UNIVERSIDAD AUTÓNOMA GABRIEL RENÉ MORENO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS

CARRERA DE ING. FORESTAL

TESIS DE GRADO

EVALUACIÓN DE REPELENCIA A LA HUMEDAD Y ATAQUE DE TERMITAS (*Cryptotermes brevis*), DEL ACEITE DE PESOÉ (*Pterodon emarginatus*) EN DOS TIPOS DE MADERAS, OCHOÓ (*Hura crepitans*) Y YESQUERO NEGRO (*Cariniana estrellensis*).

Presentada para optar por el título de:

INGENIERÍA FORESTAL

AUTOR: Douglas Sandoval Dominguez

ASESOR: Roberto Quevedo S., MSc.

ASESOR: Diego Javier Coímbra Molina

Santa Cruz de la Sierra – Bolivia

2016

APROBACIÓN

La presente Tesis de Grado “Evaluación de repelencia a la humedad y ataque de termitas (*Cryptotermes brevis*), del aceite de Pesoé (*Pterodon emarginatus*) en dos tipos de maderas, Ochoó (*hura crepitans*) y Yesquero negro (*Cariniana estrellensis*)”, presentada por el Univ.: Douglas Sandoval Dominguez, como requisito para optar por el grado de Licenciado en Ingeniería Forestal en la Carrera de Ingeniería Forestal, Facultad de Ciencias Agrícolas, de la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno.

El presente estudio fue revisado, corregido y aprobado por los siguientes asesores y tribunal:

Roberto Quevedo S., MSc.
ASESOR

Diego J. Coímbra Molina. FCBC
ASESOR

EEEEEEEEEEEEEEEEEEE
TRIBUNAL

EEEEEEEEEEEEEEEEEEE
TRIBUNAL

EEEEEEEEEEEEEEEEEEE
TRIBUNAL

EEEEEEEEEEEEEEEEEEE
DIRECTOR DE CARRERA
INGENIERIA FORESTAL

EEEEEEEEEEEEEEEEEEE
DECANO DE LA F.C.A.

Santa Cruz, Bolivia

2016

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la fuerza para seguir adelante y darme la oportunidad de terminar mis estudios universitarios.

Agradezco a mis padres Rafael Sandoval y Betty Domínguez, por su apoyo incondicional en todas las metas que me establecido.

Agradezco a mis hermanas por todas sus ayudas durante todo este tiempo.

Agradezco Fanny por toda su ayuda y colaboración durante mis estudios y apoyarme en el cuidado y formación de nuestro hijo.

Agradezco al Ing. For. Roberto Quevedo S. MSc., por toda su ayuda, disponibilidad de tiempo y consejos durante el proceso de toma de datos y finalización del estudio de Tesis.

Agradezco al Sr. Diego J. Coímbra M., (F.C.B.C), por su colaboración en la realización del estudio.

Agradezco a la familia Cuellar Torres, por su amistad incondicional y apoyo en todos estos años que los conozco.

Agradezco a la familia Carbajal Alejandro, por la ayuda que me han brindado.

Agradezco a todos mis Tíos por darme su apoyo y consejos de ánimo para seguir adelante.

Agradezco a mis compañeros de la U.E. Cándida María de Jesús por su amistad.

Agradezco a mi primo Saúl Sandoval Bonilla, por sus consejos.

Agradezco a todos mis compañeros y amigos universitarios por su amistad.

DEDICATORIA

Dedico el presente estudio a mi hijo **ISAAC SANDOVAL IGNACIO**, por ser la fuerza y las ganas que Dios me envió para no rendirme y seguir adelante en todas las metas que he propuesto. Para mi hijo por ser la luz que necesitaba en los momentos grises de mi vida, por alumbrar mi vida con solo una sonrisa, por ser la muestra de amor que Dios tiene hacia mi persona, sin ti no lo haya logrado. Te amo.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 1

2. OBJETIVOS 2

2.1 Objetivo general 2

2.2 Objetivos específicos 2

2.3 Hipótesis 2

3. REVISIÓN DE LITERATURA 3

3.1 Descripción de las especies de estudio 3

3.1.1 Especie Pesoé (*Pterodon emarginatus*, Vogel). 3

3.1.2 Especie yesquero negro (*Cariniana estrellensis*) 4

3.2 La madera 9

3.3 Durabilidad natural de la madera 10

3.4 El agua en la madera 10

3.5 Propiedades básicas de la madera 11

3.5.1 Anisotropía de la madera 11

3.5.2 Higroscopicidad de la madera 11

3.5.3 Polaridad 11

3.6 Sorción de la madera 11

3.7 Protección de la madera 11

3.8 Protección de la madera por tratamientos y cubrimientos superficiales 12

3.9 Protección de la madera por barniz 12

3.10 Las termitas 13
3.11 Termitas de madera seca 13
3.12 Termita Cryptotermes brevis 14
3.13 Maderas resistentes a las termitas de madera seca 16
3.14 Uso de aceite para el control de termitas 17
4. MATERIALES Y MÉTODOS 19
4.1 Materiales 19
4.1.1 Área de estudio 19
4.1.2 Obtención del aceite para el estudio 19
4.1.3 Obtención de las probetas para el estudio 19
4.1.4 Colecta de termitas 19
4.1.5 Adaptación de las termitas al laboratorio 19
4.2 Métodos 20
4.2.1 Establecimiento del ensayo de repelencia a la humedad 20
4.2.2 Diseño experimental 20
4.2.3 Toma de datos 21
4.2.4 Establecimiento del ensayo repelencia del ataque de termitas 23
4.2.5 Diseño experimental 25
4.2.6 Toma de datos 26
4.2.7 Análisis de datos 28
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 30
5.1 Resultados de la prueba de repelencia a la humedad 30

5.1.1 Coeficiente de adsorción de humedad 30
5.1.2 Porcentaje de adsorción y desorción de humedad 31
5.1.3 Efectividad de exclusión de humedad 34
5.1.4 Retención del Bio-barniz en las probetas 35
5.2 Resultados de la prueba repelencia a las termitas en los discos de papel filtro 36
5.2.1 Mortalidad de las termitas 36
5.2.2 Pérdida de peso 37
5.2.3 Coeficiente absoluto de anti alimentación 37
5.2.4 Inhibición de la alimentación 38
5.2.5 Gráficos de área consumida por semanas de las pruebas 39
5.2.6 Retención del Bio-barniz discos de papel filtro 41
5.3 Resultados de la prueba repelencia a las termitas en probetas 41
5.3.1 Resultado de penetración de las soluciones del aceite del pesoé en las probetas de madera 41
5.3.2 Mortalidad de las termitas 43
5.3.3 Pérdida de peso 44
5.3.4 Coeficiente absoluto de anti alimentación 44
5.3.5 Inhibición de la alimentación 45
5.3.6 Consumo de las probetas por las termitas 46
5.4 Estimación de costos del uso de los barnices tradicionales y el Bio-barniz de Pesoé50
5.5 Preparaciones del Bio-barniz de Pesoé 51
5.6 Cotización de barnices, diluyentes y tratamiento anti termitas 52

6. CONCLUSIONES.....55

7. RECOMENDACIONES 56

8. LITERATURA CITADA.....57

9. ANEXOS.....61

ANEXOS

Anexo 1. Árbol de la especie de Pesoé (*Pterodon emarginatus*). 61

Anexo 2. Fruto y semilla del Pesoé (*Pterodon emarginatus*). 62

Anexo 3. Sitio de colecta de la termita *Cryptotermes brevis.* 62

Anexo 4. Frasco de vidrio donde estuvieron las termitas para su adaptación ambiental al laboratorio. 63

Anexo 6. Análisis de varianza para la variable adsorción de humedad. 63

Anexo 5. Sitio de establecimiento de las prueba con los frascos de plásticos. 63

Anexo 7. Análisis de varianza para la variable pérdida de peso de los discos de papel filtro. .63

Anexo 8. Consumo de las termitas en los discos de papel filtro por semanas T_0 64

Anexo 9. Consumo de las termitas en los discos de papel filtro por semanas T_1. 64

Anexo 10. Consumo de las termitas en los discos de papel filtro por semanas T_2. 64

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Composición química del aceite de *Pterodon emarginatus*. 4

Cuadro 2. Características dendrológicas y propiedades físicas mecánicas de la especie Yesquero negro. 5

Cuadro 3. Características dendrológicas y propiedades físicas mecánicas de la especie Ochoó. 7

Cuadro 4. Descripción de las termitas de madera seca. 13

Cuadro 5. Clasificación de especies forestales resistente al ataque de la termita *Nasutitermes corniger* y *Cryptotermes brevis*. 16

Cuadro 6. Diseño experimental de la prueba repelencia a la humedad. 20

Cuadro 7. Diseño estadístico del estudio repelencia a las termitas en los discos de papel filtro. 25

Cuadro 8. Diseño estadístico de la prueba con probetas de madera. 26

Cuadro 9. Indicadores para evaluar la actividad anti termitica de la solución. 27

Cuadro 10. Test de Tukey, prueba Adsorción de Humedad ($\alpha = 0.05$). 34

Cuadro 11. Retención del Bio-barniz en las probetas utilizadas en el estudio. 36

Cuadro 12. Resultados de la efectividad del ensayo según % de concentración. 36

Cuadro 13. Pérdida promedio de peso debido al consumo. 37

Cuadro 14. Coeficiente absoluto de anti alimentación (%) en pruebas con Papel filtro. 37

Cuadro 15. Comparación de Tukey de la variable pérdida de peso de los discos de papel filtro. 38

