



**UNAP**

**NO SALE A  
DOMICILIO**

Facultad de  
Ciencias Forestales



08 JUN 2011

**ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL**

**COMPORTAMIENTO DEL ACIDO PIROLEÑOSO EN LA PROFILAXIS AL  
ATAQUE DE TERMES EN LA MADERA ASERRADA DE TRES  
ESPECIES FORESTALES**

69242

**Tesis para optar el titulo de:**

**INGENIERO FORESTAL**

**Autor**

**ZINDER GOMEZ CASTRO**

**IQUITOS - PERÚ**

**2011**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA

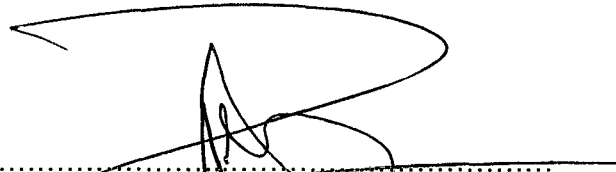
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Forestal

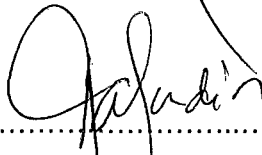
**“COMPORTAMIENTO DEL ACIDO PIROLEÑOSO EN LA PROFILAXIS AL ATAQUE  
DE TERMES EN LA MADERA ASERRADA DE TRES ESPECIES FORESTALES”**

Tesis sustentada y aprobada el 05 de setiembre del 2003

MIEMBROS DEL JURADO



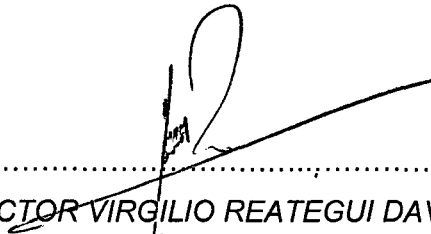
.....  
*Dr. RONALD MANUEL PANDURO TEJADA*  
Presidente



.....  
*Dr. ABRAHAN CABUDIVO MOENA*  
Miembro



.....  
*Ing. OLGUITA GRONERTH ESCUDERO, Mgr.*  
Miembro



.....  
*Ing. VICTOR VIRGILIO REATEGUI DAVILA*  
Asesor

## DEDICATORIA

Con especial gratitud y cariño para mis queridos padres **Humberto** y **Norma Luz**, por su incondicional y constante apoyo en mi formación profesional.

Con mucha estimación y aprecio a mis hermanos por su incondicional y constante apoyo durante mis estudios.

## AGRADECIMIENTO

Deseo indicar en estas líneas el profundo agradecimiento a las siguientes personas:

- Al Ing. **Víctor V. Reátegui Dávila**, docente de la Facultad de Ciencias Forestales de la UNAP por su orientación y apoyo en la ejecución del presente trabajo.
- Al Ing. Dumont Vacalla Vela, por su orientación y apoyo en la ejecución del presente trabajo.
- A todas las personas que de una forma u otra contribuyeron a la realización del presente trabajo.

## CONTENIDO

	Pág.
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Lista de cuadros	vi
Lista de figuras	vii
Resumen	viii
I. Introducción	1
II. Revisión de literatura	3
III. Materiales y métodos	8
3.1. Lugar de ejecución	8
3.2. Materiales y equipo	8
3.3. Método	9
3.4. Procedimiento	9
3.4.1. Criterio de selección de especies	9
3.4.2. Identificación anatómica de las especies	10
3.4.3. Selección y preparación de las muestras	10
3.4.4. Acondicionamiento y codificación	10
3.4.5. Solución preservadora	11
3.4.6. Ensayo de preservación	11
3.4.7. Evaluación de los tratamientos	12
3.4.7.1. Absorción líquida	12
3.4.7.2. Penetración	13
3.4.8. Diseño experimental	13
3.4.8.1. Modelo	13
3.4.8.2. Definición de factores	14
3.4.9. Evaluación de la eficiencia del ensayo de preservación	14
3.4.9.1. Colección de termes	14
3.4.9.2. Selección y preparación de las muestras	14
3.4.9.3. Ensayo de eficiencia de la preservación	14
3.4.9.4. Ensayo de exposición al ataque de termes	15
3.4.9.5. Determinación de la pérdida de peso	15
3.4.10. Clasificación de la madera por su grado de resistencia	16
IV. Resultados y Discusión	17

4.1. Absorción líquida	17
4.2. Penetración	21
4.3. Evaluación de la eficiencia del ensayo de preservación	25
V Conclusiones	30
VI. Recomendaciones	31
VII. Bibliografía	32
Anexo	35

## LISTA DE CUADROS

N°	Descripción	Pág.
1	Absorción líquida (l/m <sup>3</sup> ) de la solución de ácido piroleñoso en el tratamiento de preservación por inmersión simple de las tres especies en estudio	17
2	Interacción o distribución de los factores para los tratamientos de la absorción líquida (l/m <sup>3</sup> )	19
3	Análisis de varianza de la absorción líquida	19
4	Prueba de Tukey para la absorción líquida	20
5	Penetración (mm) de la solución de ácido piroleñoso en la preservación por inmersión simple de las tres especies en estudio.	21
6	Interacción o distribución de los factores para los tratamientos de la penetración (mm)	23
7	Análisis de varianza de la penetración	23
8	Prueba de Tukey de la penetración	24
9	Resistencia al ataque de termites de la madera de las especies en estudio preservadas con la solución ácido piroleñoso de densidad media y alta	27
10	Clasificación de la madera de las tres especies en estudio preservadas por el método de inmersión simple en función al grado de resistencia al ataque de termites	28
11	Absorción líquida de la solución de ácido piroleñoso por las muestras de madera aserrada de cumala preservadas por el método de inmersión simple	37
12	Absorción líquida de la solución de ácido piroleñoso por las muestras de madera aserrada de catahua preservadas por el método de inmersión simple	37
13	Absorción líquida de la solución de ácido piroleñoso por las muestras de madera aserrada de marupa preservadas por el método de inmersión simple	38
14	Penetración de la solución de ácido piroleñoso en las probetas de madera de cumala	38
15	Penetración de la solución de ácido piroleñoso en las probetas de madera de catahua	39
16	Penetración de la solución de ácido piroleñoso en las probetas de madera de marupa	39

**LISTA DE FIGURAS**

<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
1	Absorción líquida (l/m <sup>3</sup> ) para los tratamientos	17
2	Penetración (mm) para los tratamientos	22
3	Mapa de ubicación de Puerto Almendras	36
4	Obtención de muestras de madera para los ensayos de preservación y resistencia al ataque de termes	40
5	Muestras de madera para ensayos de penetración y ataque de termes	40
6	Solución preservadora de ácido piroleñosos de densidad media y alta	41
7	Muestra de madera después del tratamiento por inmersión simple	41
8	Obtención del peso de las muestras antes del tratamiento	42
9	Exposición de las probetas preservadas al ataque de termes	42



## RESUMEN

En este estudio se evalúa la viabilidad de utilizar el ácido piroleñoso obtenido de residuos de madera de mediana y alta densidad en la preservación preventiva de la madera aserrada de cumala, catahua y marapa mediante el método de inmersión simple. Se llevaron a cabo ensayos de absorción líquida, penetración y se sometieron las probetas preservadas al ataque inducido de termes con el fin de determinar la efectividad del tratamiento profiláctico.

Los mayores valores de absorción líquida se obtienen al tratar la madera de marupá con la solución de ácido piroleñoso de densidad media y de densidad alta, sin embargo estos valores se sitúan por debajo del mínimo de absorción clasificando la madera de las tres especies como de absorción nula. Los ensayos de penetración revelan que la mayor penetración se consigue en la madera de marupa tratada con la solución de ácido piroleñoso de densidad media y densidad alta y por la profundidad y la distribución del preservante en la sección transversal de la probeta de madera se clasifica la penetración del preservante como de parcial regular. Al cabo de tres meses del ataque inducido de termes, se observó una mínima pérdida de peso en todas las muestras que indican que el tratamiento puede ser eficaz como práctica preventiva a corto plazo hasta que la madera sea preservada con un tratamiento de protección permanente. Finalmente, de la evaluación conjunta de la absorción, penetración y resistencia al ataque de termes, se clasifica a la madera de las tres especies como moderadamente tratables.

## I. INTRODUCCION

En los últimos años se ha incrementado en forma considerable los volúmenes de madera aserrada para el comercio local y de exportación, en las que se incluyen las especies de cumala, catahua y marupa, por tener estas especies propiedades tecnológicas apropiadas para diversos usos (Aróstegui, 1982). Pero, la madera de estas especies son susceptibles a los agentes biodeteriorantes y no resisten su ataque (Junta del Acuerdo de Cartagena, 1988), por lo que necesitan de ser protegidos con soluciones preservadoras que garanticen su durabilidad y calidad.

La producción de madera aserrada en nuestra región alcanza aproximadamente un 50% de residuo (Benites, 1990) que en la mayoría de los casos no es aprovechada y desechada como desperdicio, por lo que es necesario buscar alternativas de aprovechamiento aumentando así el valor agregado del producto.

La destilación seca de la madera permite obtener gases condensables y no condensables a partir de partículas de madera que se puede obtener como subproducto de la transformación primaria de la madera. Uno de esos productos es el ácido piroleñoso que puede ser utilizado mayormente con fines energéticos y como preservante natural dado a su toxicidad conocida (Jankowski, 1986).

El presente estudio tiene la finalidad de evaluar la viabilidad de utilizar el ácido piroleñoso, obtenido a partir de residuos de madera de densidad media y alta, como preservante natural de la madera con el método de inmersión simple y determinar la efectividad del tratamiento frente al ataque de termites en la madera cumala, catahua y marupa.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

Swiderski (1978), manifiesta que la preservación de la madera en los trópicos resulta todavía más importante debido a sus condiciones climáticas y biológicas. Particularmente en los países tropicales existe un gran número de especies de insectos y hongos destructores de la madera, el clima cálido y húmedo de los trópicos facilita y acelera la descomposición de la madera.

