4. Composición florística	39
3.2. Materiales y equipos	40
3.2.1. Material biológico.....	40
3.2.2. Material y equipo de campo	40
3.2.3. Material de laboratorio.....	40
3.3. Metodología	41

3.3.1. Reconocimientos de metabolitos secundarios	41
IV. RESULTADOS	50
4.1. Determinación cualitativa de alcaloides	50
4.2. Determinación cualitativa de flavonoides	50
4.3. Determinación cualitativa de leucoantocianidinas	51
4.4. Determinación cualitativa de saponinas	52
4.5. Determinación cualitativa de taninos	53
4.6. Determinación cualitativa de triterpenos	53
4.7. Determinación cualitativa de quinonas	54
V. DISCUSIÓN	56
VI. CONCLUSIONES	61
VII. RECOMENDACIONES	62
ABSTRACT	63
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
ANEXO	71

ÍNDICE DE CUADROS

Pág.

1. Grupos de densidades básicas para maderas.	36
2. Presencia de alcaloides en algunas especies maderables.	50
3. Presencia de flavonoides en algunas especies maderables.	51
4. Presencia de leucoantocianidinas en algunas especies maderables.....	51
5. Presencia de saponinas en algunas especies maderables.	52
6. Presencia de taninos en algunas especies maderables.....	53
7. Presencia de triterpenos en algunas especies maderables.	54
8. Presencia de quinonas en algunas especies maderables.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Estructura química de 2H-1-benzopiran-2-ona, denominada cumarina.....	10
2. Estructura química de flavonoides y isoflavonoides.....	11
3. Molécula antocianina.....	14
4. Ácido gálico un tanino.	16
5. Fórmula química de las quinonas.....	17
6. Estructura de una cumarina (RS)-4-hidroxi-3- (1-fenil-3-oxo- butil)-cumarina.....	18
7. Ubicación política del BRUNAS.....	38
8. Flujograma para el reconocimiento de alcaloides.	42
9. Flujograma para el reconocimiento de flavonoides, leucoantocianidinas y cardiotónicos.	43
10. Flujograma para el reconocimiento de flavonoides.	44
11. Flujograma para el reconocimiento de leucoantocianidinas.....	44
12. Flujograma para el reconocimiento de saponinas, taninos, esteroles y/o triterpenoides y quinonas	45

13. Flujograma para el reconocimiento de saponinas.....	46
14. Flujograma para el reconocimiento de taninos.....	47
15. Flujograma para el reconocimiento de esteroides y/o triterpenos.	48
16. Flujograma para el reconocimiento de quinonas: ensayo con una fracción y quinonas: ensayo directo.	49
17. Aserrado de tabla para la obtención de viruta y/o aserrín (izquierda) y colección de viruta o aserrín (derecha).....	72
18. Muestras almacenadas en bolsas.....	72
19. Muestra de viruta y/o aserrín (izquierda) y tamizado de muestras (derecha).	73
20. Preparación de muestras para estufa.	73
21. Secado de muestra en estufa (izquierda) y preparación de soluciones (derecha).	74
22. Materiales, equipos y reactivos.	74
23. Succionando las soluciones (izquierda) y vasos de precipitación a Baño María (derecha).....	75
24. Reconocimiento de leucoantocianidinas de las especies topa, aceite caspi (izquierda) y reconocimiento de leucoantocianidinas de las especies tahuari y tulpay.....	75

25. Reconocimiento de alcaloides en el tahuarí en 4 tubos (izquierda) y reconocimiento de alcaloides de la especie de tulpay (derecha).	76
26. Reconocimiento de flavonoides y de las especies tulpay y tahuari (izquierda) y reconocimiento de flavonoides de las especies topa y aceite caspi (derecha).	76
27. Reconocimiento de alcaloides de la especie de aceite caspi (izquierda) y reconocimiento de alcaloides de la especie de topa (derecha).	77
28. Reconocimiento de taninos de la especie tahuari (izquierda) y Reconocimiento de Taninos de la especie tulpay (derecha).	77
29. Reconocimiento de saponinas en el tulpay y tahuari (izquierda) y reconocimiento de triterpenos en el tulpay y tahuari (derecha).	78
30. Reconocimiento de quinonas de la especie de tulpay y tahuari (izquierda) y reconocimiento de quinonas de la especie tulpay con una fracción (derecha).	78

RESUMEN

Con la finalidad de determinar los metabolitos secundarios de tres especies forestales existentes en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS), se utilizó especies con diferentes densidades básicas como el tahuari (*Tabebuia serratifolia* Valhl G.), tulpay (*Clarisia racemosa* Ruiz & Pavon) y topa (*Ochroma pyramidale* Cav.). La investigación se realizó entre junio – noviembre 2010 y se ha ejecutado en el laboratorio de Fitoquímica de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, ubicada en la ciudad de Tingo María, región Huánuco. Para la determinación de alcaloides, flavonoides, saponinas, triterpenos, quinonas y leucoantocianidinas se aplicó la metodología utilizada por MARTINEZ *et al.* (2002). Se ha encontrado que la mayor presencia cualitativa de los metabolitos secundarios fueron en las especies de alta y media densidad básica tahuari (*Tabebuia serratifolia*) y tulpay (*Clarisia racemosa*), mientras que la topa (*Ochroma pyramidale*) con densidad básica baja, presenta muy escaso o nulo metabolito secundario.

I. INTRODUCCIÓN

La madera ha sido siempre para el hombre uno de los principales recursos naturales. Gracias a la tecnología moderna, la madera sirve para muchísimos más usos de lo que pudieron soñarse hace muy pocos siglos. Las maderas como tal se usan extensamente en las industrias forestales pero se desconoce el tipo de metabolitos secundarios presentes en las maderas de uso comercial, que le dan una propiedad de preservado y durabilidad natural a la madera.

La cantidad de polifenoles activos presente en las especies maderables son de importancia porque mediante ellos se evalúa la capacidad que tienen las maderas para producir taninos; el uso tradicional de los fenoles ha sido en la formulación de adhesivos y en el curtido de pieles, sin embargo, su uso puede ser muy amplio en las áreas biomédicas, así como en diferentes procesos industriales (ACEVEDO y KIKATA, 1994).

Las maderas se clasifican básicamente en maderas de alta densidad que proceden de árboles de crecimiento lento y que son de color oscuro que son usualmente más durables (tahuarí, tulpay) debido a la presencia de diversos metabolitos secundarios que le dan esas características. El tahuarí se utiliza en construcciones pesadas, pisos y parquet, carrocerías,

ebanistería, durmientes, mangos de herramientas, postes, puentes, construcciones marinas, etc. (ANGENHEIM, 1984).

Las maderas de baja densidad, son árboles de crecimiento rápido (topa) por lo tanto no presentan durabilidad a través del tiempo. La topa, madera liviana, empleada en el aislamiento térmico, en las construcciones de balsas, boyas, juguetes, maquetas de aviones y de autos, artesanía, etc.

Por lo cual gracias a la presencia de los metabolitos secundarios que hacen la diferencia en estos tipos de maderas, esto se debe a que se componen o no de metabolitos secundarios resistentes a los problemas relacionados con sus propiedades de secado y preservación, es por eso que se utilizan en industrias forestales pero se desconoce los metabolitos secundarios que presentan y que le dan las características de valiosas o no valiosas con respecto a sus densidades básicas.

Por eso se presenta la siguiente interrogante ¿Qué tipo de metabolitos secundarios presentan las tres especies forestales de maderas comerciales de la zona Tingo María con relación a sus densidades básicas?

La cual también plantea la siguiente hipótesis: Las maderas de alta densidad básica (maderas valiosas) presentan metabolitos secundarios de carácter fenólico como taninos, triterpenos, flavonoide, leucoantocianidinas, saponinas, triterpenos y quinonas; a diferencia de las maderas de baja densidad básica (maderas no valiosas) que no contienen estas sustancias.

La importancia del presente trabajo de investigación es conocer cualitativamente que tipos de metabolitos secundarios existen en estas tres especies forestales maderables e identificar cuál de estos metabolitos se encuentran a mayor cantidad en maderas valiosas y no valiosas, teniendo en cuenta que existen árboles con fuste deformado y una gran cantidad de residuos de maderas valiosas que no son aprovechados en la industria forestal, es por ello que la extracción de estos metabolitos secundarios de las maderas valiosas se podrá utilizar como sustancias químicas en trabajos de secado y preservado para maderas no valiosas así poder darle un mayor valor agregado a este tipo de maderas.

Las maderas de alta y media densidad básica (maderas valiosas) presentan metabolitos secundarios de carácter fenólico como taninos, triterpenos, flavonoide, leucoantocianidinas, saponinas, triterpenos y quinonas, a diferencia de las maderas de baja densidad básica (maderas no valiosas) que no contienen estas sustancias.

1.1. Objetivo general

- Determinar los metabolitos secundarios de 3 especies forestales del BRUNAS, Tahuarí (*Tabebuia serratifolia* Valhl G.), Tulpay (*Clarisia racemosa* Ruiz & Pavon), Topa (*Ochroma pyramidale* Cav.) en diferentes densidades básicas.

1.2. Objetivos específicos

Determinar cualitativamente los:

- Alcaloides
- Flavonoides.
- Saponinas.
- Triterpenos.
- Quinonas.
- Leucoantocianidinas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Extractivos de la Madera

QUINDE (1995) indica que los extractivos de la madera, son materiales extraños no estructurales que se encuentran en la corteza, xilema, frutos, hojas y raíces referida a sustancias que no forman parte de la pared celular, que se encuentra acompañado al material celulósico y lignina en menor cantidad; las que pueden ser extraídas con solventes orgánicos.

Las maderas de muchas especies forestales presentan grandes diferencias en sus propiedades químicas encontrando como única explicación a la pequeña pero muy importante porción de la madera como son los extractivos denominados “componentes personificadores” de las maderas influyendo en sus propiedades sean estas deseables o indeseables dependiendo del tipo y cantidad de extractivos presentes en cada madera y uso que se quiere dar (LOCK – UGAS, 1994).

HARBORNE (1999) menciona que la clasificación más adecuada de los metabolitos secundarios es en función a su origen biosintético y que estos compuestos fotoquímicas pueden clasificarse en tres principales grupos biogénicos: alcaloides incluyendo compuestos nitrogenados relacionados y compuestos fenólicos.

LEON y ESPINOZA (2001) menciona que varios estudios han demostrado que los metabolitos secundarios son imprescindibles en la defensa, crecimiento y reproducción de la planta, y que a una alta concentración y diversidad de metabolitos secundarios mayor será el estado de defensa en las plantas gracias a la acción sinérgica conjunta de estos.

OTERO (1988) clasifica a los componentes secundarios en dos grupos: Extractivos, incluye a todas aquellas sustancias que pueden ser extraídas de la madera mediante tratamientos de extracción con agua, solventes orgánicos neutros o volatilizadas con vapor; y el grupo de sustancias que no pueden ser extraídas con los solventes mencionados conocidas con el nombre de cenizas.

Wilson y White (1986), citado por LEÓN y EZPINOZA (2001) indican que los extractivos son sustancias extrañas presentes en la madera pero no forman parte esencial de su anatomía, algunas de estas sustancias pueden obtenerse de la madera mediante el uso de agua fría o caliente, con solventes orgánicos neutros como alcohol, benceno, acetona o éter, por lo que son llamados extractivos.

Los materiales extraños o extractivos incluyen depósitos de minerales (sílice, sales de calcio, fosfatos, oxalatos) y una gran variedad de sustancias orgánicas (aceites, grasas, gomas, flavonoides, antocianinas, taninos, polifenoles, azúcares, almidón, etc.).

Eaton y Hale (1993), citado por LEÓN y EZPINOZA (2001) señalan que los extractivos son de gran importancia en la resistencia de la madera ante el ataque biológico, ya que pueden actuar agentes tóxicos ante algunos microorganismos y como repelentes de insectos. Las sustancias tóxicas varían entre especies y géneros, muchos de los extractivos que incrementan la durabilidad natural de la madera son de naturaleza cíclica, aromática o fenólica.

PASHIN y DE ZEEUW (1980) consideran que los extractivos pueden influir ampliamente en muchas propiedades de la madera. Los olores y colores típicos de muchas maderas provienen de los extractivos que los constituyen. La ausencia de extractivos limitaría a las características anatómicas como único método de diferenciación de las especies. Los extractivos constituyen un porcentaje muy pequeño del peso seco de la madera al horno, sin embargo cantidades pueden ser considerables en algunas especies.

2.2. Metabolitos secundarios

BOTANICAL (2001) menciona que el metabolismo secundario comprende que los procesos químicos son únicos para una planta dada, y no son universales. Los más de 8.000 compuestos fenólicos que se conocen, que emplean las plantas están formados por la vía metabólica del ácido shikímico o bien por la vías catabólicas del metabolismo, por acción en defensa a los patógenos y /o enfermedades.

Esta formación ocurre en células, órganos y tejidos específicos, en fases determinadas del ciclo de vida de la planta, bajo condiciones estacionales o de estrés (VERPORTE *et al.*, 2002).

Compuestos químicos sintetizados por 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. Los metabolitos secundarios cumplen funciones de defensa (PIZZY y MITTAL, 1994).

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, y llevan información intercelular y se relacionan con la respuesta hormonal de la planta.

La composición química de los metabolitos secundarios es muy rica, variada 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.

2.2.1. Principales metabolitos secundarios

2.2.1.1. Polifenoles

PALAZÓN *et al.* (2010) manifiesta que debido a su condición de polifenoles se oxidan con mucha facilidad y actúan como antioxidantes. Los

polifenoles son importantes para la fisiología de las plantas pues contribuyen a la resistencia de microorganismos e insectos y ayudan a preservar su integridad por su continua exposición a estresantes ambientales, incluyendo radiaciones ultravioletas y relativamente altas temperaturas.

También de una forma bastante general, los fenoles actúan como inhibidores del crecimiento de las plantas, aunque se han encontrado algunas estructuras, que de forma específica lo activan, al inhibir degradación de una hormona vegetal que es la auxina. Particularmente, las semillas acumulan importantes cantidades de fenoles en sus cubiertas que actúan como un filtro para que el oxígeno no llegue al embrión, inhibiendo su germinación (ROSALES *et al.*, 2002).

Pero las acciones más características de estos compuestos son establecer relaciones químicas de las plantas con su entorno. También los fenoles protegen a las plantas generando sabores (principalmente amargos) o texturas (los taninos) que resultan desagradables para los herbívoros, por lo que este tipo de animales se nutren de otras plantas.

Los polifenoles son un grupo de sustancias químicas encontradas en plantas y caracterizadas por la presencia de más de un grupo fenol por molécula. Estos constituyen uno de los más numerosos y distribuidos por toda la planta, con más de 800 estructuras conocidas en la actualidad. Los polifenoles naturales pueden ir desde moléculas simples hasta compuestos altamente polimerizados (PIZZY y MITTAL, 1994).

Generalmente todos los vegetales, como producto de su metabolismo secundario normal, son capaces de biosintetizar un elevado número de compuestos fenólicos algunos de los cuales son indispensables para sus funciones fisiológicas, otros son de utilidad para defenderse ante situaciones de estrés (hídrico, luminoso, etc.). A pesar de que todos ellos presentan una estructura fenólica (núcleo aromático que contiene un grupo hidroxílico libre o sustituido) se diferencian de otros compuestos, que también poseen esta estructura, en su origen biosintético (SANTIZO, 2004).

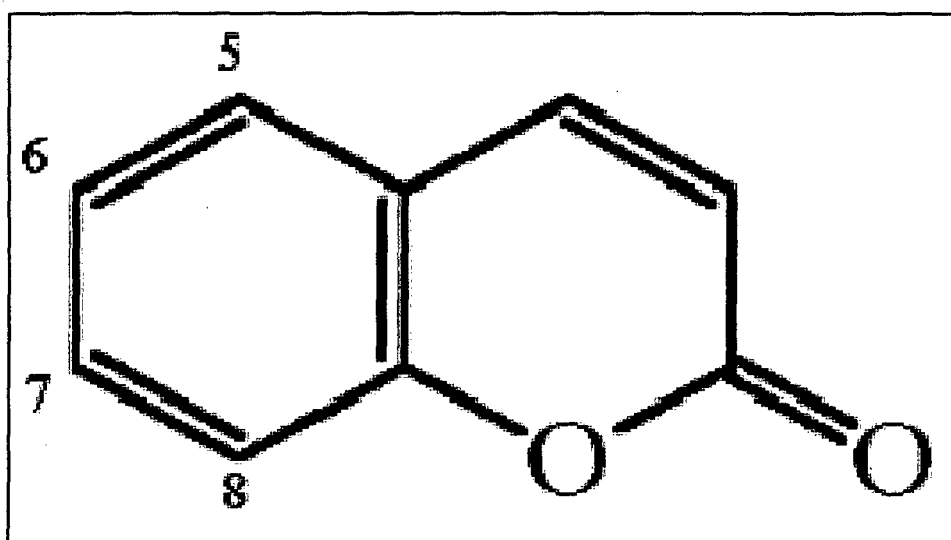


Figura 1. Estructura química de 2H-1-benzopirán-2-ona, denominada cumarina.