Cuadro 16. Efecto del aceite de Pesoé *(Pterodon emarginatus)* sobre la alimentación de la termita (*Criptotermes brevis)* de madera seca. 39

Cuadro 17. Retención del Bio-Barniz en los discos de papel filtro. 41

Cuadro 18. Penetración del Bio-barniz - corte transversal. 42

Cuadro 19. Penetración del Bio-barniz- corte tangencial. 42

Cuadro 20. Resultados de la efectividad del ensayo según % de concentración. 43

Cuadro 21. Perdida promedio de peso de las probetas de ambas especies. 44

Cuadro 22. Coeficiente absoluto de anti alimentación (%).....45

Cuadro 23. Efecto de las soluciones del aceite de Pesoé sobre la alimentación de la termita de madera seca.....46

Cuadro 24. Estimación de costos del uso de los barnices tradicionales y el Bio-barniz de Pesoé.....50

Cuadro 25. Estimación de cantidades de preparaciones del Bio-barniz en 1000 ml a diferentes % de concentraciones, disolvente alcohol 96%.....51

Cuadro 26. Cotización de costos de diferentes barnices y diluyentes de Monopol. 52

Cuadro 27. Estimación de costo del uso de barniz de Casa color.....54

Cuadro 28. Estimación de costos de productos anti-termitas (Monopol y Casa Color), productos preventivo no curativos.....54

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de distribución de la especie Pesoé en Bolivia. 3

Figura 2. Mapa de distribución de la especie Yesquero negro en Bolivia. 6

Figura 3. Mapa de distribución de la especie Yesquero negro en Bolivia. 9

Figura 4. Partes componentes de la madera. 10

Figura 5. Termita de madera seca *Cryptotermes brevis* (Santa Cruz – Bolivia). 15

Figura 6. Desorción de humedad de las probetas. 23

Figura 7. Discos de papel filtro utilizados en la prueba. 24

Figura 8. Probetas: (a) Especie Ochoó. (b) Especie Yesquero negro. Utilizadas en las pruebas. 24

Figura 9. Resultados del Coeficiente de adsorción de humedad en probetas de Ochoó. 30

Figura 10. Resultados del Coeficiente de adsorción de humedad en probetas de Yesquero negro. 31

Figura 11. Resultados de la prueba de absorción y desorción de humedad en las probetas de testigos de las especies de Ocoó y Yequero negro. 32

Figura 12. Resultados de las pruebas de adsorción y desorción de humedad a los diferentes tratamientos en las probetas.....32

Figura 13. Resultados de la adsorción y desorción de humedad a los diferentes tratamientos en la especie de Yesquero negro.....33

Figura 14. Resultados de la efectividad de exclusión de las probetas de Ochoó. 34

Figura 15. Resultados de la efectividad de exclusión de las probetas deYesquero negro.....35

Figura 16. Consumo de las termitas en los discos de papel filtro por semanas, prueba testigo. 40

Figura 17. Área consumida por las termitas pruebas T_1 y T_2. 40

Figura 18. Esquema de la probeta y penetración de la solución del aceite de Pesoé. 41

Figura 19. Consumo de las termitas en probetas de Ochoó $T_{0.}$ 47

Figura 20. Consume de las termitas en las probetas de Ochoó al T_1. 47

Figura 21. Consume de las termitas en las probetas de Ochoó al T_2. 48

Figura 22. Consumo de las termitas en las probetas de Yequero negro T_0. 48

Figura 23. Consumo de las termitas en las probetas de Yequero negro T_1. 49

Figura 24. Consumo de las termitas en las probetas de Yequero negro T_2. 49

RESUMEN

El presente estudio del aceite del Pesoé se dividió en dos partes, en la primera parte se evaluó su efectividad de repelencia a la humedad y en la segunda parte se evaluó la efectividad como repelente de termitas (*Cryptotermes brevis*), utilizando al aceite de Pesoé como un Bio-barniz. Con el propósito de encontrar una forma natural de conservar la madera en uso sin la utilización de productos químicos y encontrar otro uso a la especie del Pesoé.

En los ensayos de repelencia a la humedad se utilizaron 3 tratamientos de soluciones del aceite del Pesoé al 5% (T_1), 8% (T_2) y control o sin tratamiento (T_0) para las pruebas, el disolvente utilizado fue alcohol y se utilizaron probetas de Ochoó y Yesquero negro con un contenido de humedad 8%, con dimensiones de 10x50x120 mm, con 15 repeticiones por especie por cada tratamiento. Se evaluó la adsorción de la humedad, colocando las probetas impregnadas con los diferentes tratamientos en cámaras de flotación durante 7 días, posteriormente se hicieron cálculos de porcentaje de adsorción de humedad, coeficiente de adsorción y efectividad de exclusión de humedad. Posteriormente se evaluó la desorción de humedad, colocando las probetas en un ambiente seco durante 8 días.

En los ensayos de repelencia a la termita se realizaron dos ensayos, el primer ensayo se utilizaron discos de papel filtro de 5 cm de diámetro y para el segundo ensayo probetas de madera de las especies Ochoó y Yesquero negro con dimensiones de 10x50x60 mm, en ambos ensayos se utilizaron tratamientos de 5% (T_1), 8% T_2) y control 0% (T_0), el disolvente utilizado fue alcohol. Con la finalidad de probar la hipótesis que el aceite actúa como repelente de alimentación de las termitas, para cada ensayo se utilizaron 3 tratamientos (5%, 8% y T.), con 5 repeticiones, cada disco de papel filtro y probetas fueron colocadas en frasco de plásticos con 30 termitas para los discos de papel filtro y 25 termitas para las probetas, colocando los frascos en una área designada dentro del laboratorio a una completa oscuridad y temperatura ambiente de 27ºC ± 2ºC, se las evaluó durante 64 días para el ensayo con discos de papel filtro y 32 días para el ensayo con las probetas. Posteriormente se evaluó la mortalidad de las termitas, pérdida de peso de los discos y probetas, coeficiente absoluto de anti alimentación, índice de repelencia alimentaria de Nielsen y índice de deterrencia alimentaria.

Los resultados encontrados en el estudio de repelencia a la humedad, demuestra que en la primera 24h de exposición a la humedad de las probetas es donde se genera una mayor adsorción de humedad en ambas especies, siendo la especie de Ochoó la que mayor contenido de humedad adsorbe. La desorción de humedad se produce más rápido en las primeras 48 horas en ambas especies. La efectividad de exclusión de humedad en ambas especies sometida a los tratamientos no es muy efectiva.

Estos resultados de repelencia a la humedad nos muestran que el aceite del Pesoé utilizado como Bio-barniz, no tiene propiedad repelente a la humedad, debida a que no forma una capa impermeable en la madera.

Los resultados del estudio de repelencia al ataque de termitas, la mortalidad de las termitas en los ensayos con discos de papel filtro y probetas, muestran que en ambos ensayos la mortalidad es alta. Los resultados de perdida peso en ambos ensayos demuestran que los tratamientos testigos o control demuestran pérdida de peso, mientras que los discos y probetas sometidos a los tratamientos (5% y 8), no hubo pérdida de peso. El coeficiente absoluto de anti alimentación para ambos ensayos a los tratamientos (5% y 8%), es muy efectivo.

Demostrando que el Bio-barniz utilizado como repelente a las termitas a las diferentes concentraciones (5% y 8%), dan como resultados que los tratamientos tienen el mismo efecto sobre la mortalidad de termitas.

Demostrándose que el aceite de Pesoé es muy efectivo contra el ataque de termitas, dando un efecto repelente a las termitas y no posee un efecto insecticida, debido que la muerte de la termita produjo por la falta de alimentación y no por el contacto con el aceite.

1. INTRODUCCIÓN

La madera es el recurso natural o material más antiguo utilizado por el hombre, le ha proporcionado combustible, herramientas y protección (Johnson 1994). Su utilización tiene una gran desventaja, su durabilidad, es sabido que la madera se deteriora con el tiempo, las maderas de alta durabilidad son escasas de conseguir, por lo que se está utilizando maderas secundarias las cuales son de poca durabilidad natural (Encinas 2004). La madera sufre daños causados por agentes bióticos (insectos que se alimentan de madera) y abióticos (la humedad, etc.), por lo que necesita tratamientos de protección preventiva, con el objetivo de mantener una mínima probabilidad que la madera sufra daños (AEIM 2006).

La madera en servicio está sometida a los efectos del exceso de humedad, puede ser afectada en ciertas zonas conocidas como puntos débiles o críticos, por estar propensas a una pudrición, grietas, rajaduras y perforaciones, que se convierten en focos de proliferación de los agentes destructores (PRID-MADERA 1988). Muchos insectos utilizan la madera como fuente de alimento o de protección, algunos viven de la madera seca pero la mayoría de las especies la prefieren húmeda, los insectos más destructores de la madera son las termitas que pueden arruinar una casa en pocos años (Kubler 1991).

La madera puede protegerse mediantes tratamientos de preservadores su aplicación aumenta la vida de las estructuras de madera y por lo tanto evita la necesidad de las sustituciones de los elementos hechos de este material, su preservación tiene un efecto muy importante en su uso, porque ha permitido utilizar maderas consideradas inferiores debido que cuando eran puesta en servicio, sufrían una rápida deterioración (Camargo 1968).