Sólo un número limitado de la gran variedad de especies arbóreas tropicales son naturalmente duraderas (en las Filipinas, por ejemplo, de 3500 especies arbóreas, menos del 10 por ciento son naturalmente duraderas.)

Las vías de suministro desde los bosques tropicales hasta el destino final de la madera suelen cubrir distancias relativamente largas, y el peligro de los daños que puedan producir los hongos o los insectos es una amenaza constante, incluso tras de haber llegado el producto a su destino final. Estos cuatro factores hacen que el tratamiento preservador de la madera sea condición indispensable para el fomento adecuado de la utilización de la madera en los países tropicales. Sin embargo, en la mayoría de ellos es más bien limitada la cantidad de madera que recibe tratamiento preservador. En algunos casos, los servicios de preservación casi no existen. En otros, se están implantando con demasiada lentitud para satisfacer las necesidades reales.

La durabilidad natural es una propiedad de la madera de resistir en mayor o menor grado el ataque de los agentes de biodeterioro en condiciones naturales de uso (Vaca, 1998); atribuyéndose esta capacidad a la acumulación en el duramen de sustancias inhibitoras o tóxicas a los hongos. Estas sustancias son

mayormente componentes fenólicos y la mayor parte de ellos son solubles en agua o solventes orgánicos, así como los llamados extractivos.

La Junta del Acuerdo de Cartagena (1988), manifiesta que el tratamiento por el método de inmersión consiste en sumergir la madera en una solución preservadora empleando recipientes apropiados y, según el tiempo que dure el tratamiento, la inmersión puede ser breve o prolongada; en el primer caso la madera y el preservante permanecen en contacto por segundos o minutos, mientras que en el segundo se puede emplear horas o días. Gonzales (1974), informa que la ventaja de este método, es su simplicidad y su costo módico.

La Junta del Acuerdo de Cartagena (1982), señala que existen tratamientos profilácticos para madera rolliza o recién aserrada y que estos conservan la calidad de la madera solo por un tiempo relativamente corto (3-5 meses). Estos juegan un papel importante en el rendimiento económico de los productos forestales y sin aplicación correcta reduce a un mínimo las pérdidas de materia prima. Dado que tienen una acción muy superficial, su efectividad depende fundamentalmente de su aplicación en el momento oportuno, es decir antes que los organismos hayan logrado penetrar. Así mismo es necesario puntualizar que en la mayor parte del mundo, los métodos que aplican preservantes son los que mejor se comportan en todos los casos de profilaxis.

Jankowski (1986), manifiesta que el alquitrán de madera es el producto preservador más antiguo, conocido en la historia del hombre y es obtenido como un sub producto de la destilación de la madera. Matos (1981), señala que la pirolisis conocida como carbonización o destilación seca, es un proceso donde la madera u otro vegetal cualquiera es sometido a un calentamiento en atmósfera controlada, donde el material, por acción de la temperatura, es descompuesto

produciendo carbón vegetal y gases volátiles y que estos están compuesto de dos fracciones: fracción condensada (líquido piroleñoso) y fracción no condensada (gas no condensable). El mismo autor (1981), asevera que el líquido piroleñoso está constituido de dos fases: (1) ácido piroleñoso, solución acuosa de color marrón con varios componentes a saber ácido acético, metanol, alquitrán soluble y otros constituyentes menores y (2) alquitrán insoluble, producto de coloración negra, más denso y viscoso, que se separa del anterior por gravedad.

Con referencia al rendimiento del líquido piroleñoso Solano (1989), obtiene en su estudio a un contenido de humedad del 16% a 18% para tornillo 45,05%, capinuri 37,60% y cumala blanca 40,47%. De la misma forma Vásquez (1990), en estudio similar de rendimiento de líquido piroleñoso obtiene para moena amarilla 45,83%, marupa 48,53% y lupuna 48,37%. Remigio (1984), estudiando cuatro maderas del Perú obtuvo un rendimiento de ácido piroleñoso entre 32%-36% y de alquitrán de 6%-8%. Taranco, Cabudivo y Da Cunha (1991), destilando diez especies de madera de la zona del río Nanay en retorta y a temperatura entre 400°C y 500°C, obtuvieron rendimientos promedios de 31,1% de carbón, 6,3% de alquitrán y 35,2% de ácido piroleñoso. Davila y Najjar (1981), realizando la destilación seca en capirona determinó un rendimiento de 43,9% en carbón, 45,67% en ácido piroleñoso y 11,57% de alquitrán; lupuna 45% en carbón, 40% de ácido piroleñoso y 15,6% de alquitrán; marupa 45% de carbón, 43% de ácido piroleñoso y 12% de alquitrán.

Aguinello (1980) y Panshin (1959), indican que la composición y aplicación de los subproductos de la destilación de la madera; ácido piroleñoso, alquitrán insoluble, gas no condensable y carbón son los siguientes: El ácido piroleñoso, contiene prácticamente todo el agua proveniente de la madera, compuesto

principalmente por ácido acético, para fines farmacéuticos y medicinales; se emplea para hacer acetatos inorgánicos, se emplea para hacer pigmentos de plomo blanco, disolventes de acetato de metilo, etilo y amilo, acetato de celulosa de rayón, películas fotográficas, lacas, plásticos y hojas transparentes de envases también se usa para coagular látex en las plantaciones de caucho, para perfumes y como preservante natural, entre otros.

*Virola* sp. "cumala" es una especie que se encuentra en los departamentos de San Martín y que es un árbol de fuste recto y cilíndrico, siendo de densidad media ( $460 \text{ Kg/m}^3$ ), y al no distinguirse el duramen tienen un color marrón grisáceo uniforme; la madera es poco durable, muy susceptible al ataque de termitas y hongos. De rápido secado al aire y es fácil de aserrar y de regular a buen comportamiento a la trabajabilidad. Siendo sus usos: carpintería de obra, laminado, cajonería, mueblería (Aróstegui, 1982).

*Hura crepitans* "catahua" es una especie ampliamente distribuida en Loreto, Ucayali, Huánuco y San Martín. Tiene un buen crecimiento, alcanza una altura total de 27m a 30m. El tronco es grueso y su base es a veces abultada o tiene aletas pequeñas. Antes de tumbar el árbol es preciso quitar un anillo de la corteza para prevenir la salpicadura del látex del árbol, que según afirma es altamente irritante para los ojos. La madera es de densidad media ( $410 \text{ Kg/m}^3$ ), el duramen de color crema o marrón amarillento pálido. De comportamiento regular al secado artificial. Resistencia mecánica baja. De fácil aserrío y de buen comportamiento a la trabajabilidad. Usos: carpintería de obra, cajonería liviana, mueblería y, en general donde se requiere madera liviana y fácil de trabajar.

*Simarouba amara* Aubl. "marupa" es un árbol que alcanza una altura de 24m a 39m. El fuste es de buena forma, cilíndrica y sin aletas. La madera tiene

una densidad baja (360 Kg/m<sup>3</sup>). El duramen recién cortado es de color crema, frecuentemente con un tinte amarillo verdusco, cuando se seca se vuelve de color blanco amarillento. La albura no está diferenciada. De secado natural rápido. Buen comportamiento al secado artificial. Resistencia mecánica baja. Es una madera de excelente calidad al cepillado y moldurado. Usos carpintería de obra, cajonería, mueblería y otros

Jankowski y Lepace (1986), en un trabajo realizado en la posibilidad de utilizar la creosota de madera de *Eucalyptus sp.* obtenido como sub producto de la producción de carbón para la preservación de madera, concluyen que la creosota vegetal presenta buena resistencia los hongos de pudrición blanca y parda y al ataque de insectos y que estos pueden ser usados en el tratamiento de piezas de longitudes menores fuera del contacto directo con el suelo a través de procesos sin presión.

De igual forma el Instituto de Pesquisas Tecnologicas-DIMAD (1980, 1984), señala que en ensayos realizados demostró que el poder insecticida, varía en función al tratamiento a que fue sometida la creosota vegetal. En ensayos de laboratorio comprobaron la eficiencia de la creosota vegetal en la protección de madera contra el ataque de térmitas; comportamiento similar fue observado en ensayos de toxicidad contra hongos de pudrición.

Espíritu *et. al.* (1999), señalan que al preservar la madera con la sustancia preservante natural del cedro todas las especies son difíciles de tratar (DT) por el método de inmersión prolongada, mientras que son moderadamente tratables (MT) por el método de baño caliente-frío. La evaluación de la efectividad del tratamiento estableció que la madera de cumala, catahua y marupa *resisten bien* el ataque de termites, mientras que lupuna *resiste moderadamente*.

Panduro (2000), en su estudio de comportamiento al tratamiento profiláctico en la madera aserrada de *Hura crepitans* "catahua" y *Simarouba amara* Aubl "marupa" del extracto líquido del cedro obtuvo mejores resultados de absorción y penetración sumergiendo la madera de marupa por 90 segundos; clasificándose en la evaluación preliminar al ataque de agentes de biodeterioro como moderadamente resistente y según sus características de preservación, se clasifica a la madera aserrada de marupa y catahua como moderadamente tratable (MT) utilizando el extracto líquido del cedro.



### **III. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1. Lugar de ejecución**

El presente estudio se llevó a cabo en el CIEFOR Puerto Almendra de la Facultad de Ciencias Forestales de la UNAP, ubicado en el distrito de San Juan Bautista, provincia de Maynas, región Loreto. la ciudad de Iquitos (680146.17mE 9576511.29mS, altitud 97 msnm) (Google map, 2011). Las muestras de madera aserrada de cumala, catahua y marupa se colectaron en los distintos aserraderos de la ciudad. Los desperdicios de las especies de densidad media y alta para la obtención del ácido piroleñoso, se obtuvieron del aserradero del CIEFOR Pto. Almendra y la obtención del ácido se realizó en el horno de destilación del CIEFOR Pto. Almendra (Ver figuras 4, 5 y 6 del Anexo).