2.2.1.2. 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 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 de inhibir diversos procesos enzimáticos relacionados con el sistema vascular (LOPEZ *et al.*, 2009).

Estos son compuestos ampliamente distribuidos en la naturaleza. Desde el punto de vista químico derivan de la estructura C6 – C3 – C6, es decir, 2 anillos de benceno unidos por una cadena de tres átomos de carbono. 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 han sido muy estudiados y se ha podido demostrar que tienen actividad edulcorante, estrogénica, anticancerígena y que disminuyen la fragilidad capilar (TAPPI, 1997; YARA, 2006).

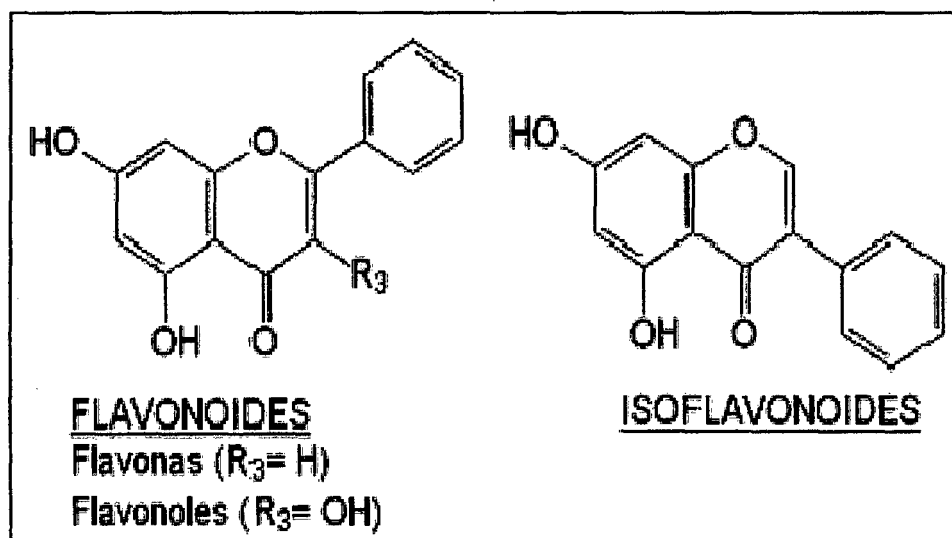


Figura 2. Estructura química de flavonoides y isoflavonoides.

MARTINEZ *et al.* (2002) refieren 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. Otras funciones incluyen un papel antifúngico y bactericida, confieren coloración, lo que puede contribuir a los fenómenos de polinización y tienen una importante capacidad para fijar metales como el hierro y el cobre.

Al ser parte fundamental de la biología vegetal, los flavonoides responden a la luz controlando los niveles de las auxinas (hormonas vegetales) reguladoras del crecimiento del árbol; intervienen en la diferenciación de las plantas y potencian la polinización al conferir coloración (ESCAMILLA, 2009; POBLETE y ROFFAEL, 2004).

2.2.1.3. Leuco antocianinas

Las leuco antocianinas 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 leuco antocianinas juegan un papel importante en los mecanismos de defensa de las plantas (SANTIZO, 2004; CISNEROS, 2007).

Las leuco antocianinas se clasifican como hidrolizables (pirogállicos) y condensados (catéquicos). En general, la presencia de extractos vegetales de la madera, como antioxidantes, grasas, ceras, gomas, etc., tienen

desventajas en la trabajabilidad de las maderas lo que impiden buenas adherencias a las pinturas y retardan el secado; cambiando el proceso fimógeno de los recubrimientos, y produciendo filmógenos de pobres rendimientos técnicos y acabados de deficiente durabilidad.

Pero además de éstos inconvenientes, las leuco antocianinas producen antiestéticas manchas negras, en la madera, pintura y barnices, que ocasionan el deterioro estético y la pérdida del valor decorativo. La cantidad de leuco antocianinas que contiene una madera, varía mucho de una especie a otro, y dentro de la misma especies 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 leuco antocianinas tienen cantidades de este extracto que varían entre el 8% – 12%, llegando hasta un 20% (CAMPELL y BRYANT, 1991; DIEGUEZ, 2010).

Al igual que los metabolitos secundarios, no existen evidencias de que las leuco antocianinas 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 reconocido.

Las leuco antocianinas reaccionan rápidamente con otras biomoléculas formando productos complejos como las proteínas, almidón, sustancias pecticas y celulosas. Así se tiene que el ataque enzimático derivado

del metabolismo de hongos o bacterias hospedados en la madera puede ser inactivado o disminuido sustancialmente ante la presencia de leuco antocianinas (FENGEL y WEGENER, 1994; GONZALES, 1996).

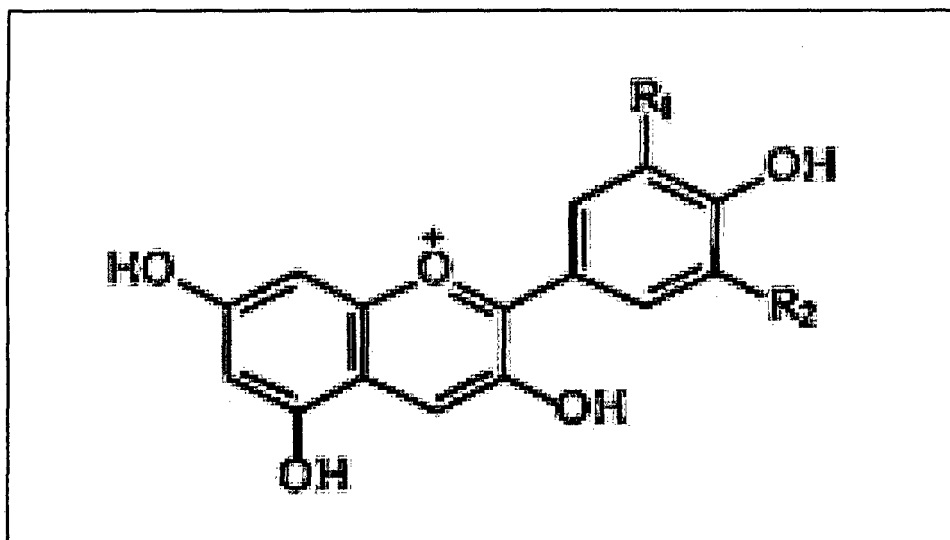


Figura 3. Molécula antocianina.

2.2.1.4. Taninos

Los taninos son compuestos polifenólicos de estructura química diversa que la propiedad de ser astringentes, es decir precipitan las proteínas y su capacidad de curtir la piel (HON y NOBUO, 2000).

Son muy abundantes en el mundo vegetal, especialmente en algunas familias (Fagáceas, Rosáceas, Fabáceas, Mirtáceas, etc.) y en diversos órganos: raíces-rizomas (ruibarbo), cortezas (quina, roble), leño (catecú), hojas (hamamelis), frutos (cinorrodon). Combinados con alcaloides y proteínas y desempeñan una función defensiva frente a insectos: agallas, maduración de frutos.

Desde el punto de vista químico se clasifican en: taninos hidrolizables, son polímeros heterogéneos formados por ácidos fenólicos, en particular ácido gálico y azúcares simples. Son más pequeños que los taninos condensados y son hidrolizados con más facilidad, sólo basta ácido diluido para lograrlo, taninos condensados: son polímeros de un flavonoide llamado antocianidina (JOHAS y NIAZI, 1990).

Es común encontrarlos en la madera de las plantas leñosas y en este grupo se pueden mencionar la corteza de pino resinero (*Pinus pinaster*) y los estróbilos del ciprés (*Cupressus sempervirens*) de acción venotónica (ROSALES *et al.*, 2002).

Los taninos son sustancias amorfas solubles en agua, que forman soluciones coloidales, en alcohol y en acetona. Las acciones farmacológicas más interesantes de los taninos que se pueden mencionar son: astringentes y por tanto anti diarreicos y vasoconstrictores, ya que se unen y precipitan las proteínas existentes en las secreciones, vulnerarios, antimicrobianos y anti fúngicos, inhibidores enzimáticos y antídotos de alcaloides y metales pesados.

El efecto tóxico es bajo, y proviene de la posible intolerancia gástrica y estreñimiento que pueden ocasionar. Los taninos se usan en el curtido de pieles y la fabricación de barnices y pinturas.

Las plantas utilizadas para la extracción industrial de taninos son: Los taninos gálicos se obtienen a partir de la corteza del castaño (*Castanea sativa*) y de las agallas de los robles (*Quercus* sp.), que se forman por la picadura en las

yemas de la hembra de insecto *Cynipsgallae tinctoriae*, llegando a tener hasta un 70% de taninos. Los taninos condensados se obtienen de la madera de catecú (*Acacia catechu*) y de la corteza de algunas especies de eucalipto (*Eucalyptus rostrata*) entre otros.

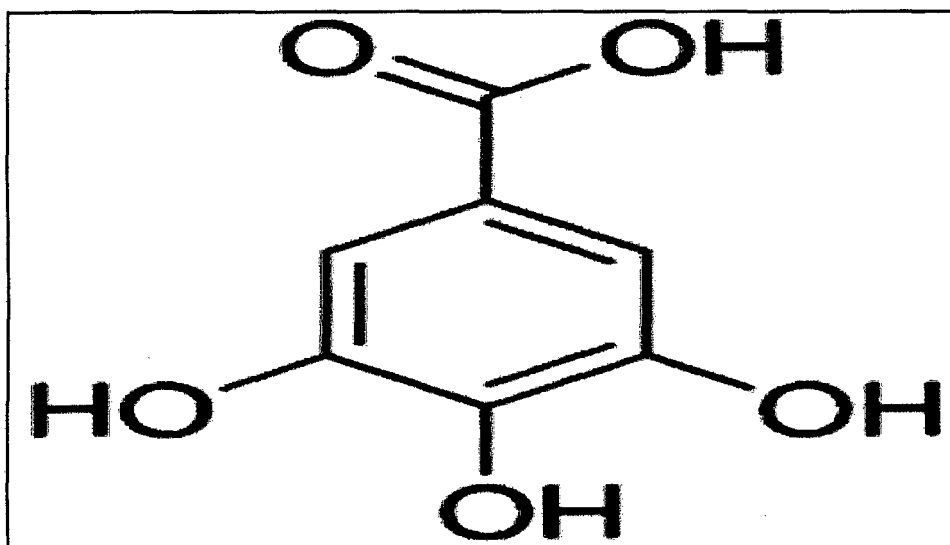


Figura 4. Ácido gálico un tanino.

2.2.1.5. Quinonas

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. La estructura de una quinona, la identificación de las quinonas conocidas se establece por sus constantes físicas, su comportamiento cromático comparado con muestra auténtica, por métodos químicos y espectroscópicos (ROSALES *et al.*, 2002).

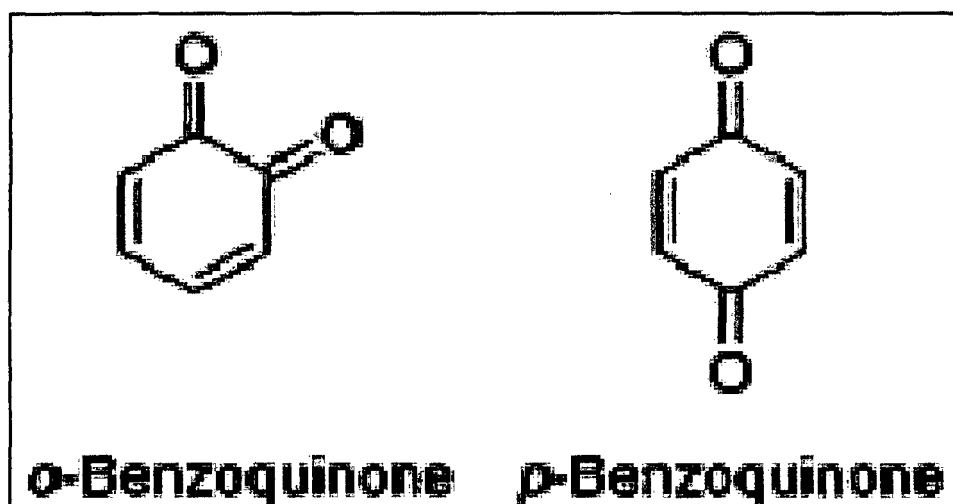


Figura 5. Fórmula química de las quinonas.

2.2.1.6. Cumarinas

Con el nombre de cumarinas se conoce a un grupo muy amplio de principios activos fenólicos que se encuentran en plantas medicinales y tienen en común una estructura química de 2H-1-benzopiran-2-ona, denominada cumarina. Sobre esta estructura, que se origina biosintéticamente por lactonización del ácido cumarínico (2-hidroxi-zcinámico), se disponen sustituyentes de distinta naturaleza química lo que da lugar a distintos tipos de cumarinas: sencillas y complejas.

Este metabolito tiene importancia biológica como agente fotosensibilizante de la piel, por su acción anticoagulante, sedante vasodilatadora, antibacteriana, antifúngica y antihelmíntica. La mejor manera de evidenciar la presencia de cumarinas es realizando un análisis de cromatografía de capa delgada (YARA, 2006). Se consideran todo un grupo de metabolitos secundarios de las plantas fenólicos, que comparten la misma vía biosintética y esqueleto químico (POBLETE y ROFFAEL, 2004).

En plantas, se encuentran en los tegumentos de las semillas, frutos, flores, raíces, hojas, y tallos, aunque la mayor concentración se encuentra en general en frutos y flores. Originalmente la cumarina se aisló del Haba de Tonka. Su rol en las plantas parece ser de defensa, dándole propiedades de rechazo a la alimentación, antimicrobiana, captadora de radiación UV e inhibidora de la germinación. La mejor propiedad conocida de las cumarinas indirectamente demuestra su rol en la defensa de las plantas.

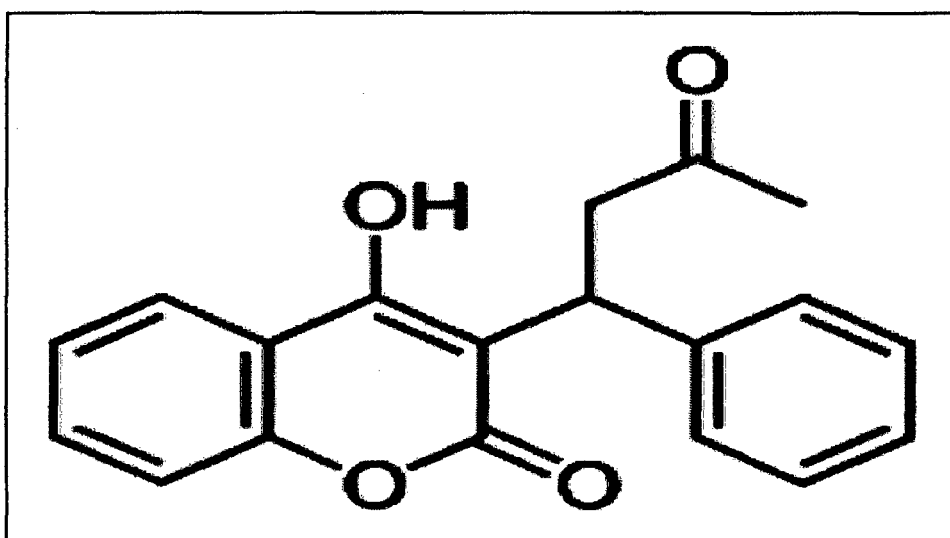


Figura 6. Estructura de una cumarina (RS)-4-hidroxi-3- (1-fenil-3-oxo-butyl)-cumarina.

2.2.2. Importancia de los metabolitos secundarios

VILLACIDE *et al.* (2009) menciona que las defensas químicas actúan ahuyentando a la plaga o intoxicándola. La intoxicación puede resultar letal para la plaga o puede afectar su desarrollo o impedir su reproducción. Los metabolitos secundarios son un elemento importante y necesario ya que en el reino vegetal representan una ventaja competitiva. Cada familia de plantas utiliza precursores químicos comunes originando diferentes resultados.