Buscando una solución a los impactos negativos que provocan el exceso de humedad y el ataque de las termitas en la madera provocando su rápido deterioro, se realizó el presente estudio con el objetivo de evaluar el efecto que tiene el aceite de Pesoé como repelente a la humedad y repelente al ataque de termitas, utilizándolo como un Bio-barniz con el propósito de encontrar una nueva alternativa para la conservación de productos de madera, utilizando un producto natural como el aceite de Pesoé y así poder reconocer otro tipo de valor y uso de esta especie.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Evaluar la repelencia a la humedad y al ataque de termitas (*Cryptotermes brevis*), del aceite del Pesoé (*Pterodon emarginatus*) en dos tipos de maderas, Ochoó (*Hura crepitans*) - Yesquero negro (*Cariniana estrellensis*).

2.2 Objetivos específicos

- Analizar si el aceite de Pesoé posee propiedades repelentes a la humedad, mediante un método acelerado de adsorción de humedad (flotación).
- Determinar si el aceite de Pesoé tiene un efecto de repelencia al ataque de termitas de madera seca.
- Estimar los costos de preparación y utilización del aceite del Pesoé como Bio-barniz y compararlos con los costos de utilización de los barnices existente en el mercado.

2.3 Hipótesis

Ho: Los tratamientos no tienen efecto sobre la humedad y mortalidad de termitas.

Ha: Los tratamientos si tienen efectos en al menos una condición.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Descripción de las especies de estudio

3.1.1 Especie Pesoé (*Pterodon emarginatus*, Vogel).

Según Vargas y Jordán (2003), describen la especie Pesoé de la siguiente forma:

Nombre científico: *Pterodon emarginatus,* Vogel.

Familia: Fabáceae

Nombre común: Pesoé

Árbol que alcanza 4-8 m de altura (Anexo 1), tallo corto de 25-40 cm de diámetro, corteza externa conchuda, color gris claro. Copa frondosa, follaje denso, las hojas son compuestas de color verde claro. Flores en espigas cortas, cremas; frutos aplanados de 5 cm de largo, de color gris claro al madurar, semilla alada, chata casi plana y aceitosa internamente (Anexo 2). La madera de esta especie tiene una consistencia dura y pesada, se usa en la construcción de casa para horcones. Tiene un uso medicinal, utilizan su aceite que es extraído de las semillas que sirve para curar resfríos, hinchazón y dolor de barriga, entuerto (limpieza del bajo vientre cuando las mujeres desembarazan), pasmo, heridas infectadas, carachas y dolor de muela.

De acuerdo con Jardín *et al.* (2003), la especie de *Pterodon emarginatus* se encuentra distribuida (Figura 1), en nuestro país se encuentra en el Bosque Chiquitano en la provincia Ángel Sandoval, por la zona de San Matías-Las petas y en la provincia San José de Chiquitos-Roboré.

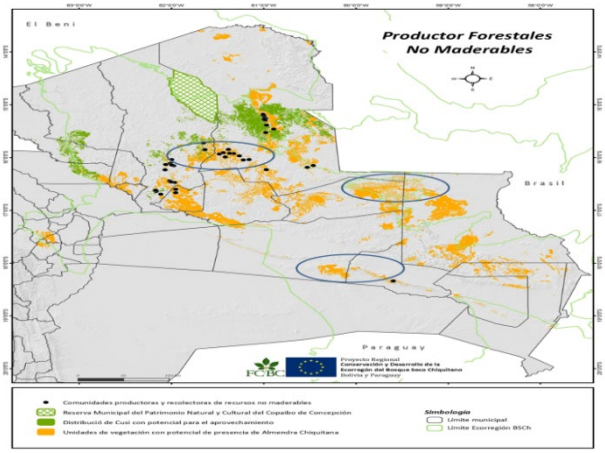


Figura 1. Mapa de distribución de la especie Pesoé en Bolivia.

De acuerdo con Fabián Laszlo, en un análisis de composición químico del aceite de Pterodon emarginatus extraído de las semillas, realizado por Laszlo Aromaterapia Ltda, realizada en UFMG. Los resultados del análisis químico (Cuadro 1) son los siguientes.

Cuadro 1. Composición química del aceite de *Pterodon emarginatus.*

COMPONENTE	PORCENTAJE	VARIACIÓN
Sesquiterpenóides		
aromadendreno	4.2	-
α-humuleno	13.1	10-15%
bergamoteno	1.0	-
α-copaeno	0.7	-
β-cariofileno	49.0	45-55%
β-elemeno	8.5	7-9%
biciclogermacreno	3.1	-
bicicloelemeno	4.0	-
germacreno D	7.6	-
Álcool sesquiterpênico		
espatulenol	0.5	-

3.1.2 Especie yesquero negro (*Cariniana estrellensis*)

De acuerdo con FAO-PAFBOL las características de la especie Yesquero negro (Cuadro 2) son las siguientes.

Cuadro 2. Características dendrológicas y propiedades físicas mecánicas de la especie Yesquero negro.

Identificación de la especie			
Nombre científico:		*Cariniana estrellensis* (Raddi) O.Kuntze	
Familia:		Lecythidaceae	
Nombre comercial internacional:		Albarco, Jequitiba, Yesquero negro	
Área de distribución:		Bosque muy húmedo a húmedo subtropical en los departamentos de Beni, Cochabamba, La Paz y Santa Cruz.	
Grupo comercial:		Valiosa.	
Descripción del árbol			
Copa:		Grande, follaje de color verde intenso, hojas alternas simples.	
Tronco:		Cónico uniforme, altura total hasta 30 m.	
Corteza:		Color negruzco, rugosa con placas grandes delgadas.	
Características organolépticas de la madera			
Color albura:	Rosado claro	Color duramen:	Rosado pálido a marrón claro
Olor:	Parecido a vainilla	Sabor:	No distintivo
Brillo:	Mediano	Grano:	Recto a entrecruzado
Veteado:	Satinado, arcos superpuestos	Textura:	mediana
Propiedades físicas			
Contenido de humedad en verde		69 %	
Densidad básica		0,56 g/cm³	
Densidad al 12% de humedad		0,68 g/cm³	

Contracción radial	4,4 %
Contracción tangencial	7,2 %
Contracción volumétrica	11,5 %
Relación t/r	1,6
Condiciones técnicas para el procesamiento	
Trabajabilidad:	Fácil de procesar mecánicamente, buen acabado superficial.
Preservación:	Permeable.
Durabilidad:	Durable, especialmente fuera de contacto con el suelo.
Secado:	El pre-secado es rápido, con la posibilidad de que se presenten defectos menores. Se recomienda un programa moderado de secado artificial.
Usos finales	
Construcción Puertas Ventanas Marcos de puertas y ventana Muebles Láminas de enchape Parquet y pisos	

De acuerdo con Mostacedo *et al* (2003), la distribución de la especie Yesquero negro en Bolivia (Figura 2) es la siguiente:

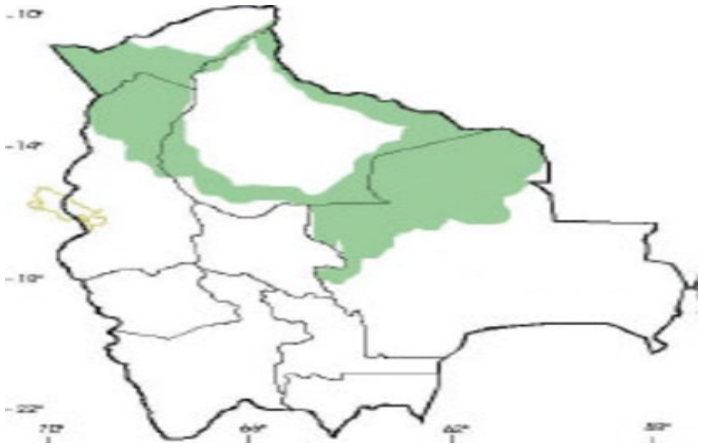


Figura 2. Mapa de distribución de la especie Yesquero negro en Bolivia.

3.1.3 Especie Ochoó (*Hura crepitans*)

De acuerdo con FAO-PAFBOL (2002), las características de la especie Ochoó (Cuadro 3) son las siguientes.

Cuadro 3. Características dendrológicas y propiedades físicas mecánicas de la especie Ochoó.

Identificación de la especie			
Nombre científico:		*Hura crepitans* -L	
Familia:		Euphorbiaceae	
Nombre comercial:		Hura, Possumwood, Assacu	
Área de distribución:		Bosque húmedo tropical, en transición a bosque húmedo subtropical, en los departamentos de Santa Cruz, Beni, Pando, Cochabamba y La Paz.	
Grupo comercial		Valiosa.	
Descripción del árbol			
Copa:		Grande, follaje de color verde intenso, hojas alternas simples.	
Tronco:		Cónico uniforme, altura total hasta 40 m.	
Corteza:		Pardo claro a grisáceo, lisa, exudado látex cáustico peligroso a la vista.	
Características organolépticas de la madera			
Color albura:	Blanco.	Color duramen:	Amarillo claro.
Olor:	No distintivo.	Sabor:	Algo cáustico.
Brillo:	Mediano.	Grano:	Recto a entrecruzado.
Veteado:	Suave.	Textura:	De mediana a gruesa.
Propiedades físicas			
Contenido de humedad en verde:		84%	
Densidad básica:		0.44 g/cm³	

Densidad al 12% de humedad:	0.55 g/cm³
Contracción radial:	3.9%
Contracción tangencial:	5.7%
Contracción volumétrica:	9.7%
Relación T/R:	1.5
Condiciones técnicas para el procesamiento	
Trabajabilidad:	Moderadamente fácil de procesar mecánicamente, pueden presentarse en zonas de tensiones y dificultades en el cepillado, se logra buen acabado superficial.
Preservación:	Moderadamente permeable en las operaciones de preservación.
Durabilidad:	No durable susceptible a la mancha azul.
Secado:	El pre secado es rápido, presentándose defectos entre medianos y mayores. Secado artificial es rápido.