#### **3.2. Materiales y equipo**

- Madera aserrada de cumala, catahua y marupa.
- Desperdicios de madera de lagarto caspi, brea caspi, machimango blanco, huayruro, parinari colorado y quillosisa colorado.
- Recipientes de plásticos
- Leña y carbón
- Balanza de precisión
- Estufa de secado
- Vestuario (guantes, protectores de nariz y boca)
- Selladores de madera
- Calibradores o pié de rey
- Frascos de vidrios

- Materiales fotográficos
- Wincha métrica
- Equipo de destilación seca
- Lupa
- Calculadora
- Computadora personal y accesorios
- Útiles de escritorio y papelería en general

### **3.3. Método**

El método de investigación es del tipo experimental analítico que permitió identificar la solución preservadora adecuada de ácido piroleñoso, así como determinar el comportamiento de las especies en estudio a fin de obtener la mayor absorción y penetración y finalmente determinar la eficacia del tratamiento contra el ataque de termites.

### **3.4. Procedimiento**

#### **3.4.1. Criterio de selección de especies**

Las especies seleccionadas para el ensayo de preservación fueron *Virola* sp. "cumala", *Hura crepitans* "catahua" y *Simarouba amara* "marupa", por ser estas maderas de mayor uso local y de exportación; además por ser especies susceptibles a los agentes de biodeterioro, es decir poseen una durabilidad natural baja, (Junta del Acuerdo de Cartagena, 1988).

Las especies para la solución preservadora fueron seleccionadas en función a la disponibilidad de las especies de densidad media y alta y son productos del trabajo de investigación propuesto por López (2000) y Paredes (2001) y son las siguientes:

**Especies de densidades alta:** *Ormosia coccinea* "huayruro" (800 kg/m<sup>3</sup>), *Eschweilera* sp. "machimango blanco" (780 kg/m<sup>3</sup>) y *Licania unguiculata* "parinari colorado" (800 kg/m<sup>3</sup>).

**Especies de densidad media:** *Calophyllum longifolium* "lagarto caspi" (520 kg/m<sup>3</sup>), *Caraipa densifolia* "brea caspi" (510 kg/m<sup>3</sup>) y *Vochysia vismifolia* "quillosa colorada" (540 kg/m<sup>3</sup>).

#### **3.4.2. Identificación anatómica de las especies**

Para la identificación de las especies en estudio se obtuvieron probetas de 10cm x 5cm x 2.54cm; las mismas que fueron enviadas al laboratorio de Anatomía y Tecnología de la Madera de la Facultad de Ciencias Forestales de la UNAP.

#### **3.4.3. Selección y preparación de las muestras**

Las muestras de madera para el ensayo de preservación fueron obtenidas considerando el método descrito en la norma NTP 251.025:1974 (1974) y la norma del INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN 631.of.78. (1979); que indican que de la población total se seleccionan al azar unidades experimentales de 20cm x 20cm x 2,5cm. (Figura 5 del Anexo).

#### **3.4.4. Acondicionamiento y codificación de las muestras**

Las muestras a ensayar en cada uno de los tratamientos fueron acondicionadas hasta el contenido de humedad de equilibrio de la zona (18%-20%). Las muestras fueron codificadas para facilitar el reconocimiento de las muestras en el proceso de ensayo y evaluación. Las muestras de madera para la obtención de la solución preservadora (ácido piroleñoso) fueron muestras de 10-25 cm de longitud con un espesor de 2,5-3 cm.

### **3.4.5. Solución preservadora**

La solución preservadora utilizada fue el ácido piroleñoso por grupos de especies maderables de densidad media y alta al 100%, la que se obtuvo por destilación seca o pirolisis en el laboratorio de Química y Energía de la Madera de la FCF de la UNAP; las piezas de madera se colocaron en el interior de una retorta especialmente diseñada de 30cm de diámetro x 40cm de longitud, la que fue colocada horizontalmente en una excavación a nivel del suelo que sirve como quemador de rajas de leña. Los gases desprendidos son recibidos por un ducto de cobre de 1 pulgada de diámetro hacia un condensador de agua fría, cuyo volumen aproximado es igual al de la retorta; se aumentó la temperatura hasta llegar a un rango de 400°C-500° C. El producto obtenido mediante éste sistema es el líquido piroleñoso que luego de someterlo al proceso de decantación simple se separó en ácido piroleñoso y alquitrán (Taranco, Cabudivo y Da Cunha (1991). (Figura 6 del Anexo).

### **3.4.6. Ensayo de preservación**

Las muestras de madera de las tres especies en estudio fueron tratadas por el método de inmersión simple por un tiempo de 40 segundos según el siguiente procedimiento:

Una vez seleccionadas y preparadas las muestras de ensayo y la solución preservadora se procedió a la realización de los ensayos para cada uno de los tratamientos de preservación. Antes del proceso de inmersión se realizó el sellado respectivo de los extremos de las muestras con pintura de aluminio y se procedió a pesarlas con el objeto de obtener el peso inicial (P1). Se optó por comenzar con la solución del ácido piroleñoso de densidad media con la especie cumala; se

procedió a la inmersión por 40 segundos para la primera repetición, terminado el mismo se procedió a pesar la muestra para obtener el peso final (P2). Las muestras destinadas al cálculo de la absorción y penetración fueron evaluadas inmediatamente después de obtener el peso final. Seguidamente se procedió con la segunda y tercera repetición, terminado los mismos se procedió de igual forma con las muestras de las especies de catahua y marupa respectivamente.

A continuación se procedió a realizar el mismo procedimiento con la solución de ácido piroleñoso de densidad alta para las tres especies en estudio (Figura 7 del Anexo).

### **3.4. 7. Evaluación de los tratamientos**

#### **3.4.7.1. Absorción líquida**

Se evaluó teniendo en cuenta el método de las diferencias de pesadas antes y después de la inmersión en la solución preservadora. El cálculo se realizó con la fórmula propuesta por JUNAC (1988) y los resultados se expresan en litros por metro cúbico (Figura 8 del Anexo).

$$AI = \frac{P_2 - P_1}{V} * 1000$$

Donde:

AI = Absorción líquida de la solución preservadora (l/m<sup>3</sup>)

P<sub>1</sub> = Peso antes del tratamiento (g)

P<sub>2</sub> = Peso después del tratamiento (g)

V = Volumen de la muestra (cm<sup>3</sup>)

### 3.4.7.2. Penetración

Siguiendo la norma NTP 251.025:1974 (1974), inmediatamente agotado el tiempo de inmersión para cada uno de los tratamientos se procedió a la obtención de probetas en cubos de una pulgada. Por lado de la sección transversal de la muestras, con la ayuda de un calibrador o pie de rey, se midió la penetración expresada en milímetros.

### 3.4.8. Diseño experimental

El diseño experimental que permitió realizar la evaluación de los experimentos fue el de un modelo lineal del experimento factorial arreglado a un diseño completamente al azar, partiendo de que "A" y "B" son los dos factores (A: Especies, B: Acido piroleñoso) y (r) unidades experimentales por tratamiento. Así mismo para estudiar el grado de significancia entre los tratamientos, especies y acido piroleñoso, tanto para la absorción como para la penetración se realizó la Prueba de rangos múltiples de Tukey.

#### 3.4.8.1. Modelo

El diseño experimental, que se utilizó, quedo definido por el modelo matemático:

$$Y_{ijk} = U + A_i + B_j + (AB)_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Variable respuesta

$U$  = Media general

$A_i$  = Efecto del i-ésimo nivel del factor A.

$B_j$  = Efecto del j-ésimo nivel del factor B.

$(AB)_{ij}$  = Efecto de la interacción del i-ésimo nivel del factor A, con el j-ésimo nivel del factor B.

$E_{ijk}$  = Efecto aleatorio o error experimental.

### 3.4.8.2. Definición de los factores

#### **FACTOR (A): Especies a preservar**

$a_1$  = Cumala;  $a_2$  = Catahua;  $a_3$  = Marupa

#### **FACTOR (B): Grupo de especies a obtener el ácido piroleñoso:**

$b_0$  = Especies de densidad media (lagarto caspi, brea caspi y quillosa colorada);

$b_1$  = Especies de densidad alta huayruro, machimango blanco y parinari colorado)

### 3.4.9. Evaluación de la eficiencia del ensayo de preservación

#### 3.4.9.1. Colección de termitas

Los individuos de termitas fueron colectados de la madera puesta en obras infestadas ya sea en casas, edificios, etc. Estas maderas se dividieron con martillo y cincel, se sacudieron sobre una superficie lisa y se recogieron los termitas con la ayuda de un pincel húmedo.

#### 3.4.9.2. Selección y preparación de las muestras

La selección y preparación de las muestras de madera preservada para la evaluación de la eficiencia se realizó siguiendo el procedimiento utilizado por Guerra (1986), Berw y Ramírez (1985) en trabajos similares. Del total de las muestras preservadas se seleccionaron al azar unidades experimentales de 5cm x 2,5cm x 2,5cm, teniendo en cuenta 3 repeticiones por tratamiento.

#### 3.4.9.3. Ensayo de eficiencia de la preservación

Una vez preservadas las muestras de madera, éstas fueron desecadas en estufa a  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  durante 24 horas, con el fin de uniformizar los pesos y obtener el peso inicial en gramos ( $p_1$ ).

- **Cámara de ensayo**

Está referido al lugar en el cual se realizaron los ensayos y se trató de que ésta sea un ambiente a una temperatura de aproximadamente  $28 \pm 2^\circ\text{C}$ .

- **Recipientes de ensayo**

Los recipientes de ensayos fueron frascos de vidrios de 250ml, a estos se les llenó hasta la mitad el substrato compuesto por una mezcla de 20% de tierra negra, 80% de arena de grano fino y 54ml de agua destilada para su humedecimiento.

**3.4.9.4. Ensayo de exposición al ataque de termes**

Las muestras de madera acondicionadas fueron colocadas al azar en cada recipiente de ensayo presionando levemente sobre el substrato, hasta completar las 3 repeticiones. Luego en cada recipiente se colocaron 50 individuos de termes. Estos recipientes permanecieron en la cámara de ensayo por un período de 3 meses. Terminado el tiempo, las muestras fueron extraídas para su limpieza respectiva, luego se desecaron en estufa a temperaturas constantes de  $103 \pm 2^\circ\text{C}$ , finalmente fueron pesadas obteniéndose de manera el peso final ( $p_2$ ) (Figura 9 del Anexo).