También son importantes para los humanos, pues presentan incontables aplicaciones en los campos de la farmacología, la industria agrícola o la industria cosmética.

Entre ello hay que tener en cuenta que la diferencia entre metabolitos primarios y metabolitos secundarios es sólo funcional (no pueden ser distinguidos en base a moléculas precursoras, ni estructura química, ni origen biosintético), por lo que la diferencia entre las vías bioquímicas es difusa, y a veces un compuesto considerado metabolito primario, por la acción de una sola enzima se convierte en lo que se considera un metabolito secundario encontramos algunos altamente específicos y que poseen un gran efecto a bajas concentraciones (por ejemplo alcaloides, y otros compuestos nitrogenados), por lo que se denominan defensas cualitativas, pero que están presentes mayormente en herbáceas.

Entre los árboles encontramos más frecuentemente compuestos carbonados de espectro más generalista (por ejemplo terpenos y polifenoles), y

que tienen efectos dependientes de la dosis, por lo que se los considera defensas cuantitativas. Los mecanismos de defensa también pueden clasificarse en resistencias preformadas o inducidas (ROSALES *et al.*, 2002).

En el primer caso entran todos los mecanismos de resistencia físicas y aquellos de resistencia química dados por la presencia permanente de los compuestos activos en las concentraciones adecuadas de defensa. La mayoría de los mecanismos de defensa de los árboles entran en este grupo. En algunas especies la alta concentración de ciertos metabolitos secundarios que cumplen funciones de defensa preformada permite el aprovechamiento industrial de los mismos.

Asimismo se tiene las Inclusiones menores (extractivos y/o metabolitos secundarios, entre 1% – 10%, del peso seco de la madera) como: Resinas, elastómeros (gomas), grasas, aceites, azúcares, almidones, alcaloides y taninos (STAMM, 1991; ROSALES *et al.*, 2002).

2.3. Características de la madera

CAMPOS (2007), menciona que las propiedades y características de la madera dependen mucho de los factores como: especie, manejo silvicultural edad del árbol, distanciamiento entre plantas, condiciones del sitio, como el terreno y el clima, etc.

Como en todo material a la hora de su empleo son varias las propiedades las que se debe toma en cuenta, la estructura de la madera

determina en gran parte las propiedades y características de esta; la que está dado por los elementos anatómicos que lo forman: células, el grosor de estos elementos determinan las características de la madera y junto a las propiedades físicas y mecánicas, sus posible usos son las principales características, que además nos permita identificar a los distintos tipos de madera que son: textura, grano, sabor y olor (BOBADILLA y PERASA, 2006).

2.4. Composición química de la madera

CAMPOS (2007), indica que la composición de la madera es una sustancia fibrosa, bien organizada, esencialmente heterogénea; sus propiedades y sus posibilidades de empleo, son definitivamente la consecuencia de los caracteres, organización y composición química de las células que lo constituyen.

Por ende el estudios de la acidez y la cantidad de extraíbles presentes en la madera es de importancia para los diferentes procesos industriales, es muy importante conocer su composición química cuyos elementos orgánicos de que se compone son: celulosa 40 – 50%, lignina entre 25 – 30%, hemicelulosa entre 20 – 25% el restante lo conforman las resinas, taninos, y grasas (componentes extractivos o materia extraña); que además, están compuestos de elementos esenciales en un 90% (carbono entre 46 – 60%, oxígeno entre 38 – 42%, hidrógeno 6%, y nitrógeno 1%), y otros elementos 10% (compuestos simples P y S, minerales K, Ca, Na).

Rowell (1984), citado por LEÓN y ESPINOZA (2001) indica que la madera es un material polimérico tridimensional constituido principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina. Estos polímeros constituyen la pared celular y son los principales responsables del comportamiento físico y químico de la madera.

Pettersen (1984), citado por LEÓN y ESPINOZA (2001) menciona que la composición química de la madera no puede ser definitiva de manera precisa para una determinada especie e incluso para un mismo árbol, puede variar en diferentes partes del árbol, con el tipo de madera, ubicación geográfica, condiciones climáticas y edáficas.

HON *et al.* (2000) consideran que la composición química de la madera presenta compuestos que surgen de la combinación de los elementos como carbono 50%, hidrógeno 6%, oxígeno 43%, nitrógeno 1%, cenizas 0.5%. La que se compone, de forma general, de dos grupos de sustancias: los extraíbles y los componentes de la pared celular, estos últimos comprenden la celulosa, hemicelulosa y lignina.

Cada uno de estos componentes presenta distintas estructuras químicas. Sus proporciones, en los vegetales leñosos, comprenden: lignina, entre 25 y 35% (maderas blandas), entre 17% y 25% (maderas duras); celulosa entre 40 y 45% (proporcionalmente igual tanto para maderas duras y 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 aglutinamiento proporciona la dureza y rigidez necesaria a los haces de fibras celulósicas (POBLETE y ROFFAEL, 2004).

2.5. Propiedades tecnológicas de los extractivos de la madera

QUINDE (1995) menciona que la distribución y variación en la composición de los extractivos de la madera pueden tener efectos negativos en la durabilidad de las láminas obtenida o en la manufactura de pulpa para papel, en la aplicación de adhesivos, resistencia al ataque de insectos, pudrición de la madera, corrosión, color, olor, aparición de manchas, reacciones alérgicas, etc.

Es posible reducir los efectos de algunos extractivos presentes en un árbol o minimizar su formación en tejidos en plantaciones utilizando métodos silviculturales. BOBADILLA *et al.* (2006) indican que en el proceso de encolado en la industria forestal, puede ser especialmente crítico ya que los elementos que se fabrican habrán de soportar cargas y exposiciones muy variables. La madera según especie es, en ocasiones de enorme importancia ya que dentro del grupo de maderas con carácter comercial en nuestro entorno (850 especies y 85 géneros), aproximadamente un tercio, pueden presentar o presentan problemas de encolado (AYALA, 2003).

En algunos casos el control de los factores como el tipo de adhesivo, el contenido de humedad, las condiciones de servicio o la preparación superficial, puede ser suficiente para el problema; pero en otras

ocasiones no lo es. En tal sentido algunos de los problemas más frecuentes en el encolado, relacionados con la especie de madera son:

2.5.1. Sustancias de impregnación

BOBADILLA *et al.* (2006) suponen que las sustancias de impregnación varían mucho con la especie, entre un 3% y un 5% de la composición química de la madera de coníferas y frondosas, respectivamente. Este tipo de productos químicos fisiológicos, contenidos en las maderas de algunas especies; resinas, aceites, taninos, minerales, etc., pueden reaccionar con los adhesivos provocando problemas en las uniones, faltas de adherencia y de fraguado, o en el mejor de los casos la aparición de manchas (ALVAREZ y HERNANDEZ, 2001).

2.5.2. Problemas de absorción

Uno de los elementos clave del proceso de encolado es la unión mecánica provocada por la penetración del adhesivo, en su estado líquido o pastoso, en los poros de las superficies a unir y su posterior anclaje una vez fraguado.

Pero tanto el defecto de penetración que ocasionaría un anclaje débil, como el exceso que generaría un elevado consumo de adhesivo, pueden ser, y son de hecho, un problema para aproximadamente el 12% de las especies difíciles.

El defecto de absorción está relacionado con especies de densidades elevadas (850 – 1100 kg/m³). El efecto contrario se produce con especies de baja densidad o muy porosas (ANGENHEIM, 1994).

2.5.3. Manchado

Este problema ocasiona muchas pérdidas en las industrias de carpintería y mobiliario, ya que si bien no pone en peligro la unión, devalúa el producto por motivos estéticos (ACEVEDO y KIKATA, 2004).

Algunos factores ya comentados, como el contenidos en sustancias de impregnación, la acidez, están directamente relacionados con éste, siendo la causa de aparición de manchas en las zonas de contacto con el adhesivo y colindantes. Este problema afecta al 17% aproximadamente de las maderas de encolado difícil (INIA-OIMT, 1996; KOLLMANN, 1999).

2.6. Descripción de la especie en estudio y su utilidad en la industria

2.6.1. Tahuarí (*Tabebuia serratifolia* Vahl G.)

2.6.1.1. Clasificación taxonómica

Se clasifica de la siguiente manera (CRONQUIST, 1981):

Reino : Plantae

División : Magnoliophyta

Clase : Magnoliopsida

Familia	: Fabaceae
Nombre científico	: <i>Tabebuia serratifolia</i>
Nombre común	: Tahuari, huayruro
Densidad básica	: 0.67 (g/cm ³)

2.6.1.2. Distribución geográfica

Se ubica principalmente en las regiones Loreto, Ucayali, Huánuco y San Martín. El tahuari habita en bosques primarios no inundados de la Amazonia y el trópico de Centro América (INIA – OIMT, 1996).

2.6.1.3. Características de la madera

La madera es de muy buena calidad, muy dura y pesada, una de las maderas Amazónicas más densas; es de color pardo a crema claro en la albura y marrón oscuro en el duramen, con grano recto a entrecruzado y textura media. Tiene muy buena durabilidad pero es difícil de aserrar por la presencia de sílice.

Color	: Marrón oscuro y pardo verdoso
Brillo	: Bajo
Grano	: Entrecruzado
Textura	: Fina
Veteado	: Arcos superpuestos

Conservación : Poco susceptible al ataque biológico

– **Aserrió y secado**

El aserrió es muy difícil por la alta dureza de la madera produce efectos de desafilado medio. La madera seca es de muy difícil trabajabilidad, sobre todo en contra de los radios. Para el clavado se recomienda perforaciones previas, el encolado es delicado, los acabados son buenos, se aconseja utilizar un tratamiento de tapa-poros. El secado el aire es lento, al igual que al horno para evitar riesgos de rajaduras y deformaciones.

– **Durabilidad**

Presenta una buena resistencia al ataque de hongos, termitas e insectos de madera seca y no requiere de preservación (INIA – OIMT, 1996; SPICHIGER y MEROZ, 1990).

2.6.1.4. Usos de la madera

Puede emplearse en pisos, durmientes, artesanías, mangos de herramientas, ebanistería, obras hidráulicas (agua dulce), torneados, carpintería de interior y exterior, carrocerías, puentes, mobiliario de jardín. Tiene muy buena durabilidad pero es difícil de aserrar por la presencia de sílice. Con ella se elabora parquet, elementos de la construcción que requieren mucha resistencia y perduración, tales como puntales y vigas, durmientes y mangos de herramientas (INIA – OIMT, 1996; KOLLMANN, 1999).

2.6.2. Tulpay (*Clarisia racemosa* Ruiz & Pav.)

2.6.2.1. Clasificación taxonómica

Según SPICHIGER y MEROZ (1990) se clasifica de la siguiente manera:

Reino	: Plantae
División	: Magnoliophyta
Familia	: Moraceae
Especie	: <i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.
Sinonimia	: <i>Clarisia nitida</i> (Allemao) J.F. Macbride., <i>Soaresia nitida</i> Allemao
Nombres comunes	: Mashonaste, tulpay, amarillo, mururé, mascajo, vitaca, moro, ají, quebracho, pituca, moral bobo, cajimán.

2.6.2.2. Distribución geográfica

La distribución de la especie fue obtenida de la literatura y de reportes de herbario e inventarios, dentro de las regiones Huánuco, Junín, Madre de Dios, Loreto, Paseo, San Martín y Ucayali, entre 0 y 500 msnm. La especie existe en cantidades altas en la Amazonía norte y en cantidades medias en la Amazonía sur del Perú.

2.6.2.3. Características de la especie

Es un árbol que alcanza hasta 40 m de altura, con altura comercial promedio de 20m y hasta 80 cm de diámetro; tronco recto cilíndrico; con raíces tablares bajas poco desarrollados (INIA – OIMT, 1996; KOLLMANN, 1999).

La corteza superficial del tronco es lisa y delgada, de color grisáceo rojizo, con lenticelas de color anaranjado; la corteza muerta se desprende en pedazos largos que se observan adheridos por algún tiempo en la superficie del tronco, por encima de los aletones; corteza muerta leñosa, corchosa, de 1.5 cm de espesor. Corteza viva de color blanco amarillento, exuda látex de color blanco (SPICHIGER y MEROZ, 1990).

2.6.2.4. Características de la madera

El tronco recién cortado presenta las capas externas de madera (albura) de color blanco amarillento y las capas internas (duramen) de color amarillo intenso (como yema de huevo) y de forma regular, observándose entre ambas capas un gran contraste de color. En la madera seca al aire la albura se toma de color marrón muy pálido HUE 8/4 10YR y el duramen amarillo rojizo HUE 6/6 5YR (Munsell Soil Color Charts) (SPICHIGER y MEROZ, 1990).

Olor : No distintivo

Lustre o brillo : Moderado a elevado

Grano : Recto a entrecruzado

Textura : Mediana

– **Veteado o figura**

En el corte tangencial presenta arcos superpuestos diferenciados y en el corte radial presenta bandas anchas, paralelas, satinadas (INIA – OIMT, 1996; KOLLMANN, 1999).

2.6.2.5. Características tecnológicas

– **Propiedades Físicas**

- Densidad básica : 0.56 g/cm^3
- Contracción tangencial : 6.30%
- Contracción radial : 3.00%
- Contracción volumétrica: 9.40 %

– **Propiedades mecánicas**

- Módulo de elasticidad en flexión : 139,000 kg/cm^2
- Módulo de rotura en flexión : 926 kg/cm^2
- Compresión paralela : (RM) 536 kg/cm^2
- Compresión perpendicular (ELP) : 76 kg/cm^2

- Corte paralelo a las fibras : 100 kg/cm²
- Dureza en los lados : 690 kg/cm²
- Tenacidad (resistencia al choque) : 2.90 kg·m

2.6.2.6. Recomendaciones técnicas

El mashonaste es madera semipesado de buena calidad, presenta contracciones lineales media y contracción volumétrica estable. La resistencia mecánica se sitúa en el límite de la categoría media con la categoría alta. La madera, es moderadamente difícil de aserrar por ser abrasiva debido a la cantidad de sílice, se recomienda aserrar lo antes posible después de ser talado, es necesario utilizar herramientas con carburo y dientes estelitados. Presenta buena trabajabilidad y es bueno en el taladrado, torneado, moldurado, en el encolado y en el clavado (SPICHIGER y MEROZ, 1990).

Al proceso de secado natural es moderadamente lento, con bajo riesgo de alabeo. Buen comportamiento al secado artificial con un programa moderado. Es resistente al ataque biológico, a los ataques de termitas e insectos de maderas secas. Presenta buena resistencia al ataque de hongos xilófagos; no requieren de preservación (INIA – OIMT, 1996).

2.6.2.7. Usos de la madera

Actualmente es usada como madera estructural en vigas, pisos, columnas, durmientes, carpintería de interiores y exteriores, construcciones,

navales, canoas, botes, carrocerías, mobiliario y parihuelas (INIA – OIMT, 1996).

2.6.3. Topa (*Ochroma pyramidale* Cav.)

2.6.3.1. Clasificación taxonómica

División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Familia	: Bombacaceae
Nombres científico	: <i>Ochroma pyramidale</i>
Nombres comunes	: Topa, palo balsa, corcho

2.6.3.2. Descripción botánica

Forma: Árbol perennifolio, de 15 a 30 m (hasta 35 m) de altura, con un diámetro a la altura del pecho de 20 a 40 cm (hasta 60 cm).

Copa ancha, abierta, redondeada o irregular. Hojas dispuestas en espiral, simples; láminas de 13 por 13 a 35 por 35 cm, grandes, casi redondas, acorazonadas, margen entero o repando; nervios principales 7 a 9, muy prominentes en el envés, pecíolo café rojo.

Tronco recto y cilíndrico, con raíces tubulares pequeñas en los troncos grandes (contrafuertes). Pocas ramas gruesas ascendentes, extendidas y distanciadas.

Corteza externa lisa con algunas cicatrices lineares protuberantes, parda a pardo grisácea, con lenticelas pequeñas, suberificadas y protuberantes. Interna de color crema amarillento a rosado, cambiando a pardo rosado, fibrosa. Grosor total: 8 a 12 mm.

Flores grandes, solitarias, axilares, sobre pedúnculos largos; ligeramente perfumadas, pétalos amarillo pálidos con los bordes rojizos. Fruto cápsulas de 15 a 25 cm de largo por 3 a 5 cm de ancho, verdosas semileñosas, negras cuando maduran, alargadas, con 8 a 10 costillas longitudinales prominentes, muestran ranuras y están divididas en 5 partes; conteniendo de 500 a 800 semillas. Semillas elongadas muy pequeñas, de 2.5 a 4 mm de largo por 1 a 1.5 de ancho, que presentan un extremo acuminado, son muy ligeras, morenas, opacas, rodeadas por un abundante vello sedoso de color café amarillento (SPICHIGER y MEROZ, 1990).