Usos finales

Construcción	Puertas	Ventanas
Lámina de enchape	Muebles en general	Madera para embalaje

De acuerdo con Mostacedo *et al* (2003), la distribución de la especie Ochoó en Bolivia (Figura 3) es la siguiente:

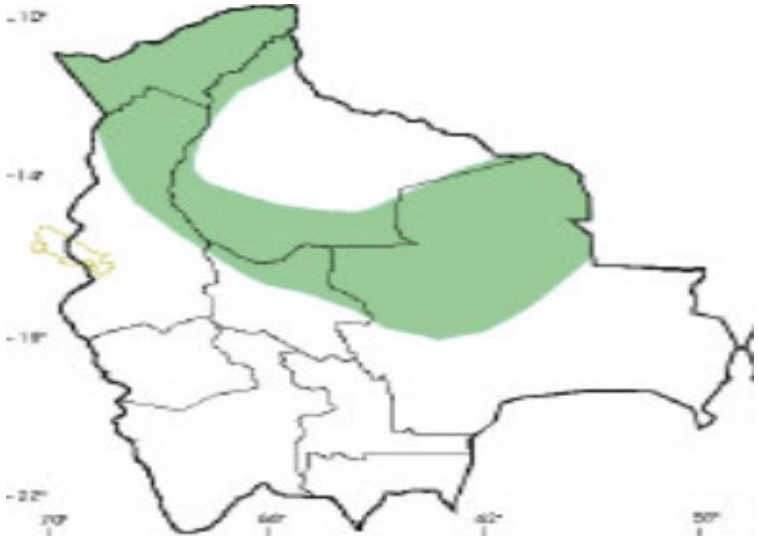


Figura 3. Mapa de distribución de la especie Yesquero negro en Bolivia.

3.2 La madera

De acuerdo con Vargas (1987), la madera es un organismo heterogéneo, formado por un conjunto de células con propiedades específicas para desempeñar funciones vitales de:

- Crecimiento
- Conducción
- Transformación, almacenamiento y conducción de sustancias nutritivas

Sustentación vegetal Según Aguilar y Guzowski (2011), la madera es un material biológico de origen vegetal. Forma parte del tronco de los árboles y su función es transportar agua y sustancias nutritivas del suelo hacia las hojas, da soporte a las ramas que forman la copa y fija las sustancias de reserva almacenando los productos transformados en las hojas. Todas estas funciones determinan la naturaleza de la madera caracterizada por su porosidad y elevada resistencia en relación con su peso, propiedades que la hacen totalmente diferente a otros materiales de construcción.

De acuerdo con Puertas *et al*. (2013), en la madera se pude distinguir la albura, duramen y médula (Figura 4).

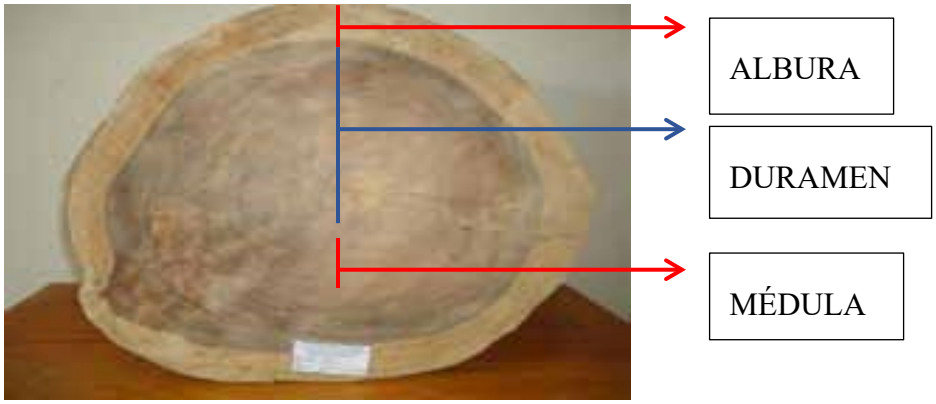


Figura 4. Partes componentes de la madera.

3.3 Durabilidad natural de la madera

Es la propiedad de la madera a resistir los ataques de diversos agentes destructores, sean biológicos (hongos e insectos), desgaste mecánicos e intemperismo los que causan alteraciones en las propiedades físicas y mecánica de la madera. La durabilidad de la madera varía según la especie, porque depende de la composición química de la madera, edad y condiciones de crecimiento (Puertas *et al* 2013).

3.4 El agua en la madera

El árbol en pie contiene un elevado contenido de agua, en algunas especies livianas como ser el Mapajo y balsa puede contener 300% o 400% de contenido de humedad, en otras especies pesadas como el quebracho colorado llegan hasta un 50% a 60% máximo de contenido de humedad (Viscarra 1998).

Cuando el árbol es apeado la madera posee gran cantidad de agua este contenido varía según la especie, región de procedencia y época de corta. La madera por ser un material poroso está conformada por células que tienen la función de conducción como ocurre en la albura que presenta un contenido de humedad mayor que el duramen (Vaca de Fuentes 1998).

3.5 Propiedades básicas de la madera

3.5.1 Anisotropía de la madera

La madera puede presentar desigualdad de comportamiento según el plano o dirección que se considere, este tipo de comportamiento ha obligado denominar de forma diferente los planos o direcciones en: dirección axial, dirección radial y dirección tangencial (Vignote y Jiménez 2000).

3.5.2 Higroscopicidad de la madera

Se denomina higroscopicidad a la propiedad de establecer intercambio de humedad con el ambiente, este proceso se da debido a que la fuerza capilar del lumen de las células no es suficiente como para captar agua de la atmosfera. Por otra parte, los huecos entre las microfribillas y las fibrillas elementales son tan pequeños que originan fuerzas capilares suficientes como para captar agua de la atmosfera (Morales 2003).

3.5.3 Polaridad

La madera al tener carácter polar, hace que la madera tenga una afinidad a los productos polares como el agua, pegamentos de carácter polar, los barnices, pinturas, etc. (Vignotes y Jiménez 2000).

3.6 Sorción de la madera

La madera seca al ponerla al contacto con vapor de agua, admitirá agua hasta que se produzca entre ambos un estado de equilibrio. Dentro de la sorción se distinguen dos procesos inversos, el primero la adsorción (que se refiere a la toma de humedad) y el segundo la desorción (que es la pérdida de humedad en la madera), a este proceso de ganancia y pérdida de peso se denomina sorción (PNUD 2013).

3.7 Protección de la madera

La madera tiene sus limitaciones, una de ellas quizás la de mayor importancia es la posibilidad de sufrir ataques de insectos y hongos, como puede ser afectada por el fuego, desgaste mecánico y otros, por lo que necesita su preservación (PADT-RFORT 1984).

De acuerdo con Gil (2011), para evitar la acción de los agentes que destruyen la madera es necesario utilizar protectores químicos que se dividen en dos clases:

Protectores hidrosolubles. Son soluciones acuosas de materias insecticida, fungicida y retardantes del fuego, se emplean generalmente para madera en contacto directo con el suelo y para protección contra el fuego en maderas de interior.

Protectores orgánicos. Estas sustancias de protección se emplean en madera de construcción, pues no solo solubles en agua y su poder de penetración es mayor.

Están compuestos por productos químicos con propiedades insecticidas, fungicida y repelentes al agua, disueltos en productos derivados del petróleo.

3.8 Protección de la madera por tratamientos y cubrimientos superficiales

De acuerdo con PRID-MADERA (1988), la madera al poseer un cuerpo poroso permite que se le pueda realizar tratamientos superficiales para su protección a través de líquidos preservantes, presentándose esta en dos formas:

La impregnación: donde se sumerge la madera a un líquido preservante.

La aplicación de una capa protectora en la superficie, con poca penetración en la madera como ser barnices, pinturas y otros recubrimientos superficiales.

3.9 Protección de la madera por barniz

Un barniz es un revestimiento que se aplica sobre una superficie, con el fin de protegerla y realzar su apariencia. Generalmente los barnices que se remueven en conservación, se componen de una resina natural, disuelta en un aceite secativo o en un solvente volátil (Castro 2004).

Un barniz es un producto compuesto de aglutinantes, disolventes y diluyentes, sin pigmentos, que al ser aplicado producen una película insoluble al agua, adherente y dura, generalmente lisa y brillante, con capacidad protectora y decorativa. El aglutinante es la parte principal del barniz porque es el elemento que se queda sobre la superficie de la madera y se seca, generalmente constituido por aceites (ricino, lino, etc.), resina (vinílicas, etc.) o ésteres

(nitrocelulosa, etc.). El disolvente es un líquido volátil que sirve para dispersar el aglutinante, que sirve para mejorar las características de la aplicación (AITIM 1985).

3.10 Las termitas

Las termitas pertenecen a la Orden Isoptera con siete familias (Hodotermitidae, Kalotermitidae, Rhinotermitidae, Serritermitidae, Mastotermitidae, Termitidae y Termopsidae) y aproximadamente 2 mil especies distribuida en todo el mundo (Gonzáles 2012).

Son insectos que causan deterioro en la madera puesta en uso, se caracterizan por formar colonias organizadas donde existen tres castas reproductoras, soldados y obreras, se alimentan indirectamente de lignina y celulosa que requieren, ya que estos fragmentos son digeridos por los millares de protozoos que poseen en su interior, las cuales se convierten en sustancias alimenticias (Herbas 1987).