**3.4.9.5. Determinación de la pérdida de peso**

La evaluación se realizó en función a la pérdida de peso en porcentajes que experimentaron las muestras al ser inducidas al ataque de termes (Scudere, 1994, Vaca (1998). Los cálculos se realizaron mediante la siguiente fórmula:

$$p.p(\%) = \frac{P_1 - P_2}{P_1} * 100$$

Donde:



$p.p$  = Pérdida de peso experimentado por las muestras de madera en %.

$p_1$  = Peso seco inicial de la muestra en gramos.

$p_2$  = peso seco final de la muestra en gramos.

#### 3.4.10. Clasificación de la madera por su grado de resistencia

Para clasificar la madera de las especies en estudio por su grado de resistencia al ataque de termites se siguió el criterio de la Junta del Acuerdo de Cartagena (1988) y Vaca (1998), basado en la pérdida de peso que experimentan las muestras al final del ensayo de exposición al ataque de termites. La escala de calificación del grado resistencia en función de la pérdida de peso es la que a continuación se indica.

<b>Pérdida de peso (%)</b>	<b>Grado de Resistencia</b>
0% - 1%	Altamente resistente
1% - 5%	Resistente
5% - 10%	Moderadamente resistente
10% - 30%	Muy poco resistente
30 % a más	No resistente

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Absorción líquida

En los cuadros 1 y 2, se presentan los resultados de la absorción líquida por el método de inmersión simple en las muestras de las tres especies en estudio de las soluciones preservadoras de ácido piroleñoso de densidad alta y densidad media. En términos generales, las muestras de madera de marupa presentan una mayor absorción líquida en relación a catahua y cumala, con una tendencia creciente de la absorción a medida que aumenta la densidad de las especies; lo que hace suponer que la densidad de la madera ejerce una fuerte influencia en la absorción de la solución preservadora.

**Cuadro 1.** Absorción líquida ( $l/m^3$ ) de la solución de ácido piroleñoso en el tratamiento de preservación por inmersión simple de las tres especies en estudio.

Especies	Acido piroleñoso	Tratamiento	Absorción líquida ( $l/m^3$ )			Total	Promedio
			r1	r2	r3		
Cumala	Densidad media	$a_0b_0$	9,25	9,00	9,25	27,50	9,17
	Densidad alta	$a_0b_1$	8,95	9,02	9,00	26,97	8,99
Catahua	Densidad media	$a_1b_0$	10,25	10,32	10,33	30,90	10,30
	Densidad alta	$a_1b_1$	10,00	10,20	9,95	30,15	10,05
Marupa	Densidad media	$a_2b_0$	11,60	11,70	11,20	34,50	11,50
	Densidad alta	$a_2b_1$	11,30	11,27	11,27	33,84	11,28

Los tratamientos que presentan las mayores absorciones líquidas son marupa con la solución de ácido piroleñoso de densidad media ( $11,50 l/m^3$ ) y marupa con la solución de ácido piroleñoso de densidad alta ( $11,28 l/m^3$ ) y las menores absorciones se presentan en cumala con la solución de ácido piroleñoso de densidad alta ( $8,99 l/m^3$ ) y cumala con la solución de ácido piroleñoso de

densidad media ( $9,17 \text{ l/m}^3$ ) respectivamente (Figura 1). Estos resultados probablemente se deban a la densidad de las especies que han sido sometidos al tratamiento de inmersión, pues marupa ( $360 \text{ kg/m}^3$ ) presenta menor densidad que cumala ( $460 \text{ kg/m}^3$ ), por consiguiente tiende a presentar canales de conducción más grandes lo que permite una mayor absorción; además, la solución de ácido piroleñoso de densidad media es menos viscosa que la solución del ácido piroleñoso de densidad, entonces la primera favorece una mayor absorción.

Según la escala de clasificación en base a la absorción líquida propuesta por Aróstegui (1979), la madera de cumala, catahua y marupa se clasifican en base a la preservación con los dos tipos de solución de ácido piroleñoso (densidad alta y media) como de **"Absorción Nula"** (Menos de  $50 \text{ l/m}^3$ ).

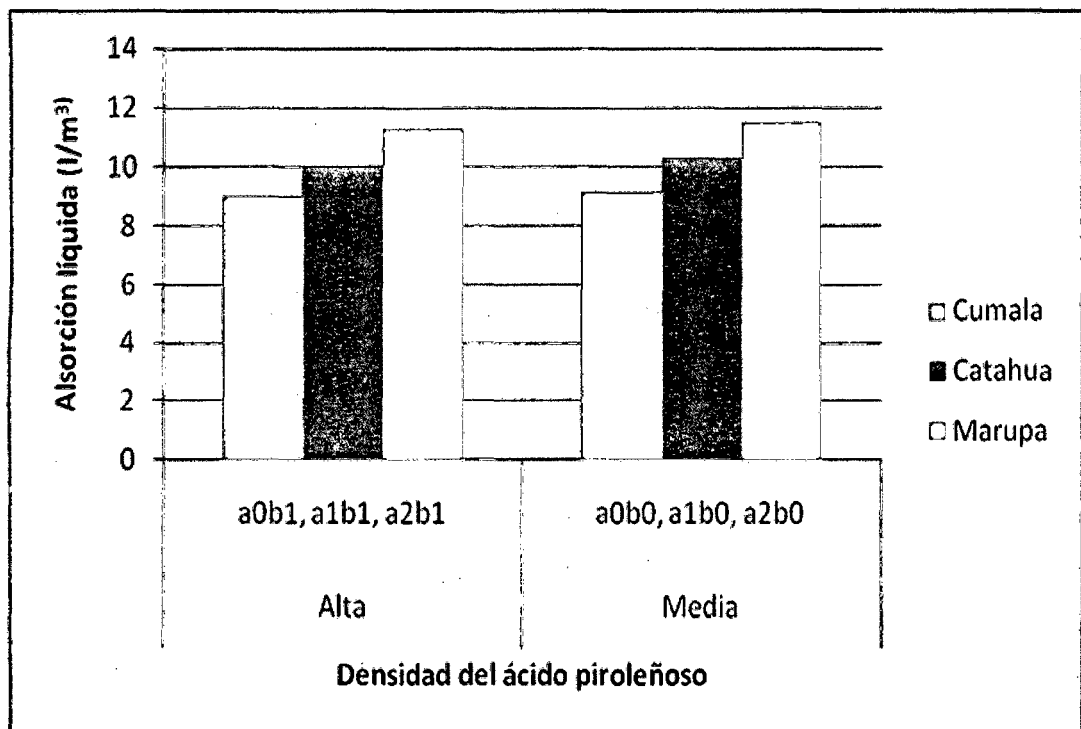


Fig. 1. Absorción líquida ( $\text{l/m}^3$ ) para los tratamientos.

**Cuadro 2.** Interacción o distribución de los factores para los tratamientos de la absorción líquida ( $l/m^3$ ).

Especies	Densidad de las especies de ácido piroleñoso				
	Nivel	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	∑B <sub>i</sub>	Promedio
	a <sub>0</sub>	27,50	26,97	54,47	27,23
	a <sub>1</sub>	30,90	30,15	61,05	30,52
	a <sub>2</sub>	34,50	33,84	68,34	34,17
	∑A <sub>i</sub>	92,90	90,96	183,86	
<b>Promedio</b>	30,96	30,32			

El análisis de varianza (ANVA) indica que existen diferencias significativas entre los diferentes tratamientos (Cuadro 3). Esto confirma que la madera de las especies en estudio responde de diferente manera a la absorción líquida del ácido piroleñoso de densidad media y alta. Sin embargo, la interacción de especies y tipos de solución de ácido piroleñoso no muestra diferencia significativa, por lo tanto no se debe esperarse cambios en la absorción líquida al tratar la madera de cualquier especie con cualquiera de los tipos de solución preservadora o al emplear cualquier tipo de solución de ácido piroleñoso para preservar la madera de cualquiera de las especies en estudio.

**Cuadro 3.** Análisis de varianza para la absorción líquida.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F <sub>cal</sub>	F <sub>tab (0,05)</sub>
TRATAMIENTOS	5	16,25	3,25	171,05	3,11 (S)*
A	2	16,04	8,02	422,10	3,88 (S)*
B	1	0,20	0,20	10,52	4,75 (S)*
AB	2	0,01	0,005	0,26	3,88 (NS)**
ERROR	12	0,23	0,019		
TOTAL	17				

\*(S) Existe diferencia significativa

\*\* (NS) No existe diferencia significativa

El Cuadro 4 muestra los resultados de la prueba de Tukey notándose que los mejores tratamientos estadísticamente significativos con respecto a los demás son la combinación a<sub>2</sub>b<sub>0</sub> (marupa con solución de ácido piroleñoso de densidad media, 11,50  $l/m^3$ ) y la combinación a<sub>2</sub>b<sub>1</sub> (marupa con solución de ácido

piroleñoso de densidad alta, 11,28 l/m<sup>3</sup>). Esto indica que es indiferente optar por cualquiera de ellos. La prueba de Tukey también indica que la madera de las especies en estudio tratadas con el ácido piroleñoso de densidad media y alta tienen diferente comportamiento, por lo que se puede optar por tratar la madera de marupa que presenta un mayor promedio de absorción líquida (34,17 l/m<sup>3</sup>) debido a que la especie tiene menor densidad que las demás indicando poros y vasos de mayor tamaño que permiten que la madera absorba en mayor cantidad la solución preservadora (Gonzales, 1974).