2.6.3.3. Importancia ecológica

Especie secundaria, muy apropiada para introducir su cultivo en acahuales y terrenos abandonados (producto del sistema roza-tumba-quema). Forma generalmente rodales puros (INIA – OIMT, 1996; KOLLMANN, 1999).

2.6.3.4. Fenología

Su follaje es perennifolio; florece de diciembre a marzo. Los frutos maduran de marzo a junio y polinización. La flor de esta especie está marcadamente adaptada a la polinización por murciélagos.

2.6.3.5. Aspectos fisiológicos

Es una especie de muy rápido crecimiento. Los árboles llegan a su madurez entre los 6 y 10 años, creciendo a veces hasta 3 m de altura en un año.

Los árboles pueden alcanzar un crecimiento de 15 a 18 m y un diámetro de 60 a 75 cm en 5 ó 6 años. Su ciclo de vida es corto (7 años), de fácil establecimiento, sobre todo en áreas quemadas.

2.6.3.6. Semilla

Tipo de semilla es ortodoxa; las semillas se conservan bien por varios meses. Para almacenarlas por más tiempo (durante 4 años) es mejor colocarlas en un ambiente seco y guardarlas en envases herméticamente sellados (INIA – OIMT, 1996; KOLLMANN, 1999).

2.6.3.7. Usos de la madera

Uso artesanal (madera) en la elaboración de artesanías y juguetes, construcción (madera); en construcción rural, fibras (fruto). El algodón del interior de los frutos sirve para relleno de almohadas, cojines, colchones, sofás, canoas, partes de aeroplanos, flotadores de redes, salvavidas, sogas, sombreros de fieltro, y maderable (madera).

Es una madera extremadamente liviana (pesa menos que el corcho; su peso específico es 0.22). Es fuente de madera de "balsa", ideal en

la fabricación de artículos atlético-deportivos (deslizadores), aeromodelismo, revestimiento interior de habitaciones para amortiguar sonidos, decoración de interiores, planchas aisladoras. Por su rápido crecimiento y condiciones en las que crece, resulta un recurso maderable susceptible de explotación inmediata.

2.7. Influencia de la densidad básica en la madera

CATIE (2003) menciona que la densidad básica, es la masa de una sustancia dividida por unidad de volumen, generalmente medidas en gr/cm^3 . La densidad básica describe parte de las propiedades físicas de una sustancia, así por ejemplo la densidad de agua es 1 g/cm^3 .

KOLLMANN (1999) reporta que la densidad de la madera tiene gran influencia en las propiedades físicas y/o mecánicas como, indica que una madera con densidad alta es importante para el uso en parquet; una de densidad baja como material aislante y que las características más sobresalientes de la madera es su baja densidad comparada con su durabilidad.

El sistema de clasificación de las maderas clasificado en 3 grupos de densidad básica: práctico empleado, corresponde a la agrupación de las maderas según su densidad básica, según este sistema de clasificación de las maderas clasificado en 3 grupos de densidad básica (INIA – OIMT, 1996).

LOCK – UGAS (1994) indica que la densidad u otras características físicas de la madera no afectan apreciablemente la resistencia a

la pudrición, la alta resistencia a la pudrición es asociada al mayor peso de muchas maderas duras tropicales, pero realmente es debido a los extractivos presentes en estas maderas.

Cuadro 1. Grupos de densidades básicas para maderas.

Grupo	Densidad
I. Baja	< 0.40 g/cm ³
II. Medio	de 0.41 g/cm ³ a 0.60 g/cm ³
III. Alto	> 0.61 g/cm ³

Fuente: Guía de prácticas del curso propiedades físicas y mecánicas de la madera – RNR – UNAS – 2007.

La densidad de la madera no es un factor determinante de la resistencia de la madera a diversos agentes, indicando asimismo que cuando se da esta relación es porque la densidad está relacionada directamente con el porcentaje de extractivos (OIMT – CNF e INRENA, 1996).

REYNEL (2003) manifiesta que el contenido de químicos tóxicos determina significativamente las cualidades de resistencia de la madera.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el laboratorio de Fitoquímica de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, las muestras de madera fueron extraídas del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva ubicada en la ciudad de Tingo María.

3.1.1. Área del Bosque Reservado de la UNAS

El Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS) corresponde a un área de 217.22 ha y un perímetro de 6935.36 m; ubicado a 1.5 km de la ciudad de Tingo María, en la margen izquierda de la carretera hacia la ciudad de Huánuco. El área pertenece políticamente al distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, región Huánuco (Figura 7).

3.1.2. Condiciones climáticas del Bosque Reservado de la UNAS

Respecto al clima del área de estudio, presenta alta pluviosidad con una precipitación anual promedio de 3428.8 mm. Las mayores precipitaciones se producen entre los meses de septiembre a abril y alcanza un

máximo extremo en el mes de enero con un promedio mensual de 483.6 mm.

Con una humedad relativa de 87% y una temperatura media anual de 24°C.

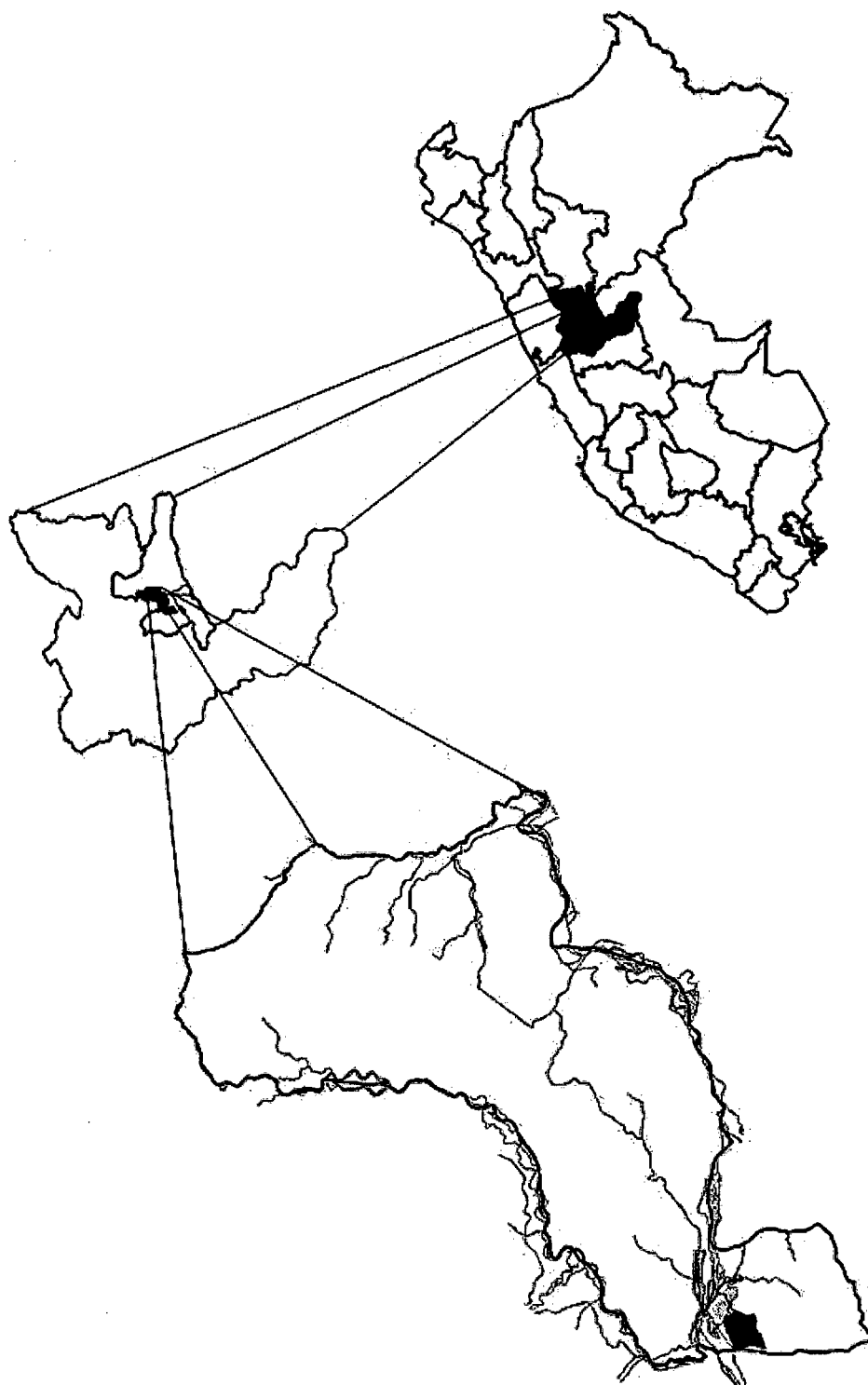


Figura 7. Ubicación política del BRUNAS.

3.1.3. Ecología

Ecológicamente de acuerdo a la clasificación de zonas de vida o formaciones vegetales del mundo y el diagrama bioclimático de HOLDRIDGE (1982), Tingo María se encuentra en la formación vegetal bosque muy húmedo Pre-montano Sub Tropical bmh-PST, y de acuerdo a las regiones naturales del Perú corresponde a Rupa Rupa o Selva Alta.

3.1.4. Composición florística

Son pocos los estudios cuantitativos sobre la diversidad forestal del BRUNAS dentro de los cuales se incluye el trabajo realizado por RODRÍGUEZ (2000), quien menciona que la especie huanganacaspi (*Senefeldera inclinata*) es dominante en el bosque primario del BRUNAS, seguido de las especies siringa (*Hevea brasiliensis* (Will) M.Arg. S.V.), cicotria (*Psychotria caerulea* R. & P.), huamansamana (*Jacaranda copaia* (c. Mart. Ex Ad. DC) A. Gentry), caimito (*Pouteria caimito* (Ruiz López-Pavón) Radlk), cetico (*Cecropia sciadophylla* C. Martius), cumala (*Viola pavonis* (ADC) A.C. Smith), apuleya (*Apuleia leiocarpa* (J. Vogel) J.F. Macbride), y mohena (*Nectandra magnoliifolia* Mez).

Mientras que en la parte de bosque secundario del BRUNAS la especie shimbillo (*Inga alba* (Swartz) Will) es la que presenta mayor número de individuos seguido de sacha uva (*Schefflera morototomi* (Aublet), quina (*Cinchona officinalis* L. Micrantha), paliperro (*Vitex psedolea* L.), machimango (*Couratori macrosperma* A. C. Smith), carahuasca (*Guatteria modesta* R. E. Fries), cumala (*Iryanthera tricornis*), renaco (*Ficus killipii* (ARG) ARG.), moena

(*Persea grandis* Mez.), papaya caspi (*Jacaratia digitata* (OPEP end Soldin Mart)), mauba (*Vochyssia lomathophylla* Stand.), tortuga caspi negra (*Marilala xiflora* Rugby), y caimitillo (*Pourouma minor* Benoist).

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Material biológico

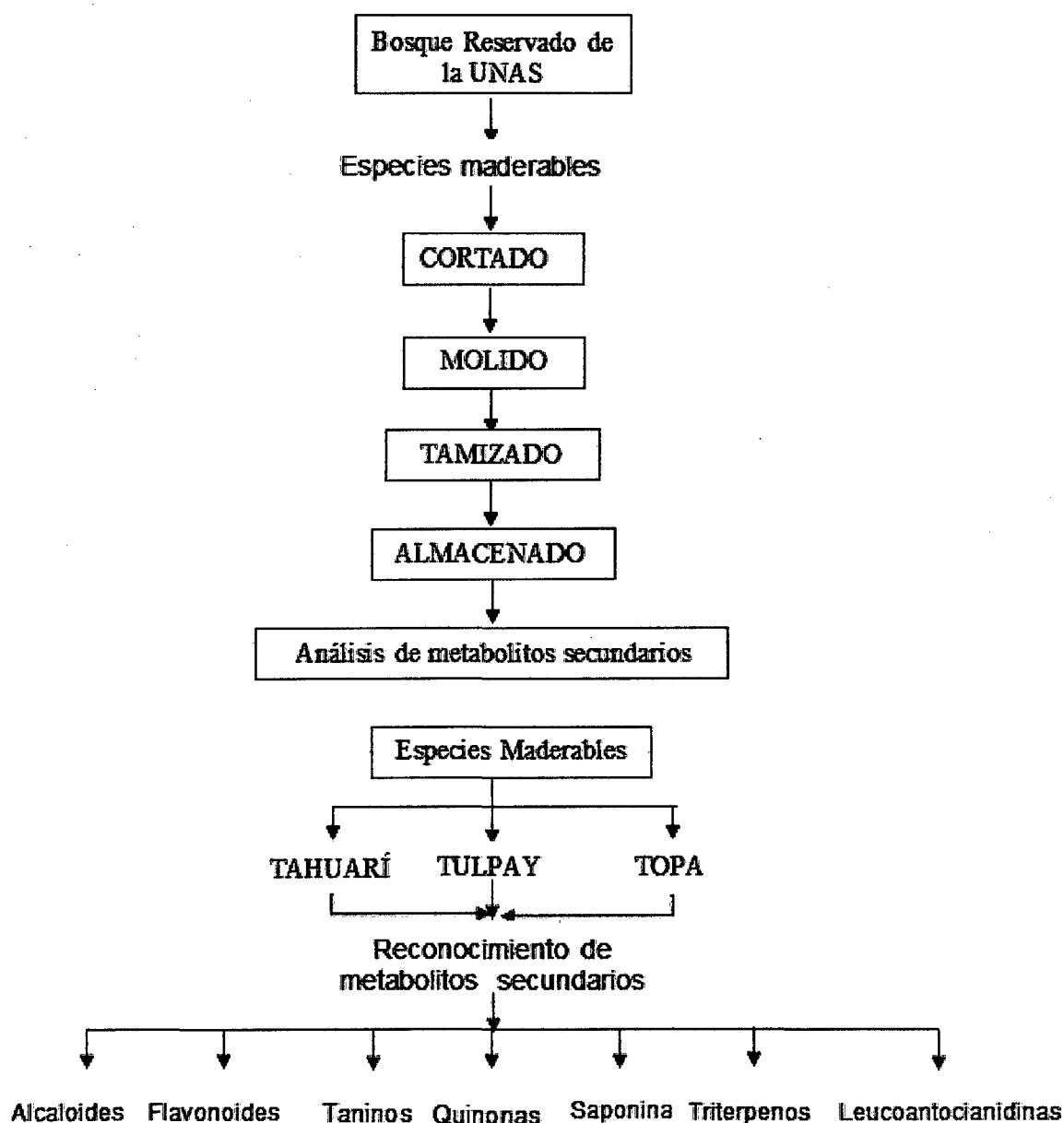
Tulpay (*Clarisia racemosa* Ruiz & Pavon), tahuarí (*Tabebuia serratifolia* Valhl G.), y topa (*Ochroma pyramidale* Cav.)

3.2.2. Material y equipo de campo

Motosierra, pintura, GPS, baño María, estufa, centrifuga, computadora equipado con programas y software: Microsoft office 2007.

3.2.3. Material de laboratorio

Matraz Erlemeyer, tubos de ensayo, pipetas, vasos de precipitación, balanza analítica, lunas de reloj, cuchillo, 150 ml de HCl al 5%, 1 ml de peróxido de hidrógeno al 20%, 50 ml de acetato de plomo al 4% con ácido acético al 5%, 2 ml de Urea 10 M, gotas de cloruro férrico al 10%, 2 ml de ácido sulfúrico al 50%, 2 ml de solución de NaOH al 5% con amoniaco al 2%, reactivo de dragendorf, valser, mayer y reineckato de amonio, reactivo de gelatina – sal, reactivo de Kedde soluciones A y B, 200 ml de etanol, 50 ml de diclorometano, 5 ml de benceno, 2 ml de anhídrido acético, ácido sulfúrico cc, ácido clorhídrico cc, limaduras de magnesio y sulfato de sodio anhidro.



3.3. Metodología

3.3.1. Reconocimientos de metabolitos secundarios

3.3.1.1. Reconocimiento de alcaloides

Se aplicó la metodología mencionada por MARTINEZ *et al.* (2002):

Se desmenuzó finamente unos 10 g de muestra fresca y la cual fue colocada

en un Erlemeyer. Se añadió un volumen suficiente de HCl al 5% para toda la muestra, estuvo en contacto con la solución ácida. Se calentó con agitación al baño María durante 5 minutos. Se enfrió y filtró. Se colocó en 4 tubos de ensayo 2 ml de filtrado ácido. Se añadió a cada uno dos gotas de los reactivos de Dragendorff, Mayer, Valser y Reineckato de amonio. Si observa turbidez o precipitados por lo menos en tres tubos, se consideró que la muestra contiene alcaloides.