De acuerdo con CTT-CORMA (2008), las termitas por su requerimiento de humedad se clasifican:

- Termitas de madera húmedas, atacan principalmente madera en proceso de pudrición.
- Termitas subterráneas, requieren de un ambiente húmedo para para desarrollarse normalmente en suelo natural, en ambiento seco pierden el agua de su cuerpo.
- Termita de madera seca, no requieren de una fuente importante de humedad.

3.11 Termitas de madera seca

Damián (1998), citado por Arcos (1999)., describe a las termitas de madera seca (Cuadro 4) de la siguiente forma.

Cuadro 4. Descripción de las termitas de madera seca.

Viven dentro de la madera de construcciones y muebles o libros; frecuentes en las ramas secas de árboles vivos.
La evidencia de su presencia son los orificios de salida y “polilla” en las estructuras atacadas.
Familia: Kalotermitidae

Simbiosis: Protozoarios Se alimentan de celulosa que contiene la madera, ejemplos sobresalientes:	
En áreas templadas: *Incisitermes marginipennis* *Incisitermes minor*	En áreas tropicales: *Cryptotermes brevis* *Marginitermes hubbardi*

De acuerdo con Rogg (2000), describe a la familia Kalotermitidae, como termitas sin fontanela, viven en colonias pequeñas y forman galería en la madera, no construyen nidos, tienen dos castas (soldadas y reproductoras), el trabajo es realizado por las termitas inmaduras de la casta reproductiva.

Las termitas de madera seca para su desarrollo requieren solo la humedad proporcionada por la atmósfera y el contenido de humedad de la madera que han infectado o atacado, usualmente infectan madera en servicio seca las cuales pueden contener un contenido de humedad se 12% a 18%. No forman una colonia central, viven en pequeños grupos independientes, producen pellets fecales secos que son expulsados de la madera infectada (Rojas y Gallardo 2004).

3.12 Termita Cryptotermes brevis

De acuerdo con Gonzáles (2012), son termitas que habitan y se alimentan de la madera seca, son insectos pequeños, de cuerpo alargado, color claro, de hasta 5 mm de largo, no tienen hábitos subterráneos, los adultos alados son de color claro con la cabeza color castaño y con ocelos, sus alas son iridiscentes cuerpo blando y color claro, los soldados son escasos de color crema pálido, de 4 a 6 mm de largo, con la cabeza achatada y oscura con la mandíbula relativamente pequeña (Figura 5).

La mayoría de las especies de termitas de madera seca sólo infestan árboles, pero otras son plagas económicamente importantes, ya que ubican sus colonias en estructuras como vigas, marcos de puertas y ventanas, postes y muebles. Dentro de estas últimas, *Cryptotermes brevis* es considerada como una de las más destructivas a escala mundial. Las maderas atacadas por las termitas de madera seca, se observan pequeños orificios por los que ocasionalmente expulsan las fecas que pueden acumularse bajo dichas aperturas. Esta clase de termita obtiene

agua a partir de procesos metabólicos en sus propios cuerpos por lo que no requiere que la madera contenga humedad para su desarrollo, tan solo requieren la humedad proporcionada por la atmósfera.

Forman colonias con un número de individuos bajo de casi 1000 por colonia, pero el problema con esta termita es que se encuentran un gran número de colonias en una determinada estructura. Su reproducción es lenta, la pareja fundadora alada establece la colonia sobre madera con ciertas características de madurez, humedad, espesor y ausencia de productos químicos o pinturas repelentes. Antes de copular, pierden las alas e inician la construcción de una pequeña cámara en la que se aparean y la hembra coloca 2 a 5 huevos pequeños, de color blanco brillante, los que la pareja cuida, mantiene limpios y libres de hongos.

Al término del primer año a la pareja fundadora se han sumado sólo 3 a 4 individuos y aún no se ha producido ningún soldado. Ellas producen también pellets fecales secos que son expulsados de la madera infestada.

De acuerdo con Mari (2015), las parejas de termitas dejan caer sus alas y caminan juntas hasta encontrar madera adecuada para barrenar y comenzar una colonia. La pareja dedica varios meses a la excavación de túneles y construcción de cámaras antes de que la hembra comience a poner huevos. Cuando la colonia alcanza el tamaño adecuado, alrededor del quinto año de su fundación, se producen adultos alados que se dispersan para comenzar colonias nuevas.



Figura 5. Termita de madera seca *Cryptotermes brevis* (Santa Cruz – Bolivia).

3.13 Maderas resistentes a las termitas de madera seca

Según Loayza (1979), en su estudio "resistencia natural de maderas de especies forestales al ataque de termitas, las especies de termitas utilizada fueron la *Cryptotermes brevis* y *Nasutitermes corniger"*. Concluyo que algunas maderas tienen presencia de alguna sustancia de efecto repelente y toxico a los insectos estudiados, la cual provoca la muerte de los protozoarios que habitan en su intestino o pueden disminuir la palatabilidad de la madera, siendo la especie *Cedrela odorata* que posee mayor resistencia al ataques de las termitas, la especie *Eucalyptus degluta* la menos resistente, los resultados de este estudio permitieron clasificar la resistencia de las especies forestales (Cuadro 5), en la siguiente orden la primera más resistente y la última menos resistente.

Cuadro 5. Clasificación de especies forestales resistente al ataque de la termita *Nasutitermes corniger* y *Cryptotermes brevis*.

Cryptotermes brevis	***Nasutitermes corniger***
Cedrela odorata	*Cedrela odorata*
Junglas olanchana	*Gmelina arbórea*
Cordia alliodora	*Junglas olanchana*
Terminalia ivorensis	*Araucaria cunnibgamii*
Gmelina arbórea	*Acrocarpus fraxinifolius*
Acrocarpus fraxinifolius	*Cepressus lusitánica*
Pinus caribeae	*Cordia alliodora*
Cepressus lusitánica	*Pinus caribeae*
Araucaria cunnibgamii	*Terminalia ivorensis*
Eucaliptus deglupta	*Eucaliptus deglupta*

Según Berrocal y Rojas (2007), en su estudio: Resistencia de la madera de teca (*Tectona grandis* L.f.) proveniente de plantaciones forestales ante el ataque de termitas de madera seca *Cryptotermes brevis* (Walker). Determinaron que la madera de Teca procedente del Pacífico Central y de la Región Huetar Atlántica de Costa Rica, es altamente resistente al ataque de las termitas de la especie *Cryptotermes brevis*; así mismo se determinó que las condiciones de sitio y el manejo de las plantaciones, no influyen directamente en dicha resistencia.

De acuerdo con Gomes *et al.* (2013), en su estudio de: Durabilidade Natural de Espécies Florestais Madeireiras ao Ataque de Cupim de Madeira Seca. Determino la resistencia natural que diez especies forestales contra el ataque de la termita *Cryptotermes brevis*. Utilizando las siguientes especies: *Chlorophora tinctoria, Hymenolobium petraeum, Anadenanthera columbrina*var*, Anadenanthera peregrina, Dalbergia nigra, Manilkara longifolia, Peltogine nitens, Caesalpiniae chinata, Eucalyptus cloeziana y Eucalyptus torelliana.*

Sus resultados demostraron que todas las maderas fueron atacadas por la termitas, pero algunas especies demostraron una mayor resistencia al ataques de las termitas, las especies que presentaron mayor resistencia fueron: *Anadenanthera columbrina*var*, Anadenanthera peregrina, Dalbergia nigra, Manilkara longifolia, Caesalpiniae chinata*. Las especies de media resistencia fueron: *Chlorophora tinctoria, Peltogine nitens, Eucalyptus torelliana.* Las especies que mayor consumo presentaron fueron: *Hymenolobium petraeum, Eucalyptus cloeziana.*

3.14 Uso de aceite para el control de termitas

De acuerdo con Arcos (1999), en su estudio: Efecto del aceite de Nim *Azadirachta indica* A. Juss., sobre la termita de madera seca *Incisitermes marginipennis* (Latreille) (Isoptera: Kalotermitidae). Realizo bio-ensayos con el aceite de la especie de Nim a diferentes concentraciones (0.5%, 1%, 1,5%, 2% y 3%), el disolvente utilizado fue agua, utilizando papel filtros como fuente de alimento para las termitas impregnadas con las diferentes concentraciones del aceite de Nim. En su resultado concluyo que la dosis mínima del aceite de Nim, tiene un efecto de inhibición en la alimentación de la termita, sin características tóxicas.

De acuerdo con Galindo *et al*. (2011), en su estudio de: Actividad antitermitica de los aceites esenciales extraídos de las hojas de *Lippia alba, Minthostachys mollis, Cymbopogon citratus y*

Psidium caudatum contra Nasutitermes sp. Extrajo los aceites de las hojas de las mencionadas especies para evaluar su actividad antitermitica, la concentración de los cuatros aceite utilizados fue de 5%. Los resultados del estudio mostraron que todos los aceites poseen actividad antitermitica siendo el obtenido de *Cymbopogon citratus* el de más actividad, seguido de *Psidium caudatum, Minthostachys mollis* y *Lippia alba* respectivamente.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Materiales

4.1.1 Área de estudio

El presente estudio se desarrolló en el Laboratorio de Tecnología de la Madera, Carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, ubicada en Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.

4.1.2 Obtención del aceite para el estudio

El aceite de Pesoé que se preparó para utilizarse como Bio-barniz para el estudio, fue proporcionado por la Fundación para la Conservación del Bosque Chiquitano (FCBC), a través del Sr. Diego Javier Coímbra Molina, en calidad de investigador de Productos No Maderables.