**Cuadro 4.** Prueba de Tukey para la absorción líquida

Orden de mérito	Código de tratamientos	Promedio de absorción líquida (l/m <sup>3</sup> )	Prueba de Tukey*
I	a <sub>0</sub> b <sub>1</sub>	8,99	
II	a <sub>0</sub> b <sub>0</sub>	9,17	
III	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	10,05	
IV	a <sub>1</sub> b <sub>0</sub>	10,30	
V	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	11,28	
VI	a <sub>2</sub> b <sub>0</sub>	11,50	

(\*) Tratamientos unidos por una misma línea no son significativos al 95% de probabilidad

La prueba de Tukey también indica que existe diferencia estadística significativa al tratar la madera de las especies en estudio con los dos tipos de ácido piroleñoso (obtenidos de especies forestales de densidad media y densidad alta). Esto indica que se puede optar por utilizar el ácido piroleñoso de densidad media con el que se obtiene el mayor promedio de absorción líquida (30,96 l/m<sup>3</sup>) debido a su menor viscosidad que hace posible que la sustancia fluya con mayor facilidad dentro de las cavidades de la estructura celular de las especie en estudio (Gonzales, 1974).

Del análisis general de la absorción líquida mediante la inmersión simple de las muestras de madera de las tres especies en estudio (cumala, catahua, marupa) en los dos tipos de soluciones de ácido piroleñoso (densidad media y alta) se puede deducir que los mejores tratamientos son marupa con la solución de ácido piroleñoso de densidad media y marupa con la solución de ácido piroleñoso de densidad alta, por ser estos dos tratamientos los que presentan las mayores absorciones ( $11,50 \text{ l/m}^3$  y  $11,28 \text{ l/m}^3$ , respectivamente), clasificando a la madera de marupa como de absorción nula (AN) (menos de  $50 \text{ l/m}^3$ ) (Aróstegui, 1979); cabe recalcar que esta clasificación está basada en el uso al que se le destine a la madera; mientras que el sistema de preservación por inmersión simple utilizado en este estudio es un tratamiento preventivo o profiláctico que tiene como objetivo el proteger la madera de agentes biodeteriorantes hasta que pueda ser comercializada (no más de 3 meses).

#### 4.2. Penetración

En el Cuadro 5 se muestran los resultados del ensayo de penetración para todos los tratamientos, donde es posible apreciar los totales y promedios obtenidos, teniendo en cuenta las repeticiones respectivas.

**Cuadro 5.** Penetración (mm) de la solución de ácido piroleñoso en la preservación por inmersión simple de las tres especies en estudio.

Especies	Acido piroleñoso	Tratamiento	Penetración (mm)			Total	Promedio
			r1	r2	r3		
Cumala	Densidad media	$a_0b_0$	2,75	2,70	2,80	8,25	2,75
	Densidad alta	$a_0b_1$	2,78	2,70	2,65	8,13	2,71
Catahua	Densidad media	$a_1b_0$	3,15	2,90	3,10	9,15	3,05
	Densidad alta	$a_1b_1$	2,74	2,95	2,80	8,49	2,83
Marupa	Densidad media	$a_2b_0$	3,25	3,40	3,55	10,20	3,40
	Densidad alta	$a_2b_1$	3,15	3,20	2,95	9,30	3,10

08 JUN 2011

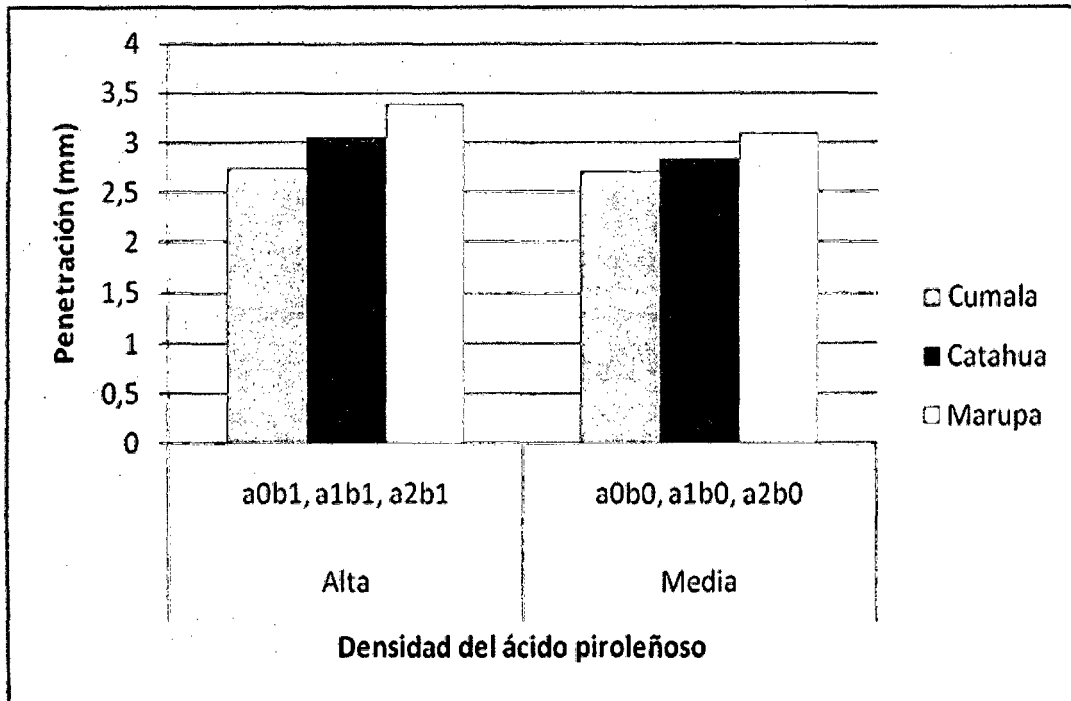


Figura 2. Penetración (mm) para los tratamientos.

69242

Asimismo, en el Cuadro 6 se puede observar los valores de la distribución de los factores y muestra la sumatoria y promedio de la penetración en las probetas de madera de las especies en estudio de los tipos de solución de ácido piroleñoso (densidad media y alta). En estos dos cuadros se puede observar que los tratamientos que obtienen las menores penetraciones son las probetas de cumala con solución de ácido piroleñoso de densidad alta (2,71mm) y las probetas de cumala con solución de ácido piroleñoso de densidad media (2,75mm) y las mayores penetraciones se obtienen en las probetas de marupa con solución de ácido piroleñoso de densidad media (3,40mm) y las probetas de marupa con solución de ácido piroleñoso de densidad alta (3,10mm) (Figura. 2); por lo que se puede señalar que estos resultados coinciden con los resultados obtenidos en las absorciones líquidas; debiéndose probablemente estos resultados a la diferencia en densidad de la madera de las especies en estudio

puesto que marupa ( $360 \text{ kg/m}^3$ ) presenta menor densidad que cumala ( $460 \text{ kg/m}^3$ ) y la penetración en los capilares y el flujo a través de ellos dependen principalmente del tamaño de los mismos y por consiguiente tiende a ser más permeable y por ende lograr mayor penetración. Estos resultados también están influenciados por la menor viscosidad del ácido piroleñoso de densidad media.

**Cuadro 6.** Interacción o distribución de los factores para los tratamientos de la penetración (mm).

Especies	Densidad de las especies de ácido piroleñoso				
	Nivel	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	∑B <sub>i</sub>	Promedio
	a <sub>0</sub>	8,25	8,13	16,38	8,19
	a <sub>1</sub>	9,15	8,49	17,64	8,82
	a <sub>2</sub>	10,20	9,30	19,50	9,75
	∑A <sub>i</sub>	27,60	25,92	53,52	
<b>Promedio</b>	9,20	8,64			

El Análisis de varianza (ANVA) indica que existen diferencias significativas entre los diferentes tratamientos (Cuadro 7). Esto confirma que la madera de las especies en estudio responde de diferente manera a la penetración del ácido piroleñoso de densidad media y alta. Sin embargo, la interacción de especies y tipo de solución preservadora no muestra diferencia significativa por lo que no debe esperarse cambios en la penetración al tratar la madera de cualquier especie con cualquiera de los tipos de solución de ácido piroleñoso o al emplear cualquier tipos de solución de ácido piroleñoso con cualquiera de las especies.

**Cuadro 7.** Análisis de varianza para la penetración.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.cal.	F.tab 0.05
TRATAMIENTOS	5	1,03	0,21	16,15	3,11 (S)*
A	2	0,82	0,41	31,54	3,88 (S)*
B	1	0,16	0,16	12,31	4,75 (S)*
AB	2	0,05	0,02	1,54	3,88 (NS)**
ERROR	12	0,16	0,013		
TOTAL	17				

\*(S) Existe diferencia significativa

\*\* (NS) No existe diferencia significativa



El Cuadro 8 muestra los resultados de la prueba de Tukey en el que se nota que los mejores tratamientos estadísticamente significativos son la combinación  $a_2b_0$  (marupa con solución de ácido piroleñoso de densidad media, 3,40 mm) y la combinación  $a_2b_1$  (marupa con solución de ácido piroleñoso de densidad alta, 3,10 mm). Estos resultados coinciden con los de la absorción líquida. Esto indica que es indiferente optar por cualquiera de los dos tratamientos, no obstante el fin del tratamiento preservador es buscar siempre la mayor penetración.

**Cuadro 8.** Prueba de Tukey para la penetración.

Orden de mérito	Código de tratamientos	Promedio de penetración (mm)	Prueba de Tukey *
I	$a_0b_1$	2,71	
II	$a_0b_0$	2,75	
III	$a_1b_1$	2,83	
IV	$a_1b_0$	3,05	
V	$a_2b_1$	3,10	
VI	$a_2b_0$	3,40	

(\*) Tratamientos unidos por una misma línea no son significativos al 95% de probabilidad

La prueba de Tukey también indica que existe diferencia significativa en la penetración de la solución preservadora en la madera de las tres especies en estudio, siendo marupa la que consigue la mayor penetración de 9,75 mm, coincidente con el mayor resultado de absorción líquida, debiéndose probablemente a los mismos factores señalados en la absorción, es decir a la diferencia de densidades que ofrece el marupa con respecto a la catahua y cumala, respectivamente.