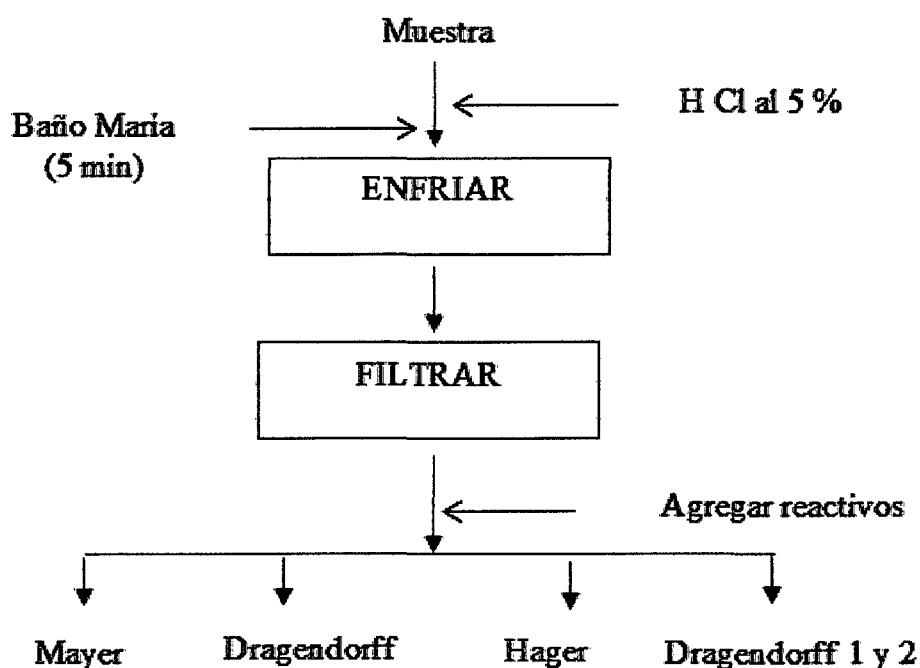


Figura 8. Flujograma para el reconocimiento de alcaloides.

3.3.1.2. Reconocimiento de flavonoides, leucoantocianidinas y cardiotónicos

Se aplicó la metodología mencionada por MARTINEZ *et al.* (2002):

En un Erlenmeyer, se colocó 10 g de muestra fresca finamente desmenuzada.

Se añadió un volumen suficiente de alcohol etílico que cubra toda la muestra y le confiera fluidez; calentando al baño María durante 5 minutos, con agitación. Enfriar, filtrar, al filtrado se añadió un volumen igual de solución de acetato de plomo al 4% que contenga ácido acético al 0.5%, luego se agitó. Dejando en reposo 15 minutos se filtró. Con el filtrado se realizó ensayos de reconocimiento de flavonoides, leucoantocianidinas y cardiotónicos.

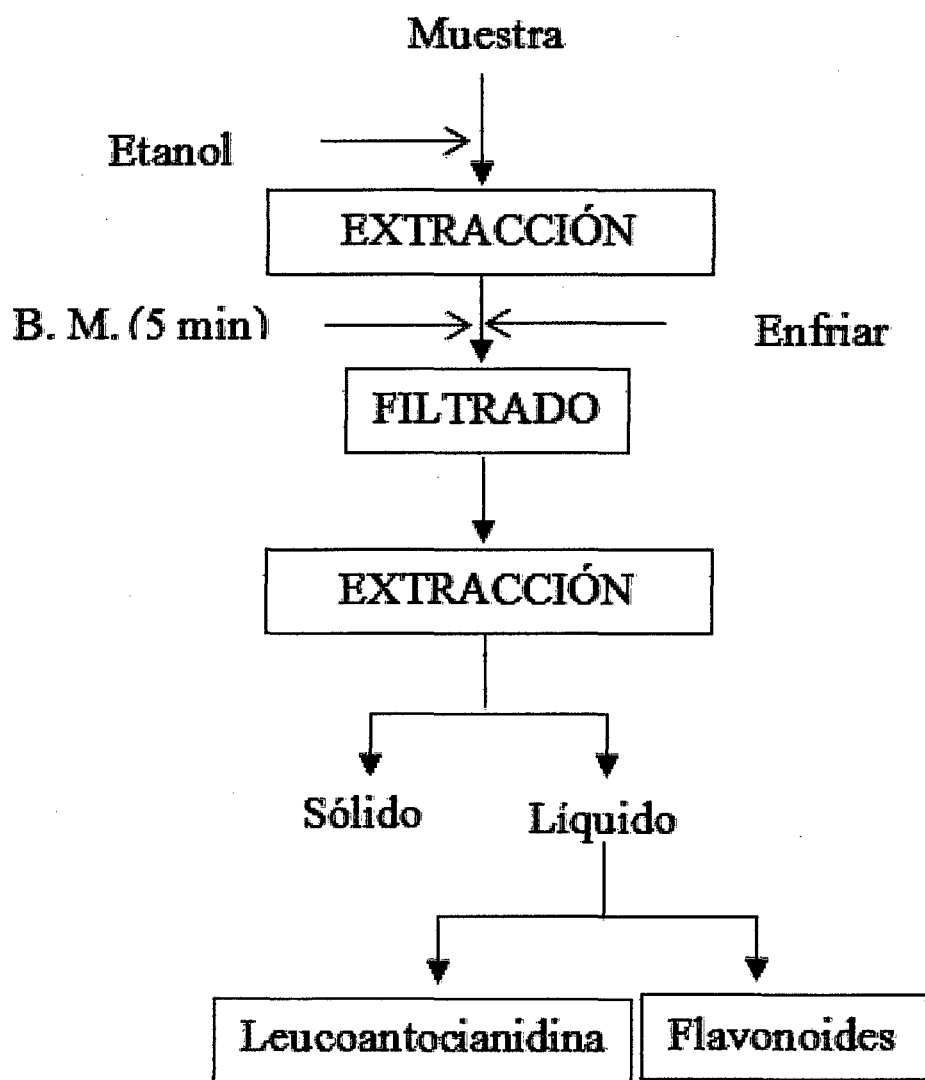


Figura 9. Flujograma para el reconocimiento de flavonoides, leucoantocianidinas y cardiotónicos.

– Ensayo para flavonoides

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

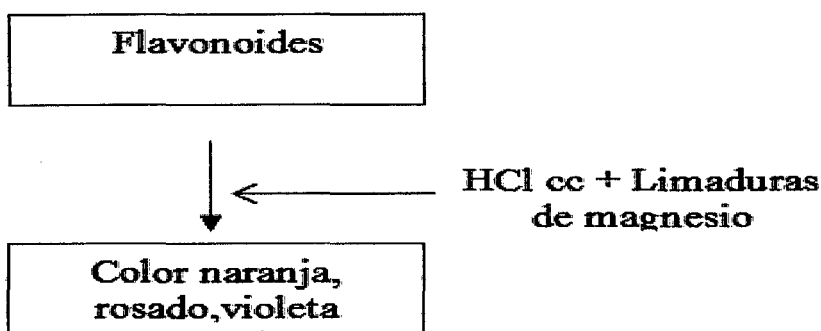


Figura 10. Flujograma para el reconocimiento de flavonoides.

– Ensayo para leucoantocianidinas

Se colocó 2ml del filtrado en un tubo de ensayo, se añadió 1 ml de ácido clorhídrico, se calentó en baño de agua hirviendo durante 15 minutos. La aparición de coloraciones rojas fue prueba positiva de la existencia de leucoantocianidinas en la muestra.

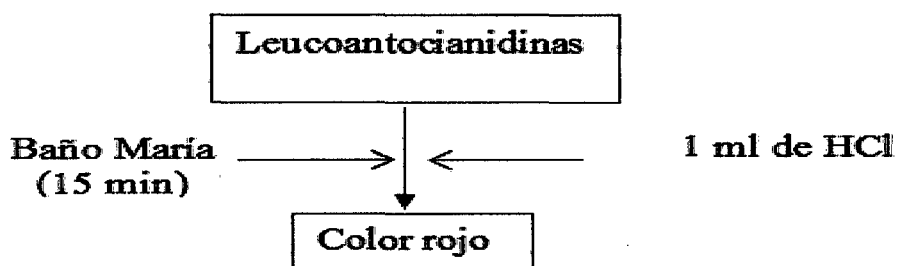


Figura 11. Flujograma para el reconocimiento de leucoantocianidinas.

3.3.1.3. Reconocimiento de saponinas, taninos, esteroides y/o triterpenoides y quinonas

Se aplicó la metodología mencionada por MARTINEZ *et al.* (2002):

En un frasco de Erlenmeyer se colocó unos 75 g de muestra fresca finamente desmenuzada. Añadiendo un volumen suficiente de alcohol. Calentando al baño María durante unos 10 minutos con agitación, luego se filtró en caliente. Se concentró hasta la mitad del volumen en el filtrado.

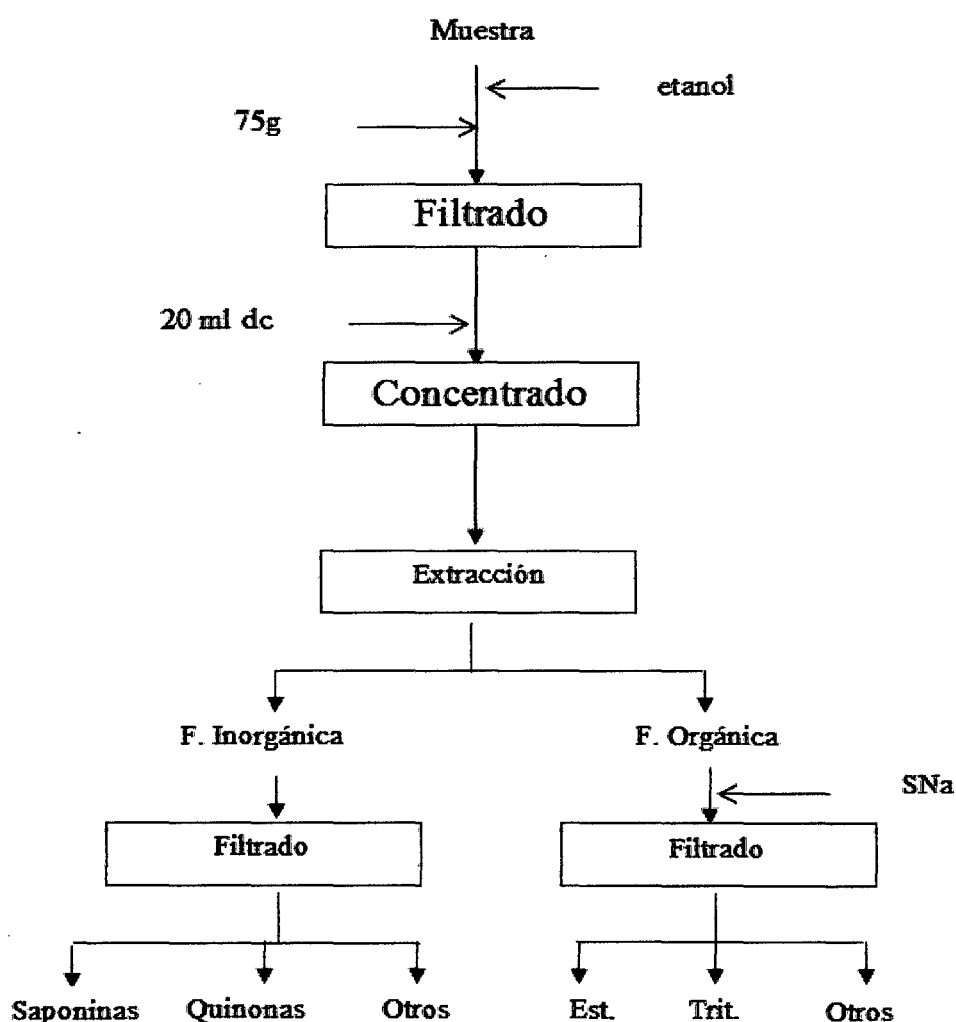


Figura 12. Flujograma para el reconocimiento de saponinas, taninos, esteroides y/o triterpenoides y quinonas

Se trasvasó a un embudo de separación 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 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 y se filtró, con el filtrado, se realizó el ensayo para triterpenoides o esteroides.

– Ensayo para saponinas

Se agitó en un tubo de ensayo tapado, unos 4 ml del filtrado acuoso, vigorosamente durante 1 minuto. La formación de espuma abundante y estable es prueba presuntiva de la presencia de saponinas en la muestra.

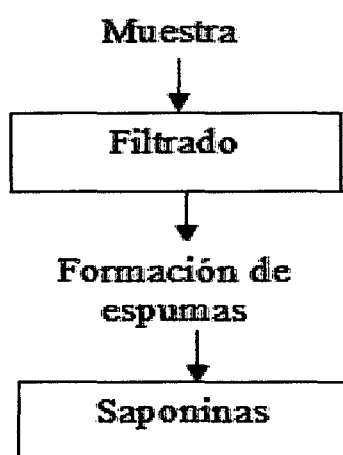


Figura 13. Flujograma para el reconocimiento de saponinas.

– Ensayo para taninos

Se tomó 1 ml del filtrado acuoso en un tubo de ensayo, añadiendo 1 ml del reactivo de gelatina – sal. Si se forma un precipitado, centrifugar a

2000 RPM durante 5 minutos (desechando el sobrenadante). Redisolviendo el precipitado en 2 ml de urea 10 M. Se añadió 2 – 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 es prueba positiva de la presencia de taninos en la muestra.

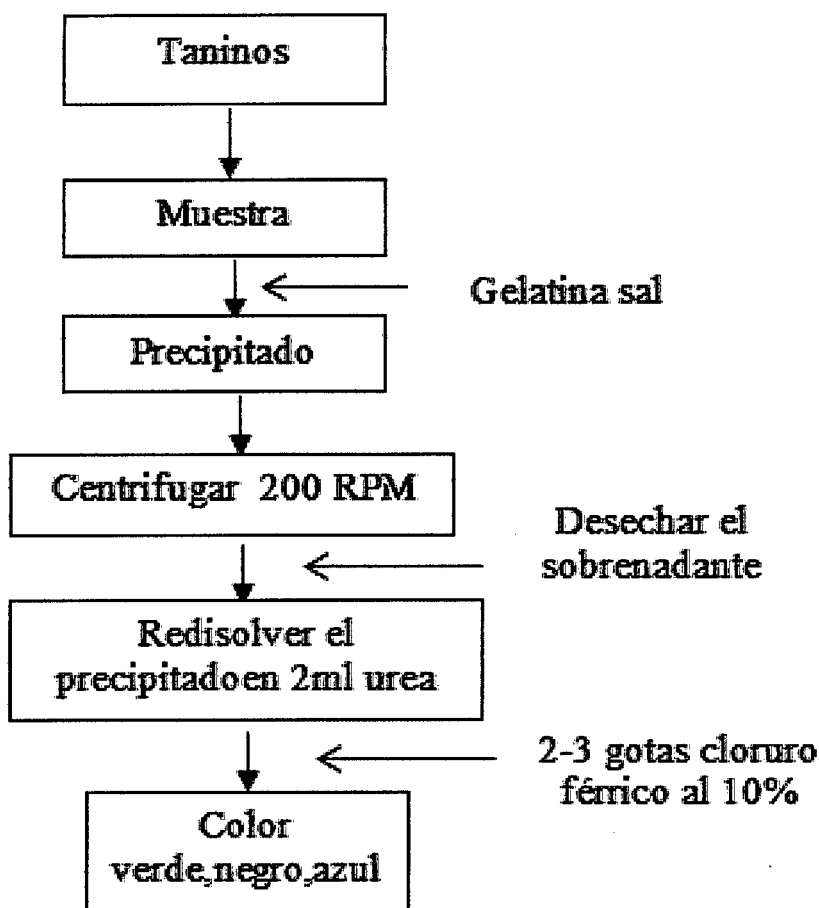


Figura 14. Flujograma para el reconocimiento de taninos.

– Ensayo para triterpenos y/o esteroides

En un tubo de ensayo limpio y completamente seco, se colocó 1 ml del filtrado orgánico, luego se añadió 1 ml de anhídrido acético, por la pared del

tubo de ensayo con mucha precaución, después se dejó rebalsar 1 – 2 gotas de ácido sulfúrico concentrado. La formación de colores azules, violetas, rojos o verdes es prueba positiva de que la muestra contiene esteroides y/o triterpenoides.