4.1.3 Obtención de las probetas para el estudio

Las probetas utilizadas en el estudio, fueron proporcionadas por el aserradero San Pedro, las especies otorgadas fueron Ochoó y Yesquero negro, ambas con un 8% de contenido de humedad.

4.1.4 Colecta de termitas

La colecta de termitas de madera seca se realizó, en la carpintería de la Carrera de Ingeniería Forestal, Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno (Anexo3). Se colectó varias colonias con representantes de todas las castas (ninfas, soldados y reproductores).

4.1.5 Adaptación de las termitas al laboratorio

Colectadas las termitas, se mantuvieron en el laboratorio durante cuatro semanas anterior a la prueba, con el fin de lograr una aclimatación a las condiciones del laboratorio y poder trabajar con ellas. Se las coloco dentro de frascos de vidrios (Anexo 4), en los cuales estaban con papel filtro para alimento de las termitas.

4.2 Métodos

4.2.1 Establecimiento del ensayo de repelencia a la humedad

Las probetas de las especies de Ochoó y Yesquero negro, ambas contenían un 8% de contenido de humedad, estos contenidos de humedad son óptimos para la aplicación del Bio-barniz del aceite de Pesoé. Se utilizaron probetas de dimensiones 10x50x120mm, para ambas especies. Se les aplico un lijado en sus lados y cantos, para preparar su superficie para la aplicación del Bio-barniz del aceite de Pesoé, primero con lija número 80 y luego con lija número 150.

Terminado la preparación de las probetas, se procedió a preparar soluciones del Bio-barniz del aceite de Pesoé de 5% (T_1) y 8% (T_2), el disolvente utilizado fue alcohol 96%, una vez preparadas las soluciones del Bio-barniz se procedió a la impregnación o pintado de las probetas. La aplicación de la solución del aceite utilizado como un bio-barniz se realizó con una brocha de 1 pulgada de ancho, se aplicó tres capas de la solución a las probetas en todos sus lados y se esperó un tiempo de 30 minutos entre cada pasada de solución para que esta pueda secar.

4.2.2 Diseño experimental

Consiste en comparar probetas testigo o probeta sin tratamiento (T_0), con probetas de tratamientos 5% (T_1) y 8% (T_2) o probetas en las que fueron impregnadas con el Bio-barniz preparado a los diferentes tratamientos, realizando 15 repeticiones por cada tratamiento (Cuadro 6). El diseño experimental es para ambas especies.

Cuadro 6. Diseño experimental de la prueba repelencia a la humedad.

Tratamientos	Especie	N° de muestras
$T_{0.Oc}$	Ochoó	15
$T_{0.Yn}$	Yesquero negro	15
$T_{1.Oc}$	Ochoó	15
$T_{1.Yn}$	Yesquero negro	15

$T_{2.Oc}$	Ochoó	15
$T_{2.Yn}$	Yesquero negro	15

Oc. (Ochoó); Yn. (Yesquero negro)

4.2.3 Toma de datos

Para evaluar la efectividad de la solución del aceite utilizado como Bio-barniz repelentes a la humedad, se utilizó el método de flotación utilizados por Matus (2007) y Vaca (2011). Consiste en dejar flotando las probetas con tratamiento y sin tratamiento en una cámara de flotación, para que adsorban la humedad y realizar un control de aumento de peso en las probetas cada 24 horas en un periodo de 7 días. Las probetas fueron pesadas antes de ser introducidas en la cámara de flotación y luego de ser introducidas en la cámara de flotación cada 24 horas. Los cálculos utilizados para esta evaluación son los siguientes:

- **Coeficiente de adsorción de humedad**

Es el porcentaje de masa de agua que adsorbe una probeta en un determinado tiempo, representada en la siguiente formula:

$$w = \frac{W}{\sqrt{t}} * 100$$

Dónde:

w = Coeficiente de adsorción de humedad (%)

W = Diferencia en peso (gr.) (peso ganado entre 0 y t)

$\sqrt{t}$ = Raíz cuadrada de tiempo de medición (min.)

- **Porcentaje de adsorción de humedad**

Es la masa de agua que adsorben las probetas, en una comparación antes y después de la exposición al agua, su fórmula es la siguiente:

$$A = \frac{(m_2 - m_1)}{m_1} * 100$$

Dónde:

A = Porcentaje de adsorción de humedad (%).

$\boldsymbol{m_1}$ = Peso de la probeta antes de la exposición.

$\boldsymbol{m_2}$ = Peso de la probeta después de la exposición.

Con los valores obtenidos se aplicará un análisis de varianza (ANOVA) y prueba de Tukey (con $\alpha = 0.05$ para determinar diferencia entre los tratamientos) con el programa estadístico Info Stast.

- **Efectividad de exclusión de humedad**

Es la masa de humedad que pasa a través del recubrimiento y es adsorbido por las probetas impregnadas con el Bio-barniz a los diferentes tratamientos (5% y 8%), en relación con la humedad de las probetas testigos. Su fórmula es la siguiente:

$$EEH = \frac{P_1 - P_2}{P_2} * 100$$

EEH = Efectividad de exclusión de humedad.

$\boldsymbol{P_1}$ = Peso de la humedad adsorbida por la probeta no revestida o sin tratamiento (gr.).

$\boldsymbol{P_2}$ = Peso de la humedad adsorbida por la madera revestida o con tratamiento (gr.).

- **Evaluación de la desorción de humedad**

Terminado el tiempo de 7 días que las probetas estuvieron en las cámaras de flotación, todas las probetas fueron sacadas de la cámara de flotación (Figura 6), para que pierdan humedad y controlar durante 7 días y cada 24 horas la desorción de la humedad de las probetas.



Figura 6. Desorción de humedad de las probetas.

- **Determinación de la retención del Bio-barniz en las probetas de ambas especie**

El cálculo de retención en las probetas se realizó mediante el procedimiento utilizado por Romero (1999), quien utilizo el método establecido por la norma ASTM D1413 (ASTM, 1992b). Utilizando la siguiente formula:

$$R[\%] = \frac{P2 - P1}{P1} x\ 100$$

Dónde:

***P1*:** Peso inicial de las probetas, antes de la impregnación.

***P2*:** Peso de las probetas más el Bio-barniz posterior a la impregnación (24 horas después).

4.2.4 Establecimiento del ensayo repelencia del ataque de termitas

Para comprobar si el Bio-barniz del aceite de Pesoé actúa como repelente de termitas, se establecieron dos ensayos:

En el primer ensayo se utilizó discos de papel filtro (Figura 7).

En el segundo ensayo probetas de madera (Figura 8) de las especies utilizadas en el presente estudio.

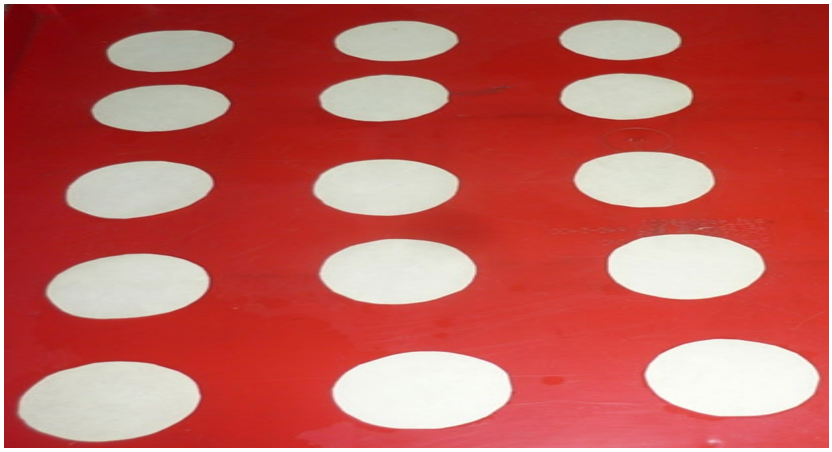


Figura 7. Discos de papel filtro utilizados en la prueba.

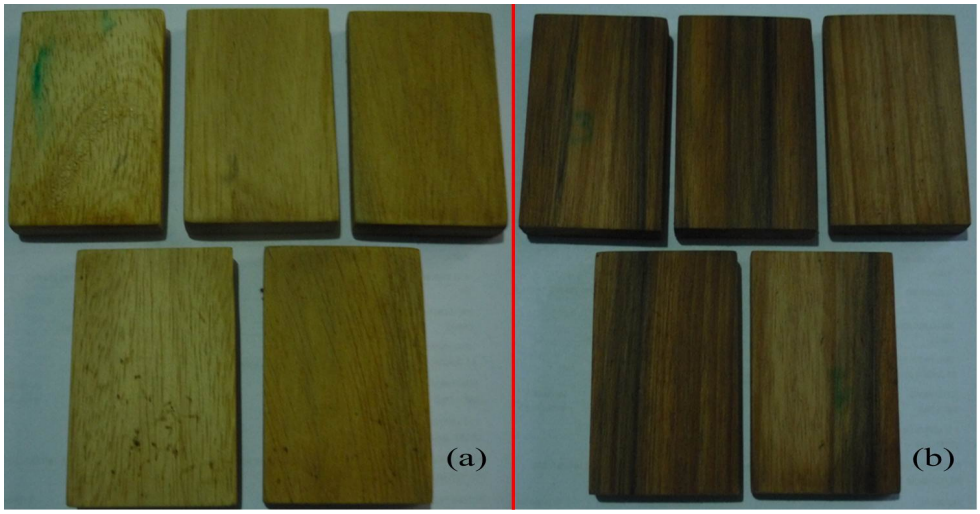


Figura 8. Probetas: (a) Especie Ochoó. (b) Especie Yesquero negro. Utilizadas en las pruebas.