La prueba de Tukey para la penetración del ácido piroleñoso de densidad media y alta muestra que existe diferencia significativa entre los tratamientos por lo que es mejor optar por utilizar la solución de ácido piroleñoso de densidad media con la que obtuvo un mayor promedio de penetración (9,20 mm); debiéndose esto a que esta solución presenta una menor viscosidad que la solución de densidad alta que hace que puede fluir con mayor facilidad dentro de los espacios vacíos que se presenta dentro de la estructura celular de las especies en estudio (GONZALES, 1974).

Del análisis general de la penetración se puede deducir que los mejores tratamientos son marupa con la solución de ácido piroleñoso de densidad media y marupa con la solución de ácido piroleñoso de densidad alta por ser estos dos tratamientos los que presentan las mayores penetraciones (3,40 mm y 3,10 mm, respectivamente), clasificando la madera de marupa como de penetración parcial irregular (PI) según la distribución de la solución dentro de las muestras (ITINTEC, 1973). Esta clasificación probablemente se deben a factores ajenos a la investigación, como es la composición anatómica de las especies: estructura heterogénea, presencia de elementos obturados, tálides, gomas y otras sustancias que impiden la penetración en forma regular y total por métodos convencionales sin presión; pudiendo probablemente variar esta forma de penetración, modificando cualquier de los factores estudiados.

#### **4.3. Evaluación de la eficiencia del ensayo de preservación**

En el Cuadro 9 se muestran los resultados del ensayo a la resistencia al ataque de termites, expresada en pérdidas de peso de la madera de las tres especies en estudio preservadas con la solución de ácido piroleñoso de densidad

media y alta media y alta, así como de las muestras testigos que no fueron preservadas. Se observa que al cabo de tres meses de exposición al ataque de termites, las muestras de madera de las tres especies en estudio presentan una resistencia similar al ser tratados con la solución de ácido piroleñoso de ambas densidades, esto es, experimentan una mínima pérdida de peso (0,38g para la solución de densidad media y 0,39g para la solución de densidad alta), No obstante, es posible notar una menor pérdida de peso en las muestras de marupa con las soluciones de densidad media y alta respectivamente en relación a las muestras de catahua y cumala tratadas con las soluciones de ambas densidades. Estos resultados corroboran los resultados encontrados en los ensayos de absorción líquida y penetración; sin embargo en las muestras testigos se puede observar que la pérdida de peso es significativamente mayor con respecto a las muestras preservadas.

Por lo tanto se puede concluir que la solución de ácido piroleñoso puede actuar eficientemente como sustancia protectora de maderas susceptibles al ataque de termites si es que se las preserva con mayores tiempos de inmersión y con otros métodos que ofrezcan una mayor absorción y penetración como es el caso de la inmersión prolongada y el método baño caliente-frío. Así mismo es necesario alentar estudios físico-químicos de la solución de ácido piroleñoso a fin de determinar el componente activo protector de la madera y posteriormente sintetizarlo para su posible industrialización y uso comercial.

**Cuadro 9.** Resistencia al ataque de termites de la madera de las especies en estudio preservadas con la solución de ácido piroleñoso de densidad alta y media

Repetición	Densidad del ácido piroleñoso																	
	Media									Alta								
	Cumala			Catahua			Marupa			Cumala			Catahua			Marupa		
	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Pérdida de peso (g)	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Pérdida de peso (g)	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Pérdida de peso (g)	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Pérdida de peso (g)	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Pérdida de peso (g)	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Pérdida de peso (g)
1	13,50	12,40	1,10	11,90	11,05	0,85	11,80	11,15	0,65	13,30	12,17	1,13	12,00	11,08	0,92	11,65	10,93	0,72
2	13,35	12,30	1,05	12,00	11,20	0,80	11,70	11,02	0,68	13,40	12,32	1,08	12,10	11,21	0,89	11,80	11,09	0,71
3	13,20	12,20	1,00	11,95	11,14	0,81	11,85	11,17	0,68	13,25	12,16	1,09	12,20	11,31	0,89	11,70	11,00	0,70
Total	40,05	36,40	3,15	35,85	33,39	2,46	35,35	33,34	2,01	39,95	36,65	3,30	36,30	33,60	2,70	35,15	33,02	2,13
Promedio	13,35	12,30	1,05	11,95	11,13	0,82	11,78	11,11	0,67	13,32	12,22	1,10	12,10	11,20	0,90	11,72	11,01	0,71
Repetición	Testigos (Sin preservación)																	
	Cumala			Catahua			Marupa											
	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Pérdida de peso (g)	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Pérdida de peso (g)	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Pérdida de peso (g)									
	1	13,10	8,75	4,35	12,10	7,82	4,28	11,70	7,30	4,40								
2	13,25	8,80	4,45	11,95	7,63	4,32	11,60	7,17	4,43									
3	13,40	9,00	4,40	12,00	7,70	4,30	11,55	7,10	4,45									
Total	39,75	26,55	13,20	36,05	23,15	12,90	34,85	21,57	13,28									
Promedio	13,25	8,85	4,40	12,02	7,72	4,30	11,62	7,19	4,43									

En el Cuadro 10 se reporta la clasificación de la madera de las tres especies en estudio de acuerdo a su grado de resistencia al ataque de termites. La madera de cumala, catahua y marupa preservada por inmersión simple con la solución de ácido piroleñoso se clasifica como *moderadamente resistente*, mientras que la madera sin preservar se clasifica como *no resistente*. El grado de resistencia está siendo influenciado por la especie y por la densidad de la solución preservadora, sin embargo el porcentaje promedio de pérdida de peso debido a la solución de ácido piroleñoso de densidad media y alta es muy parejo (5,67% y 6,06% para marupa, 6,86% y 7,44% para catahua y 7,86% y 8,26% para cumala, valores que no están muy lejanos al 5% que es el porcentaje de peso permitido para clasificar a la madera como *resistente*, lo cual permite inferir que el insecto al encontrar en el interior de la madera alguna sustancia tóxica (como la solución de ácido piroleñoso) en cantidades adecuadas se contendrá de atacarla o si los hacen el deterioro será mínimo (Deon, 1989).

**Cuadro 10.** Clasificación de la madera de las tres especies en estudio preservadas por el método de inmersión simple en función al grado de resistencia al ataque de termites.

<b>Especies</b>	<b>Densidad de la solución de ácido piroleñoso</b>	<b>Promedio de pérdida de peso (%)</b>	<b>Grado de resistencia</b>
Cumala	Media	7,86	Moderadamente resistente
Catahua	Media	6,86	Moderadamente resistente
Marupa	Media	5,67	Moderadamente resistente
Cumala	Alta	8,26	Moderadamente resistente
Catahua	Alta	7,44	Moderadamente resistente
Marupa	Alta	6,06	Moderadamente resistente
Testigo	Cumala	33,21	No resistente
	Catahua	35,77	No resistente
	Marupa	38,12	No resistente

Del análisis en conjunto de la absorción, de la penetración y de la eficiencia del tratamiento de preservación se puede manifestar que la madera de cumala, catahua y marupa se clasifica como *moderadamente tratable* (MT) utilizando la solución de ácido piroleñoso de densidad media y alta, donde la madera de marupa es la que mejores resultados en términos de absorción líquida, penetración resistencia al ataque de termes.

## V. CONCLUSIONES

- 5.1. Las mayores absorciones líquidas se obtienen al tratar la madera de marupa con la solución de ácido piroleñoso de densidad media con 11,50 l/m<sup>3</sup> y al tratar la madera de marupa con la solución de ácido piroleñoso de densidad alta con 11,28 l/m<sup>3</sup>, no obstante se clasifica a la madera como de *absorción líquida nula (AN)*.
- 5.2. Las mayores penetraciones se obtienen en el tratamiento de la madera de marupa con la solución de ácido piroleñoso de densidad media con 3,40 mm y en el tratamiento de madera de marupa con la solución de ácido piroleñoso de densidad alta con 3,10 mm, clasificando a la madera como de penetración parcial irregular (PI).
- 5.3. La madera de cumala, catahua y marupa, preservadas con las soluciones de ácido piroleñoso de especies de densidad media y alta experimentaron una mínima pérdida de peso al ser sometidas al ataque de termites lo cual permite clasificar a la madera de estas especies como *moderadamente resistente* al ataque de termites.
- 5.4. Del análisis general tanto de la absorción líquida, de la penetración y el ensayo de resistencia al ataque de termites, se clasifica a la madera de las especies en estudio como moderadamente tratables (MT).

## VI. RECOMENDACIONES

- 6.1 Realizar estudios de investigación con las soluciones de ácido piroleñoso obtenido de especies forestales de densidad media y alta en combinación con mayores tiempos de inmersión al utilizado en este estudio, de manera que se determine el mejor tratamiento que asegure una mayor absorción y penetración adecuada.
- 6.2. Realizar estudios físico-químicos de los componentes de la solución de ácido piroleñoso a fin de poder determinar sus componentes activos.
- 6.3. Realizar estudios de factibilidad económica de preservar la madera con la solución de ácido piroleñoso de densidad media y alta que permita determinar el costo de un pie tablar preservado.



## VII. BIBLIOGRAFIA

- Aguinelo, F. 1980. Uso da madeira para fins energéticos. Teoría de carbonizacáo da madeira. Fundacao Centro Tecnológico de Minas Gerais/CETEC. Serie de Publicaciones Técnicas. SPT- 001. 29-41.
- Arostegui, A. 1979. Estudio integral de la madera para construcción. Ministerio de Agricultura-Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 166 p.
- Arostegui, A. 1998. Recopilación y análisis de estudios tecnológicos de maderas peruanas. Proyecto PNUD/FAO/PER/81/002. Documento de Trabajo No. 2. Lima, Perú. 57 p.
- Benites, L. 1990. Aspectos económicos de la industria del aserrío en la zona de Iquitos-Loreto. Tesis Ing. Forestal. FIF-UNAP. Iquitos, Perú. 5 p.
- Browning, B. 1963. The chemistry of wood. The Institute of Paper Chemistry. Appleton. Wisconsin. 90-95.
- Del Águila, A. 1985. Efecto de la preservación por inmersión con la Multisal CCB en el acabado de muebles de *Copaifera officinalis* (copaiba). Tesis Ing. Forestal. FIF-UNAP. Iquitos, Perú. 83 p.
- Scudere, J. 1994. Resistencia natural de tres especies forestales al ataque de termites en Iquitos. Tesis Ing. Forestal. FIF-UNAP. Iquitos, Perú. 45 p.
- Espíritu, P., Panduro, R., Torres, J., Cordova, S. 2000. Preservación de la madera aserrada de seis especies forestales susceptibles al ataque de termites utilizando el preservante natural del cedro". Informe final. OGINV-UNAP. Iquitos, Perú. 50 p.
- Gonzales, J. 1974. Preservación de la madera. Minsiterio de Energía y Minas. Universidad Nacional Agraria La molina. Lima, Perú. 103 p.