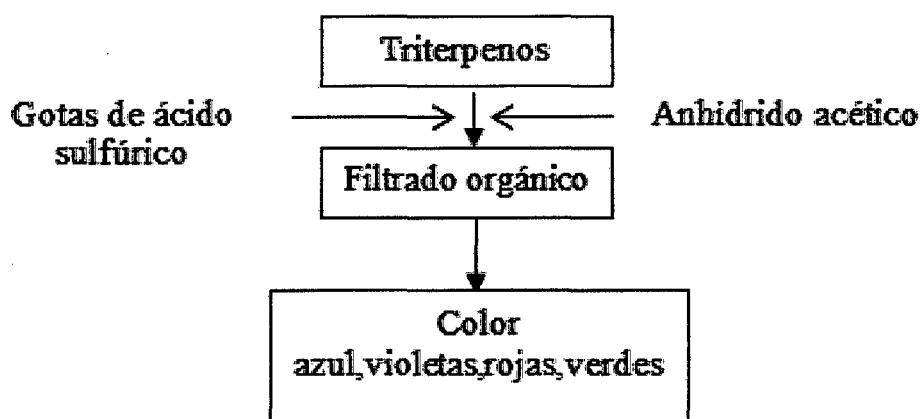


Figura 15. Flujograma para el reconocimiento de esteroides y/o triterpenos.

– Ensayo para quinonas: Ensayo con una fracción

Se colocó en un tubo de ensayo unos 5 ml de filtrado acuoso, luego se añadió 1 ml de peróxido de hidrógeno al 20% y 1 ml de ácido sulfúrico al 50%, calentando la mezcla en un baño de agua hirviendo durante 15 minutos. Se enfrió y añadió 5 ml de tolueno para luego agitarlo sin emulsionar. Recuperando así la fase toluénica haciendo trasvasar 2 ml fase toluénica a un tubo de ensayo. Se añadió 1 ml de una solución de NaOH al 5 % con amoníaco se agito sin emulsionar. Si la capa acuosa toma una coloración rosada a roja a roja intensa es prueba positiva de la presencia de quinonas en la muestra.

– Ensayo para quinonas: Ensayo directo

Se colocó 1 g muestra fresca (o 1 g de muestra seca y molida), en un sistema de reflujo agregando 5 ml de HCl al 5%. Luego reflejar 5 minutos. Dejar enfriar y filtrar. Con el filtrado acuoso se procedió como se describe para el ensayo con una fracción acuosa.

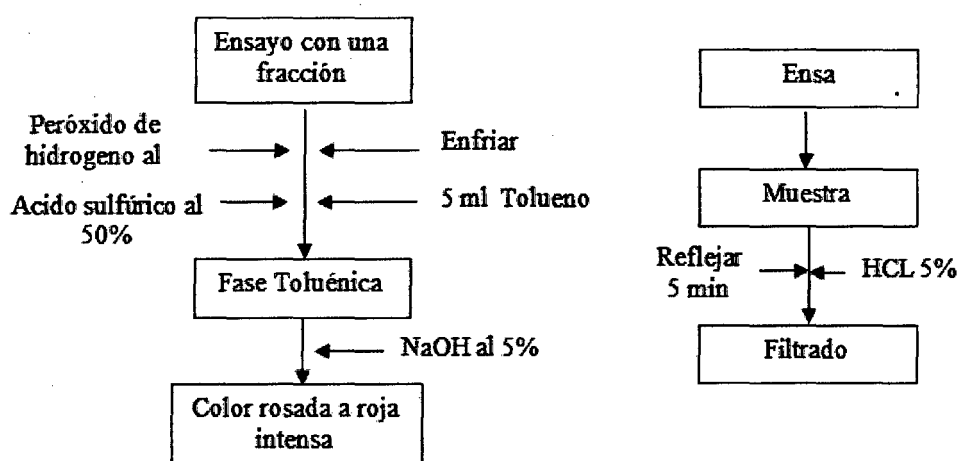


Figura 16. Flujograma para el reconocimiento de quinonas: ensayo con una fracción y quinonas: ensayo directo.

IV. RESULTADOS

4.1. Determinación cualitativa de alcaloides

En el Cuadro 2 se muestra que los alcaloides son muy dependientes de la densidad básica de la madera, ya que el tahuari y tulpay contienen este elemento en su estructura interna, mientras que la topa contiene a muy escasa a nulo alcaloides en su estructura.

Cuadro 2. Presencia de alcaloides en algunas especies maderables.

Nombre vulgar	Nombre científico	Densidad (g/cm ³)	Resultado
Tahuari	<i>Tabebuia serratifolia</i>	0.67	+++++
Tulpay	<i>Clarisia racemosa</i>	0.56	++++
Topa	<i>Ochroma pyramidale</i>	0.22	+

Los símbolos indican el nivel en que se encuentran los metabolitos secundarios.

+++++ (abundante) ++++ (moderado) +++ (escaso) + (dudoso) - (nulo)

Escala ordinal empleada por CARBAJAL *et al.* (2009).

4.2. Determinación cualitativa de flavonoides

Los flavonoides son indiferentes a la densidad básica de la madera, y son más dependientes del tipo de especies forestales, ya que se ha encontrado que tienen flavonoides la especie tulpay, mientras que las especies de tahuari y topa no tienen este metabolito (Cuadro 3).

Cuadro 3. Presencia de flavonoides en algunas especies maderables.

Nombre vulgar	Nombre científico	Densidad (g/cm ³)	Resultado
Tahuari	<i>Tabebuia serratifolia</i>	0.67	+++++
Tulpay	<i>Clarisia racemosa</i>	0.56	+++++
Topa	<i>Ochroma pyramidale</i>	0.22	+

Los símbolos indican el nivel en que se encuentran los metabolitos secundarios.

+++++ (abundante) ++++ (moderado) +++ (escaso) + (dudoso) - (nulo)

Escala ordinal empleada por CARBAJAL *et al.* (2009).

4.3. Determinación cualitativa de leucoantocianidinas

En el Cuadro 4 se puede apreciar que la *Tabebuia serratifolia* (tahuari) tiene leucoantocianidinas, mientras que las especies *Clarisia racemosa* (tulpay) y *Ochroma pyramidale* (topa) no tienen leucoantocianidinas; la cual mostrando una relación con respecto a la densidad básica de la madera, quiere decir entonces que la madera de densidad básica de media a baja no presenta este metabolito, mientras que de densidad alta si presenta.

Cuadro 4. Presencia de leucoantocianidinas en algunas especies maderables.

Nombre vulgar	Nombre científico	Densidad (g/cm ³)	Resultado
Tahuari	<i>Tabebuia serratifolia</i>	0.67	+++++
Tulpay	<i>Clarisia racemosa</i>	0.56	++++
Topa	<i>Ochroma pyramidale</i>	0.22	-

Los símbolos indican el nivel en que se encuentran los metabolitos secundarios.

+++++ (abundante) ++++ (moderado) +++ (escaso) + (dudoso) - (nulo)

La leucoantocianidinas debido a su alta toxicidad, juegan un papel importante en el mecanismo de defensa de las plantas (SANTIZO, 2004). Pero tener este tipo de elementos en su estructura de la planta tiene ventajas como desventajas, así como la trabajabilidad de la madera, por lo que el tulpay y la topa son mucho más trabajables en comparación del tahuari, ya que impide la buena adherencia a las pinturas y retardando el secado de la madera.

4.4. Determinación cualitativa de saponinas

De acuerdo al Cuadro 5 se muestra que la especie *Clarisia racemosa* (tulpay) tiene saponinas, mientras que las especies de *Tabebuia serratifolia* (tahuari) y *Ochroma pyramidale* (topa) no tienen saponinas; la cual se puede corroborar que no existe una relación del contenido de saponinas con respecto a la densidad básica de la madera, por lo que son dependiente únicamente del tipo de especies forestales.

Cuadro 5. Presencia de saponinas en algunas especies maderables.

Nombre vulgar	Nombre científico	Densidad (g/cm ³)	Resultado
Tahuari	<i>Tabebuia serratifolia</i>	0.67	+++
Tulpay	<i>Clarisia racemosa</i>	0.56	+++++
Topa	<i>Ochroma pyramidale</i>	0.22	-

Los símbolos indican el nivel en que se encuentran los metabolitos secundarios.

+++++ (abundante) ++++ (moderado) +++ (escaso) + (dudoso) - (nulo)

Escala ordinal empleada por CARBAJAL *et al.* (2009).

4.5. Determinación cualitativa de taninos

De acuerdo al Cuadro 6 se muestra que la especie *Tabebuia serratifolia* (tahuari) tiene taninos, mientras que las especies de *Clarisia racemosa* (tulpay) y *Ochroma pyramidale* (topa) no tienen taninos; la cual se puede corroborar que existe una relación del contenido de taninos con respecto a la densidad básica de la madera.

Por lo que las especies de densidad básica alta tienen contenidos de taninos; mientras que las especies de densidad básica baja a media, no tienen contenido de taninos las especies forestales. Esta relación no es genérica ya que también dependen de muchos factores intrínsecos y externos.

Cuadro 6. Presencia de taninos en algunas especies maderables.

Nombre vulgar	Nombre científico	Densidad (g/cm ³)	Resultado
Tahuari	<i>Tabebuia serratifolia</i>	0.67	+++++
Tulpay	<i>Clarisia racemosa</i>	0.56	+++
Topa	<i>Ochroma pyramidale</i>	0.22	-

Los símbolos indican el nivel en que se encuentran los metabolitos secundarios.

+++++ (abundante) ++++ (moderado) +++ (escaso) + (dudoso) - (nulo)

Escala ordinal empleada por CARBAJAL *et al.* (2009).

4.6. Determinación cualitativa de triterpenos

De acuerdo al Cuadro 7 se muestra que la especie *Tabebuia serratifolia* (tahuari) y *Clarisia racemosa* (tulpay) tiene triterpenos, mientras que

la especie *Ochroma pyramidale* (topa) no tienen triterpenos; la cual se puede corroborar que existe una relación del contenido de triterpenos con respecto a la densidad básica de la madera, por lo que las especies de densidad básica alta y media tienen contenidos de triterpenos; mientras que las especies de densidad básica baja, no tienen contenido de triterpenos las especies forestales.

Esta relación no es genérica ya que también dependen de muchos factores intrínsecos y externos del sistema.

Cuadro 7. Presencia de triterpenos en algunas especies maderables.

Nombre vulgar	Nombre científico	Densidad (g/cm ³)	Resultado
Tahuari	<i>Tabebuia serratifolia</i>	0.67	++++
Tulpay	<i>Clarisia racemosa</i>	0.56	++++
Topa	<i>Ochroma pyramidale</i>	0.22	+

Los símbolos indican el nivel en que se encuentran los metabolitos secundarios.

+++++ (abundante) ++++ (moderado) +++ (escaso) + (dudoso) - (nulo)

Escala ordinal empleada por CARBAJAL *et al.* (2009).

4.7. Determinación cualitativa de quinonas

De acuerdo al Cuadro 8 se muestra que la especie *Tabebuia serratifolia* (tahuari) y *Clarisia racemosa* (tulpay) tiene quinonas, mientras que la especie *Ochroma pyramidale* (topa) no tienen quinonas; la cual se puede

corroborar que existe una relación del contenido de quinonas con respecto a la densidad básica de la madera

Por lo que las especies de densidad básica alta y media tienen contenidos de quinonas; mientras que las especies de densidad básica baja, no tienen contenido de quinonas las especies forestales. Esta relación no es genérica ya que también dependen de muchos factores intrínsecos y externos del ecosistema.

Cuadro 8. Presencia de quinonas en algunas especies maderables.

Nombre vulgar	Nombre científico	Densidad (g/cm ³)	Resultado
Tahuari	<i>Tabebuia serratifolia</i>	0.67	++++
Tulpay	<i>Clarisia racemosa</i>	0.56	+++++
Topa	<i>Ochroma pyramidale</i>	0.22	-

Los símbolos indican el nivel en que se encuentran los metabolitos secundarios.

+++++ (abundante) ++++ (moderado) +++ (escaso) + (dudoso) - (nulo)

Escala ordinal empleada por CARBAJAL *et al.* (2009).

V. DISCUSIÓN

PALAZON (2010) sostiene que todas las especies forestales contienen alcaloides, solo que en diferente proporción. Los alcaloides cumplen funciones en las especies forestales como defensas naturales contra organismos unicelulares y pluricelulares, por lo que ayuda en su desarrollo fisiológico; es por ello que las especies de baja densidad básica son más susceptible a los ataques de los hongos y otros organismos: mientras que las especies de densidad básica alta y media son más resistentes a los ataques de los insectos y hongos (HARBORNE, 1999).

LEON y ESPINOZA (2001) y OTERO (1988) mencionan que este metabolito secundario es imprescindible en el crecimiento de las plantas y que en altas concentraciones, mayor será la defensa en las plantas, lo cual es corroborado por LEÓN y ESPINOZA (2001). PASHIN y DE ZEEUW (1980) considera que estos elementos influyen en las propiedades de la madera, los olores y colores típicos, y su ausencia limitaría a las características anatómicas.

Por el hecho de contener en su estructura este metabolito, estos desempeñan un papel clave en la bioquímica de las plantas, ya que actúan como reguladoras y mensajeras, llevan información intercelular y se relacionan con la respuesta hormonal de la planta (SANTIZO, 2004); quiere decir entonces que las especies de media a alta densidad básica tienen una alta probabilidad

de resistir a los cambios y amenazas ambientales, siendo eficientes para proyectos de reforestación (VILLACIDE *et al.*, 2009).

MARTINEZ (2002) manifiesta que los flavonoides desempeñan un papel muy importante en la fisiología vegetal, pero de la amplia gama de efectos se le atribuye por su acción venotónica, su efecto antioxidante y su capacidad de inhibir diversos procesos enzimáticos relacionados con el tejido vascular (LOPEZ *et al.*, 2009); estos metabolitos también son responsables de las muchas coloraciones de las plantas con lo cual facilitan con la polinización; y que de acuerdo a los resultados se puede decir que existen flavonoides incoloros.

Entonces quiere decir que la topa y el tahuari son especies especiales ya que no pueden regular el crecimiento, mientras que el tulpay si puede regular su crecimiento.

La leucoantocianidinas debido a su alta toxicidad, juegan un papel importante en el mecanismo de defensa de las plantas (SANTIZO, 2004). Pero tener este tipo de elementos en su estructura de la planta tiene ventajas como desventajas, así como la trabajabilidad de la madera, por lo que el tulpay y la topa son mucho más trabajables en comparación del tahuari, ya que impide la buena adherencia a las pinturas y retardando el secado de la madera.

Pero también se puede apreciar que las especies que tiene este elemento, producen manchas negras, siendo antiestéticas, ocasionando

deterioro estético y pérdida de valor decorativo (DIEGUEZ, 2010), cosa que no ocurre con las especies de tulpay y la topa.

GONZALES (1996) menciona que no existe evidencia de que las leucoantocianinas tengan una función establecida en los procesos fisiológicos de las plantas. Sin embargo en concentraciones debidas tienen mecanismos de protección de la planta contra plagas, hongos de pudrición o como agente alelopático; el tahuari tiene esta ventaja en comparación de las especies de tulpay y topa, ya que son más susceptibles al ataque de organismos externos como hongos e insectos; entonces quiere decir que para proyectos de reforestación el tahuari es ideal, ya que tendría un potencial de aproximadamente del 100% de prendimiento.

SANTIZO (2004) menciona que las saponinas son un grupo de glicósidos que se disuelven en agua y disminuyen la tensión superficial, la cual implica que al mover bruscamente las soluciones se forman espumas.

Las saponinas poseen, también, una estructura compleja formada por un núcleo esteroidal hidrofóbico e hidrofílica, tiene propiedades hemolíticas; también tienen propiedades antimicóticas y antivirales; quiere decir entonces que las especies forestales que cuentan con este metabolito son resistentes a los hongos y a los virus del medio ambiente, como sucede así para la especie del tulpay, cosa que no sucede para las especies de tahuari y topa. Los heterotósitos saponínicos, por su importancia biológica e industrial son bastante estudiados, por lo que también los frutos del tulpay antes eran usados

como jabones naturales, ya que producían espumas y servían para lavar la ropa y otros utensilios.

SANTIZO (2004) menciona que los taninos son compuestos fenólicos, teniendo propiedades astringénicas, la cual precipitan las proteínas y tiene la capacidad de curtir la piel, corroborando con las características del tahuari, mientras que el tulpay y la topa no tiene propiedades astringénicas. Una de las propiedades es defensiva frente a los insectos, agallas, maduración de frutos, la cual también son cualidades del tahuari, a comparación del tulpay y topa, ya que son mucho más sensibles al ataque de los insectos.