Se prepararon soluciones de Bio-barniz de aceite de Pesoé al 5% y 8%, el disolvente utilizado fue el alcohol 96%, donde se sumergieron discos de papel filtro (5 cm de diámetro) durante cinco minutos y fueron secados al aire libre durante 24 horas. Los discos de papel filtro sin tratamiento (control) solo se sumergieron en agua, transcurrido el tiempo de secado de los

discos de papel filtro se introdujo un disco a cada frasco de plástico y se le agregaron 30 termitas, los tratamientos probados fueron:

$\mathbf{T_0}$ = 0% (testigo) $\mathbf{T_1}$ = 5% $\mathbf{T_2}$ = 8%

El segundo ensayo se utilizó probetas de madera de especies Ochoó y Yesquero negro de dimensiones 10x50x50mm, las cuales fueron impregnadas con el Bio-barniz del aceite de Pesoé, se le aplico tres pasadas y se la dejo secar durante 24 horas, luego cada probeta se introdujo dentro de un frasco de plástico con 25 termitas, los tratamientos probados fueron:

- Para la especie Ochoó

$\mathbf{T_{0.\,Oc.}}$ = 0% (testigo) $\mathbf{T_{1.Oc.}}$ = 5% $\mathbf{T_{2.Oc.}}$ = 8%

- Para la especie Yesquero negro

$\mathbf{T_{0.Yn.}}$ = 0% (testigo) $\mathbf{T_{1.Yn.}}$ = 5% $\mathbf{T_{2.Yn.}}$ = 8%

Se utilizaron 1200 termitas, los frascos en los que establecieron las pruebas se mantuvieron a temperatura ambiente de 27ºC± 2ºC, humedad relativa ambiente y completa oscuridad (Anexo 5), durante 64 días para la prueba con los discos de papel filtro y 32 días para la prueba con probetas.

4.2.5 Diseño experimental

En el ensayo de discos de papel filtro se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cinco repeticiones y tres tratamientos (Cuadro 7), la unidad experimental estuvo constituida por cada frasco de plástico más un papel filtro y 30 termitas.

Cuadro 7. Diseño estadístico del estudio repelencia a las termitas en los discos de papel filtro.

Tratamiento	Nº repeticiones	Nº termitas
$\mathbf{T_0}$	5	30
$\mathbf{T_1}$	5	30
$\mathbf{T_2}$	5	30

En el ensayo donde se utilizaron las probetas de Ochoó y Yesquero negro, se utilizó un diseño completamente al azar con cinco repeticiones y tres tratamientos (Cuadro 8), 3 tratamiento para las probetas de Ochoó y 3 para las probetas de Yesquero negro, la unidad experimental estuvo constituido por cada frasco con un papel filtro y 25 termitas.

Cuadro 8. Diseño estadístico de la prueba con probetas de madera.

Tratamiento	Nº. repeticiones	Nº. termitas
$T_{0.Oc.}$	5	25
$T_{1.Oc.}$	5	25
$T_{2.Oc.}$	5	25
$T_{0.Yn.}$	5	25
$T_{1.Yn.}$	5	25
$T_{2.Yn.}$	5	25

4.2.6 Toma de datos

- **Prueba termicida**

El método consiste en el confinamiento de las termitas en frascos, donde las termitas tiene los discos de papel filtro en las pruebas con disco de papel filtro y las probetas en las pruebas con las probetas de ambas especie impregnado con el Bio-barniz a los tratamientos (0%; 5%; 8%) para alimentarse, para ello se colocaron en frascos de plástico un disco de papel filtro impregnado con el Bio-barniz de aceite de Pesoé a los diferentes tratamientos o con agua para el control y se agregaron 30 termitas. Se prepararon 5 réplicas por cada prueba.

Transcurrido el tiempo de la prueba, los discos de papel filtro fueron retirados de los frascos y limpiados. El mismo procedimiento se utilizó para las probetas, con la diferencia que en esta prueba se le agregó 25 termitas. El porcentaje de mortalidad y pérdida de peso se realizó por la siguiente ecuación de acuerdo con Salazar (2012).

- Mortalidad de las termitas (%) = $\frac{Nº\ Termitas\ muertas}{Nº\ Total\ termitas} x\ 100$

- Pérdida de peso (%)= $(W_1 – W_2 / W_1) \times 100$

Dónde: W_1: pérdida de peso del disco no tratado (gr).

W_2: pérdida de peso del papel tratado después de la prueba (gr).

- Coeficiente absoluto de anti alimentación (A)

En base a la pérdida de peso se calculó el índice de actividad anti alimentaria del Bio-barniz. El coeficiente absoluto de anti alimentación (A) fue obtenido según la ecuación:

$$A = [\frac{(KK - EE)}{KK} + EE]\ X\ 100$$

Dónde:

KK= pérdida de peso del disco control.

EE= pérdida de peso del disco tratado.

La solución del Bio-barniz fue evaluada y clasificada según los parámetros especificados de acuerdo a su valor (Cuadro 9).

Cuadro 9. Indicadores para evaluar la actividad anti termitica de la solución.

Anti alimentación (%)	Nivel de actividad
75 ≤A <100	Actividad muy fuerte
50 ≤A <75	Actividad fuerte
25 ≤A <50	Actividad moderada
0 ≤A <25	Actividad mínima

Por otro lado, se calculó el porcentaje de deterrencia alimentaria mediante dos procedimientos utilizados por Salazar (2012) y Arcos (1999).

- Índice de repelencia alimentaria de Nielsen (Q):

$$\mathbf{Q}= T / (T + C)$$

- Índice de Deterrencia Alimentaria (IDA)

$$\mathbf{IDA} = (1- T/C) \text{ X } 100$$

Dónde:

T: áreas consumidas en las secciones tratadas.

C: áreas consumidas en las secciones control.

Posteriormente se aplicó un análisis de varianza ($p< 0.05$) y para determinar si existe diferencia entre los tratamientos se aplicó una prueba de Tukey, con el programa estadístico de Info Stast.

- Determinación de la retención del Bio-barniz en los discos de papel filtro

El cálculo de retención en los discos de papel filtro se realizó mediante el procedimiento utilizado por Romero (1999), quien utilizo el método establecido por la norma ASTM D1413 (ASTM, 1992b). Utilizando la siguiente formula:

$$R[\%] = \frac{P2 - P1}{P1} x\ 100$$

Dónde:

***P1*:** Peso inicial del papel, antes de la impregnación.

P2: Peso del papel más el Bio-barniz posterior a la impregnación (24 horas después).

4.2.7 Análisis de datos

- **Prueba de repelencia a la humedad**

Obtenidos una vez los datos de evaluación de repelencia a la humedad, se elaboró una base de datos que permitió obtener los resultados, el paquete informático utilizado fue Microsoft Excel 2010.

El análisis estadístico de la prueba de Adsorción de Humedad, el paquete informático utilizado fue Info Stat.

- **Prueba de repelencia al ataque de terminas**

Con los datos obtenidos se elaboró una base de datos, para obtener los resultados de las pruebas y así determinar si el Bio-barniz tiene un efecto repelente contra las termitas el paquete informático utilizado para el proceso de estos datos fue Info Stat. Los resultados muestran una alta significancia del efecto repelencia de Pesoé contra termitas.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Resultados de la prueba de repelencia a la humedad

5.1.1 Coeficiente de adsorción de humedad

El resultado del coeficiente de adsorción de humedad de las probetas de la especie de Ochoó a los diferentes tratamientos con el Bio-barniz, del ensayo de flotación (Figura 9), se observó que las probetas sometidas a los distintos tratamientos, adsorben mayor cantidad de agua en las primeras 24 horas de iniciado el ensayo, donde el tratamiento $T_{0.Oc}$ alcanzo un 166,77%, el tratamiento $T_{1.Oc}$ 162,89% y el tratamiento $T_{2.Oc}$ 108,59%.

En la prueba realizada con las probetas de Yesquero negro los resultados resultan ser (Figura 10), similares a las pruebas realizadas con las probetas de Ochoó, donde la mayor adsorción se da en los primeros 24 horas del inicio del ensayo, donde el tratamiento$T_{0.Yn}$ alcanzo 134,42%, el tratamiento T_{1Yn} 81,04% y el tratamiento $T_{2.Yn}$ 63,07%.

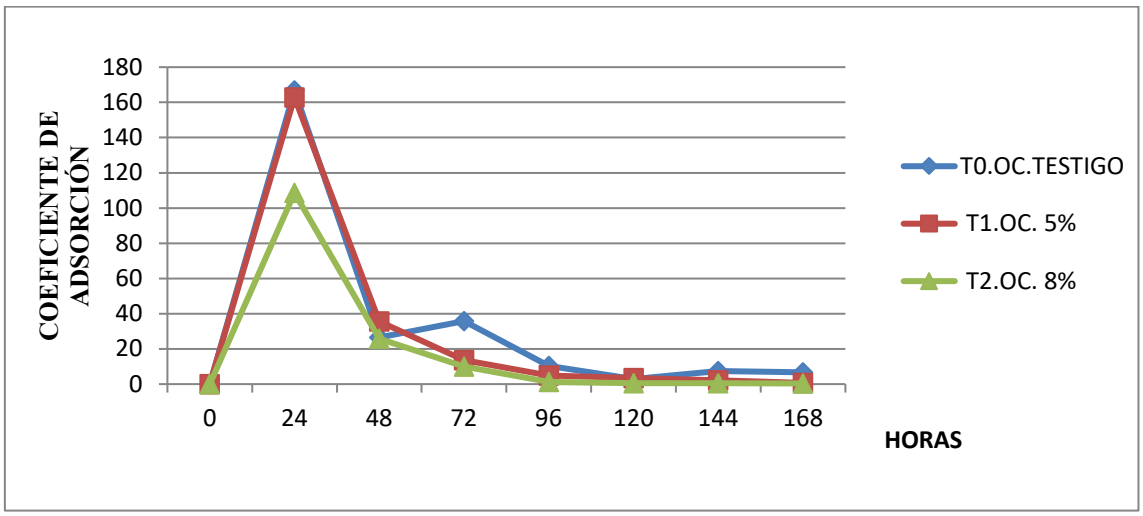


Figura 9. Resultados del Coeficiente de adsorción de humedad en probetas de Ochoó.