- INDECOPI. 1974. NTP 251.025. Preservación de madera. Extracción de muestras de madera preservada. Norma Técnica ITINTEC 251.025. Lima. 9 p.
- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION (INN). 1979. Madera preservada. Extracción de muestras. Norma Técnica INN.NCh. 631 of 78. Santiago. Chile. 7 p.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLOGICA-DIMAD. 1980. Ensaio acelerado de laboratorio para determinacao de eficiencia de preservativos contra fungos de podridao Mole. Sao Paulo. 2p.
- Jankowsky, I. e Lepage, E. 1986. O creosoto de *Eucalytus* sp. como preservativo para madeiras. ESALQ-USP. Dpto. de Ciencias Florestais. Piracicaba 33:47-57.
- Jankowsky, I. 1986. Os creosotos na preservacao de madeiras. ESALQ-USP. Dpto de Ciencias Florestais. Piracicaba 34:5-4.
- Junta del Acuerdo de Cartagena. 1982. Manual de diseño para madera de la Sub-Región Andina. PADT-REFORT. Cali-Colombia. 353 p.
- Junta del Acuerdo de Cartagena. 1988. Manual del Grupo Andino para la preservación de maderas. Proyecto Sub-Regional de la Promoción Industrial de la Madera para la Construcción. Colombia.
- Matos, M. 1981. Gasificacao de madeira e carvao vegetal. Características das productos da carbonizacao de madeiras. Fundacao Centro Tecnológico de Minas Gerais. 37-43.
- Meder, B. 1986. Rendimiento de carbón vegetal y cuantificación de líquido piroleñoso de las especies *Lecythis peruviana* L. Williams (machimango blanco), *Miconia poepigi* Triana (rifari) y *Jacaranda copaia* Aubl. (huamanzamana). Tesis Ing. Forestal. FIF-UNAP. Iquitos. 111 p.

- Panduro, D. 2000. Comportamiento al tratamiento profiláctico en madera aserrada de catahua (*Hura crepitans*) y marupa (*Simarouba amara* Aubl) utilizando el extracto líquido del cedro, Iquitos-Perú. Tesis Ing. Forestal. FIF-UNAP. Iquitos, Perú. 60 p.
- Remigio, M. 1984. Rendimiento y calidad del carbón de cuatro maderas del Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Ciencias Forestales. Lima, Perú. 60 p.
- Solano, A. 1989. Gas de madera a partir de los residuos de aserrío de tornillo *Cedrelinga catenaeformis* Ducke, capinuri *Maquira coriaceae* Kurst y cumala blanca *Virola* sp. Tesis Ing. Forestal. FIF-UNAP. Iquitos, Perú. 104 p.
- Swiderski, J. 1978. Importancia de la preservación de la madera en los países tropicales. *Unasyva* 22(3):19-21.
- Taranco, M., Cabudivo, A. y Da Cunha, M. 1991. Alternativas energéticas de veintiocho especies forestales de la Amazonía peruano-brasileña. Red Nacional de Información Forestal. Facultad de Ingeniería Forestal-UNAP. CEDIF. Iquitos. 46 p.
- Vaca, R. 1998. Técnicas para la preservación de madera. Documento Técnico 65/1998. Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. Bolivia. 52 p.
- Vásquez, J. 1990. Gas de madera de los residuos de aserrío de lupuna *Chorisia integrifolia* Ulb., marupa *Simarouba amara* Aubl. y moena amarilla *Aniba* sp. en Iquitos. Tesis Ing. Forestal. FIF-UNAP. Iquitos, Perú. 101 p.

ANEXO



Figura 3. Mapa de ubicación de Puerto Almendras.

**Cuadro 11.** Absorción líquida de la solución de ácido piroleñoso por las muestras de madera aserrada de cumala preservadas por inmersión simple.

Especie	Densidad del ácido piroleñoso	Repetición	P1 (g)	P2 (g)	Vol (cm <sup>3</sup> )	Absorción líquida (l/m <sup>3</sup> )	Prom. de absorción líquida
Cumala	Media	1	435,10	444,48	1016	9,23	9,17
		2	450,20	459,37	1016	9,03	
		3	460,30	469,70	1016	9,25	
	Alta	1	435,40	444,46	1016	8,92	8,99
		2	475,10	484,29	1016	9,05	
		3	467,5	476,39	1016	9,00	

**Cuadro 12.** Absorción líquida de la solución de ácido piroleñoso por las muestras de madera aserrada catahua preservadas por inmersión simple.

Especie	Densidad del ácido piroleñoso	Repetición	P1 (g)	P2 (g)	Vol (cm <sup>3</sup> )	Absorción líquida (l/m <sup>3</sup> )	Prom. de absorción líquida
Catahua	Media	1	360,15	370,56	1016	10,25	10,30
		2	375,20	385,68	1016	10,32	
		3	352,30	362,80	1016	10,33	
	Alta	1	366,10	375,26	1016	10,00	10,05
		2	385,30	395,66	1016	10,20	
		3	370,40	380,51	1016	9,95	

**Cuadro13.** Absorción líquida de la solución de ácido piroleñoso por las muestras de madera aserrada marupa preservadas por inmersión simple.

Especie	Densidad del ácido piroleñoso	Repetición	P1 (g)	P2 (g)	Vol (cm3)	Absorción líquida (l/m3)	Prom. de absorción líquida
marupa	Media	1	345,16	356,95	1 016	11,60	11,50
		2	358,20	370,09	1 016	11,70	
		3	340,20	351,58	1 016	11,20	
	Alta	1	350,00	361,41	1 016	11,23	11,28
		2	365,40	376,90	1 016	11,32	
		3	357,15	368,62	1 016	11,29	

**Cuadro 14.** Penetración de la solución de ácido piroleñoso en las probetas de madera de cumala.

Especie	Densidad del ácido piroleñoso	Repetición	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	L4 (mm)	Penetración (mm)	Prom. de penetración
cumala	Media	1	2,73	2,77	2,78	2,72	2,75	2,75
		2	2,73	2,70	2,69	2,68	2,70	
		3	2,78	2,80	2,82	2,80	2,80	
	Alta	1	2,75	2,81	2,76	2,80	2,78	2,71
		2	2,68	2,72	2,71	2,69	2,70	
		3	2,60	2,70	2,68	2,62	2,65	

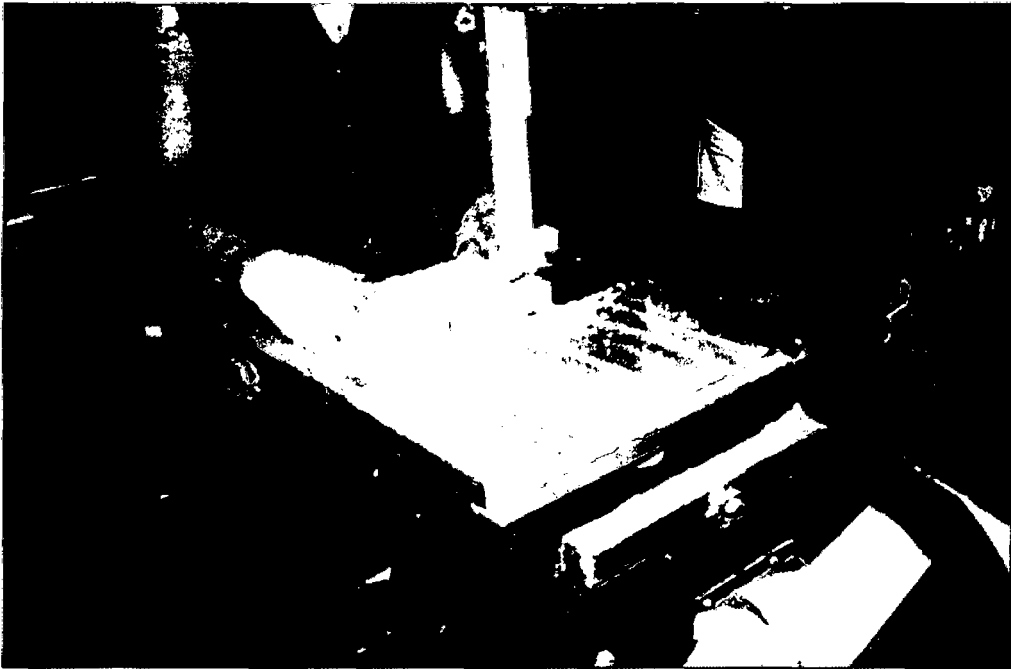
**Cuadro 15.** Penetración de la solución de ácido piroleñoso en las probetas de madera de catahua.