Las acciones farmacológicas más interesante de las especies con contenido de taninos son: antimicrobianos, anti fúngicos, inhibidores enzimáticos, antídotos de alcaloides y metales pesados (OVIEDO, 1997); cualidades que tiene la planta para soportar cambios bruscos del ambiente, por lo que son más resistentes para los proyectos de reforestación.

CAMPOS (2007) menciona que esta gran clase de moléculas incluye a los brassinoesteroides, componentes de la membrana celular que son los llamados fitoesteroles, algunas fitoalexinas, varias toxinas, y son componentes de las ceras de la superficie de las plantas.

Algunos triterpenos tiene funciones en el crecimiento y desarrollo fisiológico de las plantas forestales, también actúan como toxinas y repelentes para los insectos y mamíferos, teniendo una capacidad de insecticida, lo que sucede para las especies de tahuari y tulpay, mientras que la topa no tiene

estas propiedades; las especies forestales que contienen este metabolito ayuda o contribuye a disminuir el colesterol en los animales y en el hombre, por lo tanto siendo una planta medicinal (CAMPOS, 2007).

SANTIZO (2004) menciona que las quinonas son dicetonas insaturadas que por reducción se convierten en poli fenoles y que son generadas por oxidación, son abundantes en la estructura celular de las especies forestales, tienen colores característicos y van del amarillo al violeta, lo que corrobora a los colores del xilema del tahuari y del tulpay, mientras que el de la topa no tiene las coloraciones provocadas por las quinonas; también las quinonas poseen una actividad microbiana y antitumoral, por lo que son mucho más resistentes las especies que contienen este metabolito.

Las quinonas también cumplen funciones fisiológicas dentro de las estructuras de las especies forestales, como es en el caso de aceptor de electrones en cadenas de electrones como las de los fotosistemas I y II de la fotosíntesis, también actúan como agente oxidante como en algunos casos también como agente reductor (OVIEDO, 1997).

VI. CONCLUSIONES

1. Se ha determinado que la especie de *Tabebuia serratifolia* (tahuari) de densidad básica alta, cuenta con la presencia de alcaloides, taninos, triterpenos, quinonas, y leuco antocianidinas.
2. Se ha determinado que la especie *Clarisia racemosa* (tulpay) de densidad básica media, cuenta con la presencia de alcaloides, flavonoides, triterpenos, quinonas y saponinas.
3. La especie *Ochroma pyramidale* (topa) de densidad básica baja, presenta a muy escaso o nulo metabolito secundario.
4. La mayor presencia cualitativa de los metabolitos secundarios fueron en las especies de alta y media densidad básica *Tabebuia serratifolia* (tahuari), *Clarisia racemosa* (tulpay).

VII. RECOMENDACIONES

1. Determinar la presencia cuantitativa de alcaloides, flavonoides, taninos, triterpenos, quinonas, saponinas y leuco antocianidinas de la especie *Tabebuia serratifolia* (tahuari) de densidad básica alta, *Clarisia racemosa* (tulpay) de densidad básica media *Ochroma pyramidale* (topa) de densidad básica baja en diferentes partes de la madera como base, medio y ápice.
2. El estudio en valorización de estos metabolitos aplicados a maderas de densidades básicas bajas, para que tenga un alto valor comercial en el mercado forestal y así reduciendo costos de inversión en la industria forestal.
3. Para usos de la madera para programas de reforestación son recomendables los de alta y media densidad como lo son *Tabebuia serratifolia* (tahuari), *Clarisia racemosa* (tulpay).

ABSTRACT

Comparison of Phytochemical Analysis of the Forest Species of Tahuari
(*Tabebuia serratifolia* Valhl G.), Tulpay (*Clarisia racemosa* & Pavon) and Topa
(*Ochroma pyramidale* Cav.)

In order to determine the secondary metabolites of three species existing in the forest reserve of the national Agrarian University of the Forest (BRUNAS), we used species with different basic densities as Tahuari (*Tabebuia serratifolia* Valhl G.), tulpay (*Clarisia used racemosa* Ruiz & Pavon) and topa wood (*Ochroma pyramidale* Cav.). The research was conducted from June to November 2010 and has been implemented in the laboratory of Phytochemistry, in the Faculty of Renewable Natural Resources, located in the city of Tingo Maria, in the region of Huánuco. To determine the alkaloids, flavonoids, saponins, triterpenes, quinones and leucoanthocyanidins, it was applied the methodology used by Martinez et al. (2002). It has been found that most qualitative presence of secondary metabolites were in the species of high and medium density of the basic tahuari (*Tabebuia serratifolia*) and tulpay (*Clarisia racemosa*), while the topa wood (*Ochroma pyramidale*) with low basic density, has very little or no secondary metabolite.

Keywords: phytochemical analysis, density basic, secondary metabolites, comparison.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEVEDO, M., KIKATA, Y. 2004. Atlas de Maderas del Perú. Universidad Nacional la Molina – Perú, Universidad Nagoya – Japón.
- ALESSANDRINI, M., VARGAS, J. s.d. Biopreservantes de maderas basados en taninos y otros extractivos de la corteza del pino y su acción antioxidante. [En línea]: Monografias.com, (<http://Monografias.com>> Agricultura y ganadería, documentos, 20 Nov 2010).
- ALVAREZ, W., HERNANDEZ, V. 2001. Determinación del pH y la capacidad buffer de la Madera de *pinus radiata* D. Don, proveniente de la zona III Arenales Bulnes – Mulchen. Seminario de Titulación Universidad del Bio Bio. Departamento Ingeniería en maderas. Concepcion, Chile. 82 p.
- ANGENHEIM, J.H. 1994. The roles of plant secondary metabolites in wet tropical ecosystems. En: Medina, E. Physiological ecology of plants of the wet tropics. pp 189 – 207.
- AYALA, F. 2003. Taxonomía Vegetal Gimnospermae y Angiospermae de la Amazonia Peruana, volumen I. Iquitos, Perú. 422 p.
- BOBADILLA, Y., PERASA, F. 2006. En la revista AITIM Boletín Inf. Tec. N° 243. Especies de maderas con problemas de encolado. pp 76 – 79.

- BOTANICAL. 2011. La luz en las plantas de interior. [En línea]: Botanical, ([http://www.botanical-online.com/plantas de interior luz.htm#listado, documentos](http://www.botanical-online.com/plantas_de_interior_luz.htm#listado_documentos), 06 Jun.2011).
- CAMPELL, K., BRYANT, Z. 1991. Determination of pH in Wood. Nature. 147 p.
- CAMPOS, A., CUBILLOS, G., MORALES, F., PASTENE, A. 1990. Propiedades y usos de especies madereras de corta Rotación. Corporación de Fomento y Producción (CORFO). Santiago, Chile. 87 p.
- CARBAJAL, L., HATA, Y., SIERRA, N., RUEDA, D. 2009. Análisis fitoquímico preliminar de hojas, tallos y semillas de cupatá (*Strychnos schultesiana* Krukoff). Revista Colombia Forestal Vol. 12: 161-170.
- CATIE. 2003. Glosario. [En línea]: CATIE, (<http://web.catie.ac.cr/guadua/glosario.htm>, publicaciones, 05 Oct. 2009).
- CISNEROS, R. 2007. Madera Estructura, Contenido, Densidad, clasificación, Propiedades mecánicas de la Madera. Universidad Nacional de Ingeniería, Fac. Ing. Civil. Lima, Perú. 26 p.
- DIEGUEZ, J. 2010. [En línea]: Protección de la madera, (<http://www.protecciondelamadera.com/portal%20proteccion/articulos/articulos9.htm>, documentos.,16 de Jun. 2010).

- ESCAMILLA, P. 2009. Flavonoides y sus acciones antioxidantes. [En línea]: Ejournal, (<http://www.ejournal.unam.mx/rfm/no52-2/RFM052000207.pdf>, documentos., 16 de Jun. 2010).
- FENGEL, D., WEGENER, G. 1994. Wood chemistry, ultra structure, reactions Editorial Walter de Gruyter Ed. New York, USA. 221 p.
- HARBORNE, J. 1999. Classes and function of secondary products from plants. Chapter 1 of: chemicals from plants: perspectives on plant secondary products. GB. World Scientific.
- HON, D., NOBUO, S. 2000. Wood and cellulosic chemistry Editorial. Marcel Dekker, Inc. New York, USA. 230 p.
- INIA-OIMT. 1996. Manual de identificación de especies forestales de la Subregion Andina. Proyecto PD 150/ 91 Rev. Identificación y nomenclatura de las maderas tropicales comerciales en la subregión andina. INIA – PERÚ. Estrella, Lima, Perú.
- JOHAS, W., NIAZI, K. 1990. Effect of pH and buffering capacity of wood on the gelation time of urea formaldehyde resin volume XII.
- KOLLMANN, F. 1999. Tecnología de la Madera y sus aplicaciones. Traducido por el Instituto forestal de investigaciones y experiencias y el servicio de la madera. Tomo I, 2 ed. Madrid, España.

- LEON, W., ESPINOZA, N. 2001. Anatomía de la madera. Concejo de desarrollo científico Humanístico y Tecnológico, Universidad Nacional de los Andes. Mérida Venezuela. pp 249 - 275.
- LOCK, O. 1994. Investigación Fotoquímica: Métodos en el estudio de productos naturales. Segunda edición. Lima, PE. Pontificia Universidad Católica del Perú. 213 p.
- LÓPEZ, F. 2009. Fotoquímica y valor ecológico del olor a ajo en los vegetales. Medicina Naturista. Vol.4: 7-8.
- MARTINEZ, A. 2002. Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. [En línea]: Recursos, (http://www.recursoseecnologia.com/docs/2002/2002_los_flavonoides_propiedades_y_acciones_antioxidantes.pdf, documentos, 19 Jun. 2010).
- MICROSOFT ENCARTA. 2009. "pH" [DVD]. Microsoft Corporation, 1993-2008.
- OIMT-CNF, INRENA. 1996. PD 38/88, Utilización Industrial de Nuevas Especies Forestales en el Perú. 240 p.
- OTERO, M. 1988. Composicao química dos materiais lignocelulosicos. En celulose e papel. Vol. I: tecnologia de fabricao da pasta celulósica Instituto de pesquisas tecnológicas do estado de Sao Paulo S.A. 45-106.

- OVIEDO, R. 1997. Guía para el análisis de los compuestos del carbono en metabolitos secundarios. [En línea]: UNMSM, (http://sisbib.unmsm.edu.pe/BibVirtualdata/libros/Quimica/pigmentos/archivos%20PDF/identificacion_quinonas.pdf, documentos, 17 Jun. 2010).
- PALAZON, J. 2010. [En línea]: Acenología, (http://www.acenología.com/ciencia55_2.htm, documentos, 15 de Jun. 2010).
- PASHIN, C., DE ZEEUW, C. 1980. Textbook of Wood technology. Mc Graw-Hill. Series in Forest Resources. Mc. Graw-Hill Book Company. New Work.
- PIZZY, C., MITTAL, R. 1994. Hanbook of adhesive technology. Marcel Deckker Inc. Nueva York, Bsel, Hong Kong. 680 p.
- POBLETE, H., ROFFAEL, E. 2004. Acidez de la corteza de algunas especies nativas chilenas. Nota Técnica Revista Bosque. Chile 25(3): 73-78.
- REYNEL, C. 2003. Árboles útiles de la Amazonia Peruana "un manual con apuntes de identificación, ecología y propagación de las especies". [En línea]: ICRAF, (http://www.icraf-eru.org/docs/14_arbolesamazon_Peru.pdf, documentos, 25 Mar. 2008).

- ROSALES, M. GALINDO, A., GONZALES, R. 2002. Taninos condensados en cortezas de ocho especies de pino. *Revista Madera y Bosque Chile* 9(2): 41-49.
- SANTIZO, B. 2004. Metabolitos secundarios. [En línea]: BOTANICAL-ONLINE, (<http://www.botanical-online.com/col/manapuya19.htm>, publicaciones, 10 Oct. 2009).
- SPICHIGER, R., MEROZ, J. 1990. Contribución a la flora de la Amazonia Peruana. Los arboles del arboretum Jenaro Herrera. Vol. II. Editions des Consevatoire et. Jardin botaniques GENEVE. 224 p.
- STAMM, A. 1991. A comparison of three methods for determing the pH of Word and paper. *Forest products journal*. II (7): 310-312.
- TAPPI. 1983. Technical Association of the Pulp and Paper Industry Hydrogenion concentration (pH) of papers extracts (cold extraction method) TAPPI T509 om-83.
- TAPPI. 1997. Technical Association of the Pulp and Paper Industry. Solvent extractives of wood and pulp TAPPI T204 cm - 97
- TAPPI. 1997. Technical Association of the Pulp and Paper Industry. One percent sodium hydroxide solubility of wood and pulp Solvent extractives of wood and pulp TAPPI T212 om-98.

VILLACIDE, K. 2009. Metabolitos secundarios de maderas peruanas. Loreto, Perú. pp 16-19.

YARA, J. 2006. Fitoquímica de Annonaceae del departamento de córdoba, Colombia. [En línea]: BOTANICA-ALB, (<http://www.botanica-alb.org/Publicaciones/Otros/11Fitoquimica.pdf>, publicaciones, 06 Oct. 2009).

ANEXO

Anexo 1. Panel fotográfico



Figura 17. Aserrado de tabla para la obtención de viruta y/o aserrín (izquierda) y colección de viruta o aserrín (derecha).



Figura 18. Muestras almacenadas en bolsas.



Figura 19. Muestra de viruta y/o aserrín (izquierda) y tamizado de muestras (derecha).



Figura 20. Preparación de muestras para estufa.



Figura 21. Secado de muestra en estufa (izquierda) y preparación de soluciones (derecha).

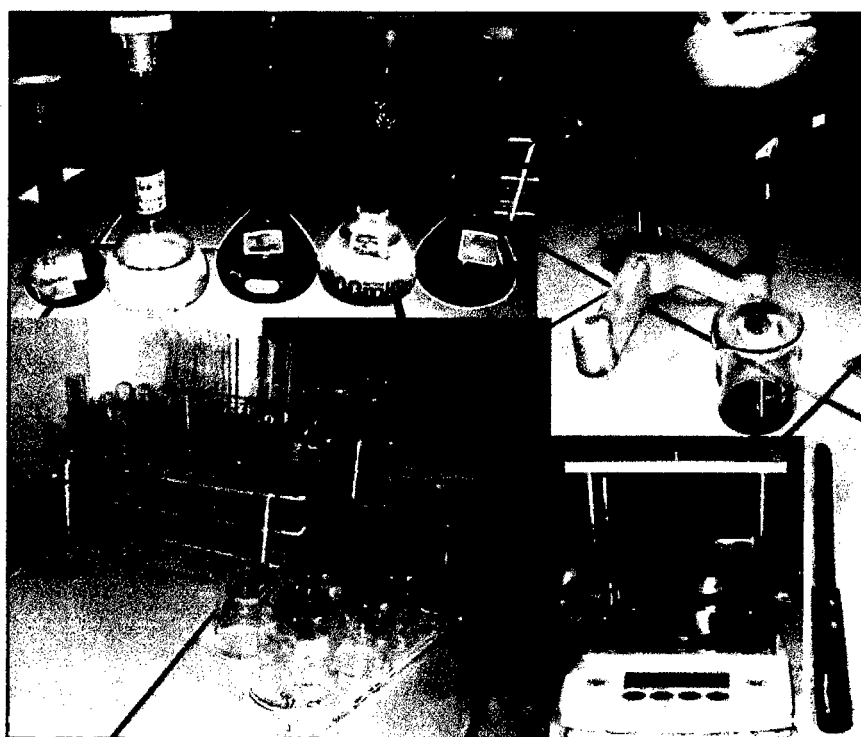


Figura 22. Materiales, equipos y reactivos.



Figura 23. Succionando las soluciones (izquierda) y vasos de precipitación a Baño María (derecha).