Especie	Densidad del ácido piroleñoso	Repetición	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	L4 (mm)	Penetración (mm)	Prom. de penetración
catahua	Media	1	3,10	3,18	3,12	3,20	3,15	3,05
		2	2,90	2,94	2,88	2,88	2,90	
		3	3,00	3,15	3,10	3,15	3,10	
	Alta	1	2,80	2,74	2,72	2,70	2,74	2,83
		2	2,94	2,90	3,00	2,96	2,95	
		3	2,80	2,78	2,82	2,80	2,80	

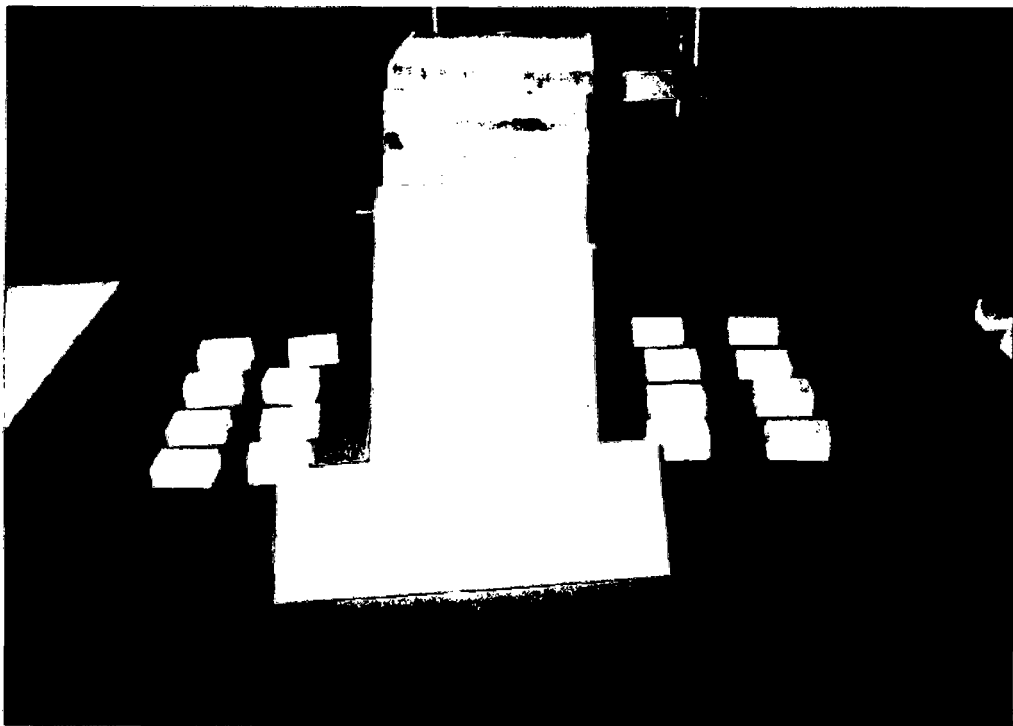
**Cuadro 16.** Penetración de la solución de ácido piroleñoso en las probetas de madera de marupa.

Especie	Densidad del ácido piroleñoso	Repetición	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	L4 (mm)	Penetración (mm)	Prom. de penetración
marupa	Media	1	3,25	3,30	3,25	3,20	3,25	3,40
		2	3,40	3,35	3,45	3,40	3,40	
		3	3,52	3,58	3,53	3,57	3,55	
	Alta	1	3,10	3,20	3,12	3,18	3,15	3,10
		2	3,18	3,17	3,30	3,15	3,20	
		3	2,98	2,93	2,97	2,92	2,95	

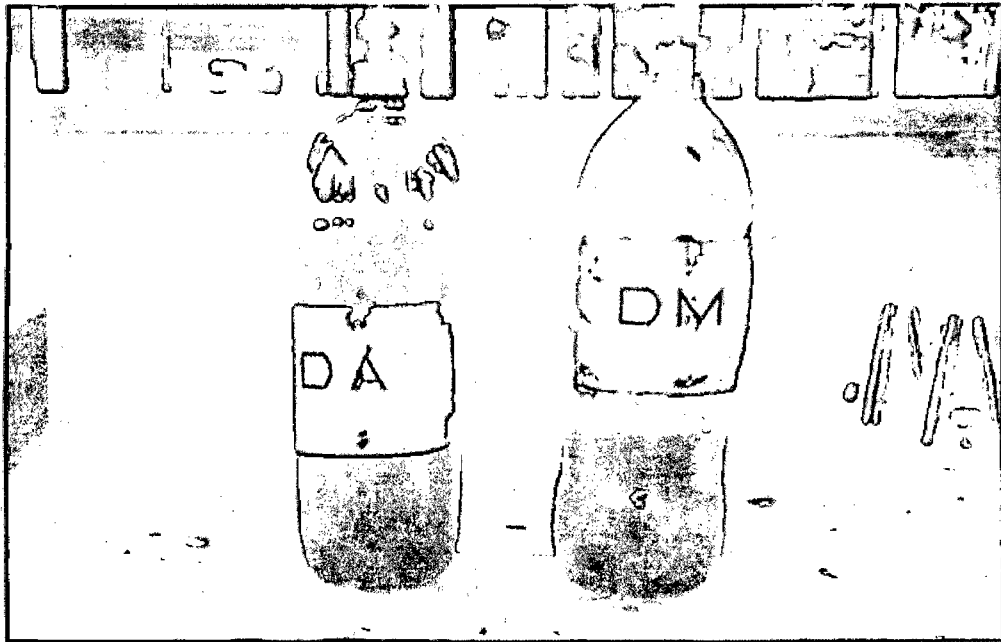




**Figura 4.** Obtención de muestras de madera para los ensayos de preservación y resistencia al ataque de termes



**Figura 5.** Muestras de madera para ensayos de preservación y ataque de termes



**Figura 6.** Solución preservadora de ácido piroleñoso de densidad media alta.



**Figura 7.** Muestra de madera después del tratamiento por inmersión simple.

08 JUN 2011

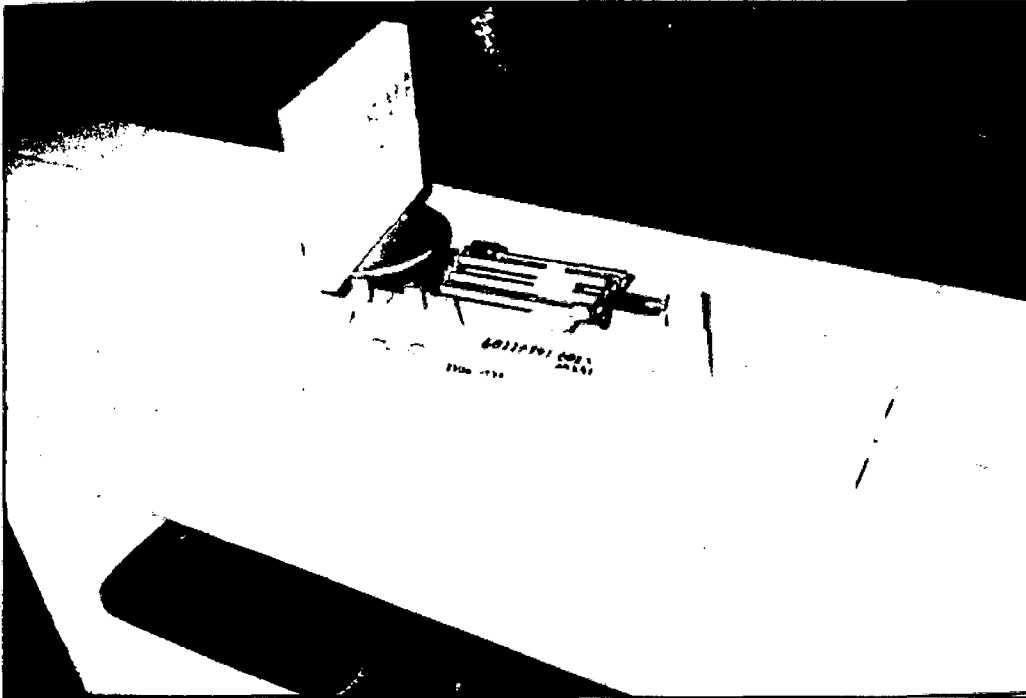


Figura 8. Obtención del peso de las muestras antes del tratamiento.

69242

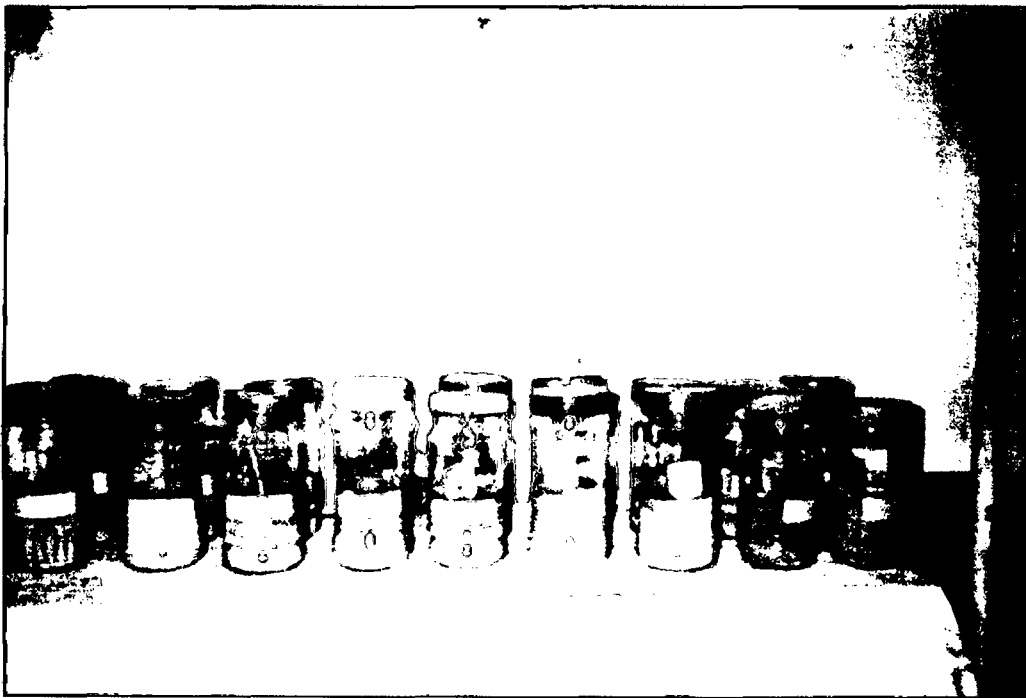


Figura 9. Exposición de las probetas preservadas al ataque de termes