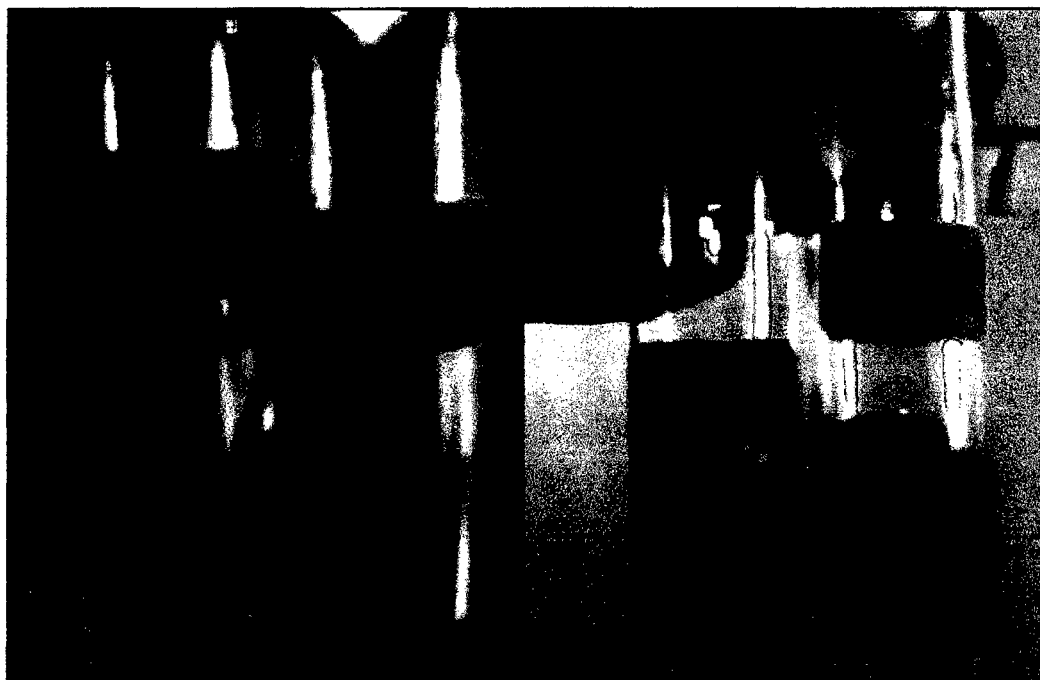


Figura 24. Reconocimiento de leucoantocianidinas de las especies topa, aceite caspi (izquierda) y reconocimiento de leucoantocianidinas de las especies tahuari y tulpay.

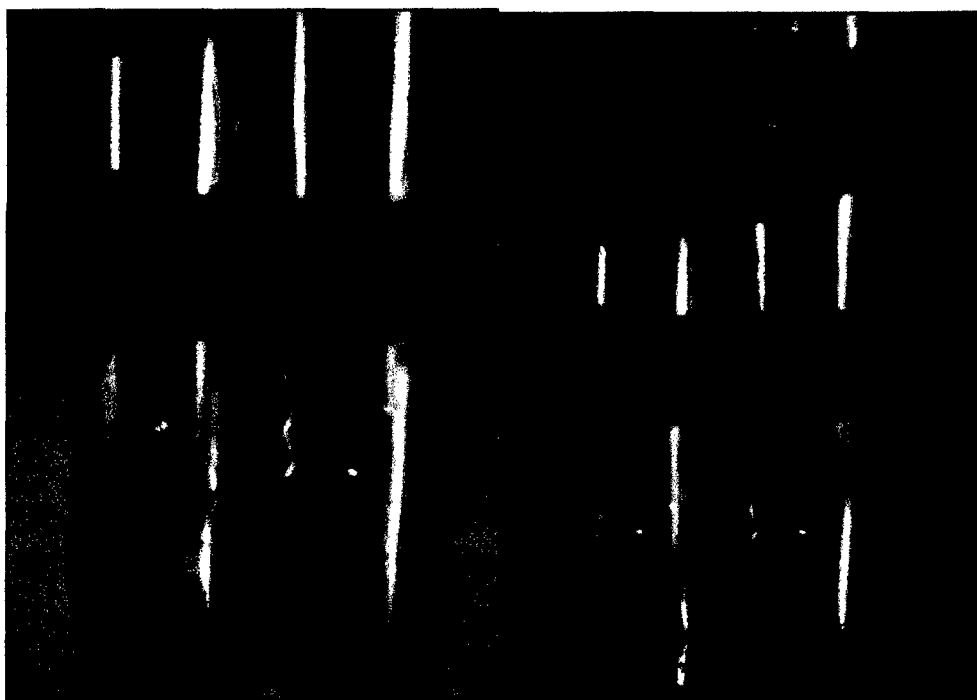


Figura 25. Reconocimiento de alcaloides en el tahuari en 4 tubos (izquierda) y reconocimiento de alcaloides de la especie de tulpay (derecha).

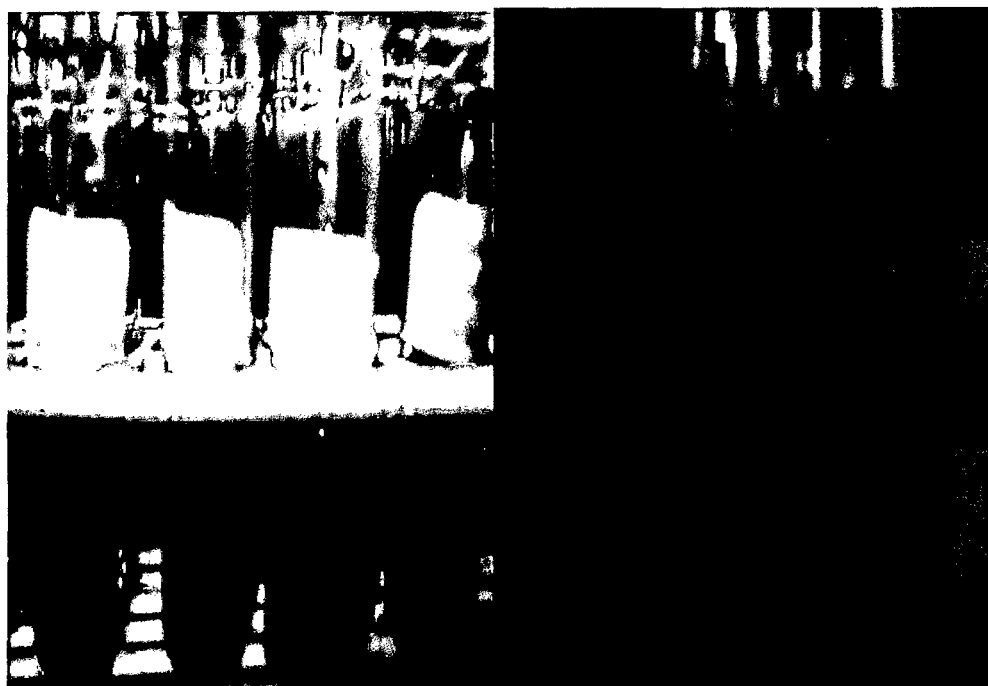


Figura 26. Reconocimiento de flavonoides y de las especies tulpay y tahuari (izquierda) y reconocimiento de flavonoides de las especies topa y aceite caspi (derecha).

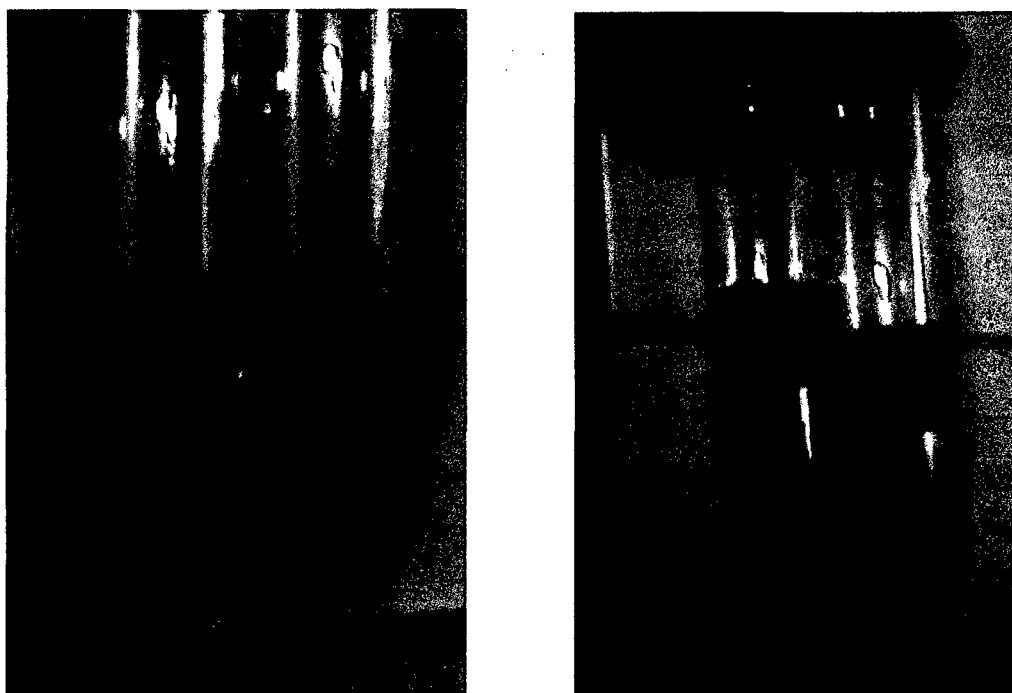


Figura 27. Reconocimiento de alcaloides de la especie de aceite caspi (izquierda) y reconocimiento de alcaloides de la especie de topa (derecha).

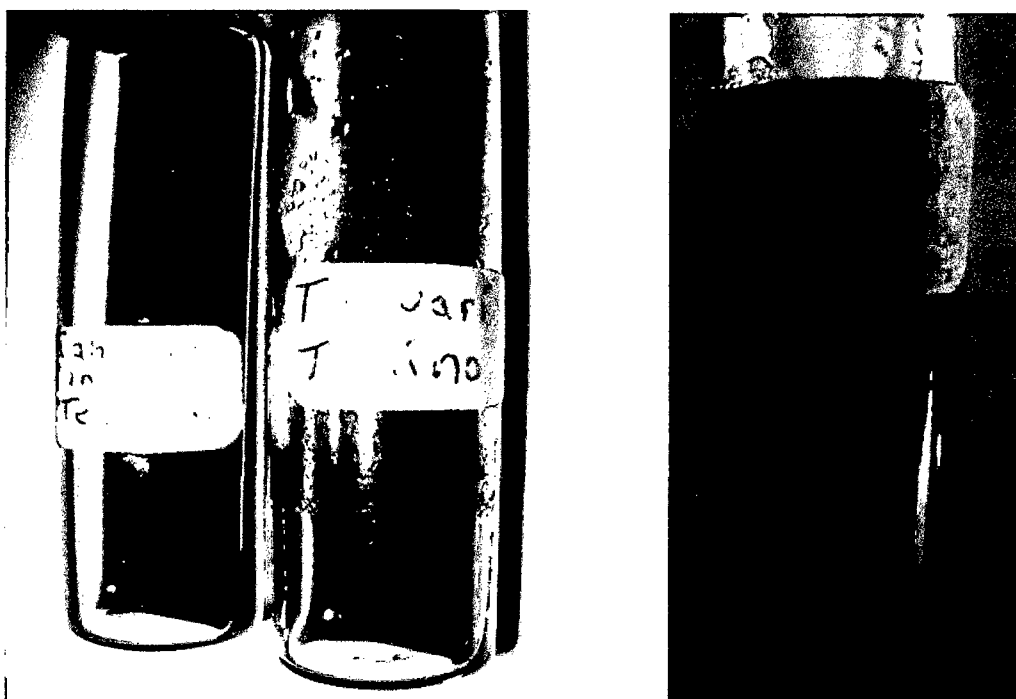


Figura 28. Reconocimiento de taninos de la especie tahuari (izquierda) y Reconocimiento de Taninos de la especie tulpay (derecha).

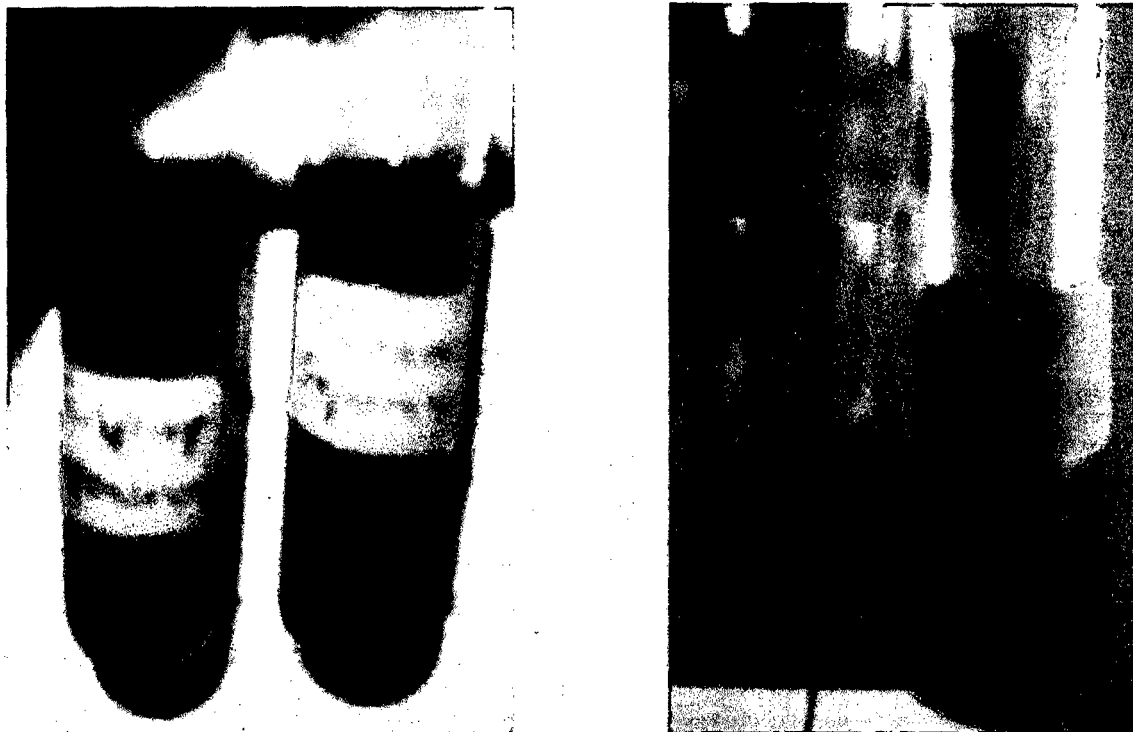


Figura 29. Reconocimiento de saponinas en el tulpay y tahuari (izquierda) y reconocimiento de triterpenos en el tulpay y tahuari (derecha).

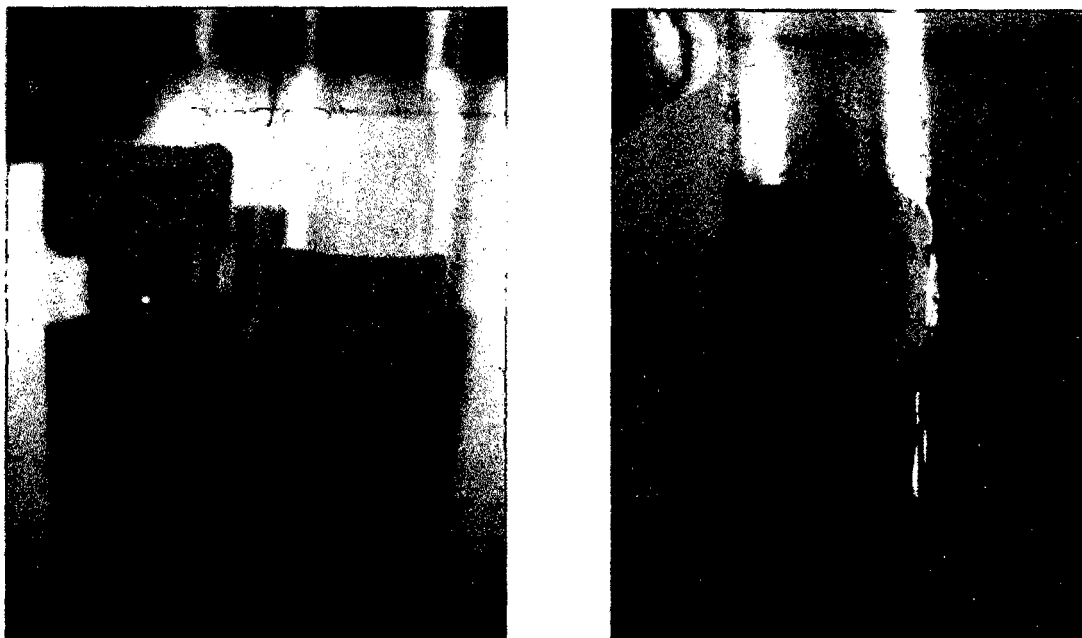


Figura 30. Reconocimiento de quinonas de la especie de tulpay y tahuari (izquierda) y reconocimiento de quinonas de la especie tulpay con una fracción (derecha).