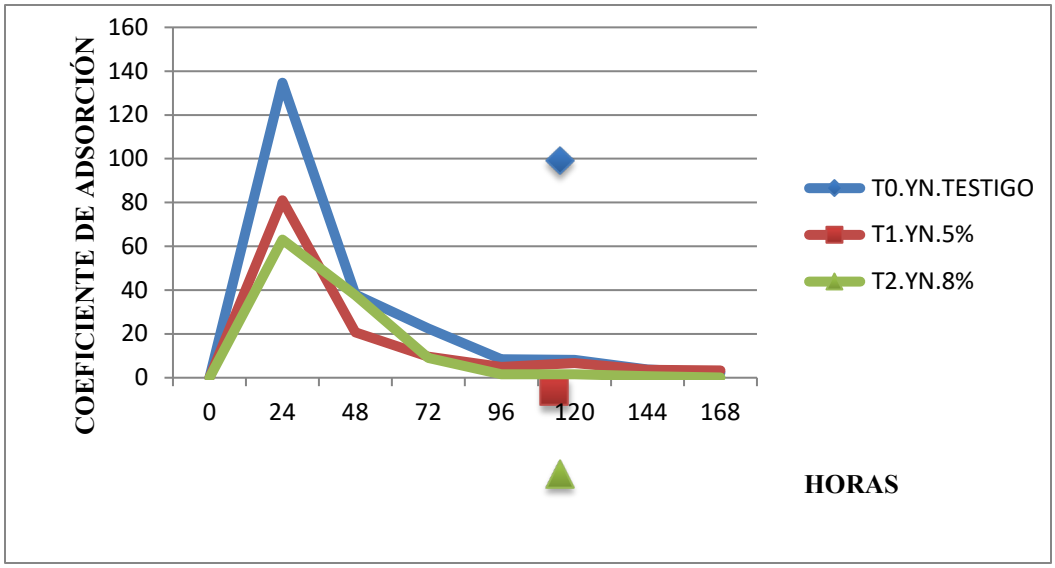


Figura 10. Resultados del Coeficiente de adsorción de humedad en probetas de Yesquero negro.

Resultados similares obtuvo Matus (2007), en su estudio de comparación de métodos

acelerados para evaluar repelencia a la humedad, donde la mayor adsorción de agua se da durante las 24 horas de iniciado el ensayo, transcurrido esas horas la adsorción disminuye.

5.1.2 Porcentaje de adsorción y desorción de humedad

Los resultados de adsorción y desorción de las probetas testigos (T_0) de ambas especies (Figura 11), se observa que los resultados de adsorción, las probetas de Ochoó adsorben mayor humedad que las de Yesquero negro, las probetas de Ochoó adsorbieron un 53.12% y las probetas de Yesquero negro 32.55%, resultando una diferencia 20.57% de humedad adsorbida.

Esto se debe a la diferencia que existe entre las dos especies, el Ochoó es una especie de rápido secado y con una densidad de 0.44 g/cm³, el Yesquero negro es una especie de rápido secado y una densidad de 0.56 g/cm³.

La desorción de humedad se produce más rápido que la adsorción, puesto que se puede observar que durante las primeras 48 horas, ya han perdido la mayor cantidad de agua adsorbida en ambas especies, además se observa que ambas especies a las 120 horas de la desorción se emparejan y en adelante la perdida de humedad es lenta.

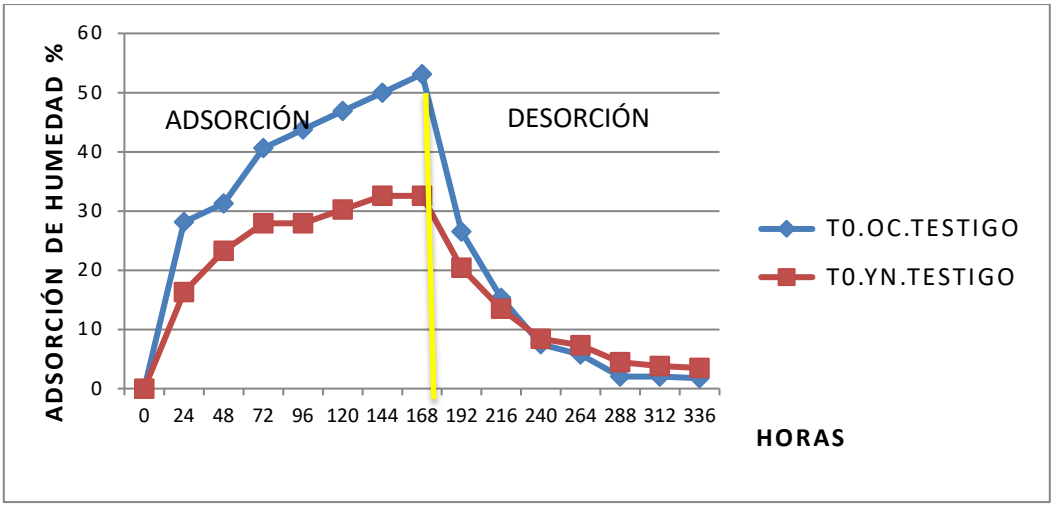


Figura 11. Resultados de la prueba de absorción y desorción de humedad en las probetas de testigos de las especies de Ocoó y Yequero negro.

Los resultados de las pruebas realizadas en las probetas de la especie de Ochoó (con tratamientos y testigos) se muestran a continuación (Figura 12). Se puede apreciar que no existe una marcada diferencia entre el tratamiento $T_{0.Oc}$ con el tratamiento $T_{1.OC}$, pero se observa que hay una diferencia con el tratamiento $T_{2.Oc}$ comparándolo con los demás tratamientos. El tratamiento $T_{2.Oc}$ llega a un 24,24%, mientras que el $T_{1.Oc}$ llega a 39,39% y el $T_{0.OC}$ 53,12%.

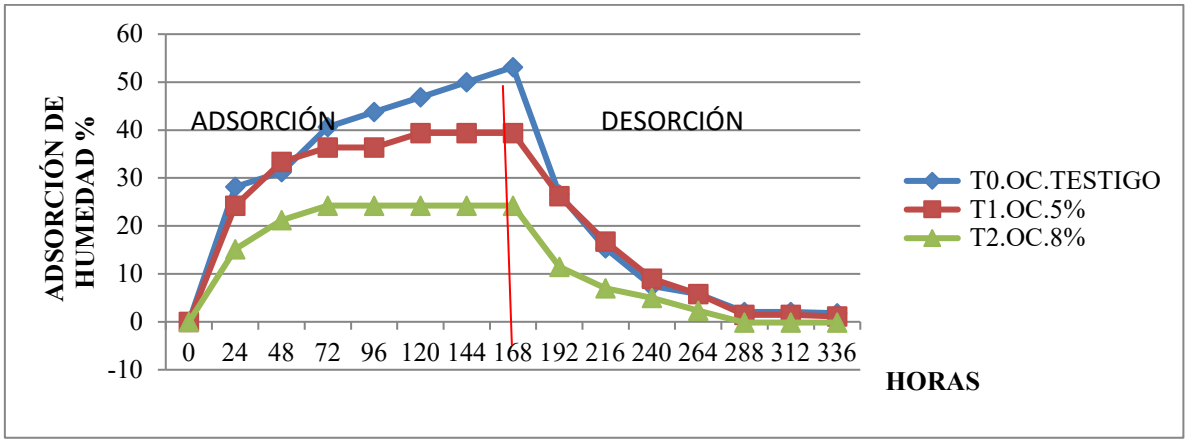


Figura 12. Resultados de las pruebas de adsorción y desorción de humedad a los diferentes tratamientos en las probetas.

Los resultados de a especie de Yesquero negro se muestran a continuación (Figura 13), son similares a la de la especie de Ochoó, las probetas ($T_{0.Yn}$) adsorbieron más humedad que las probetas con tratamientos $T_{1.Yn}$-$T_{2.Yn}$, que tienen un comportamiento casi parejo en adsorber la humedad. Las probetas $T_{0.Yn}$ alcanzaron un 32,55%, las probetas al $T_{1.Yn}$ alcanzaron 18,18% y las probetas $T_{2.Yn}$ obtuvieron un 15,19%.

La desorción tiene el mismo compartimiento se produce más rápido en las probetas $T_{0.Yn}$ mientras que las probetas $T_{1.Yn}$-$T_{2.Yn}$,presentan una desorción similar, siendo que las probetas con los tratamientos $T_{1.Yn}$-$T_{2.Yn}$),pierden más rápido la humedad a comparación a las $T_{0.Yn}$.

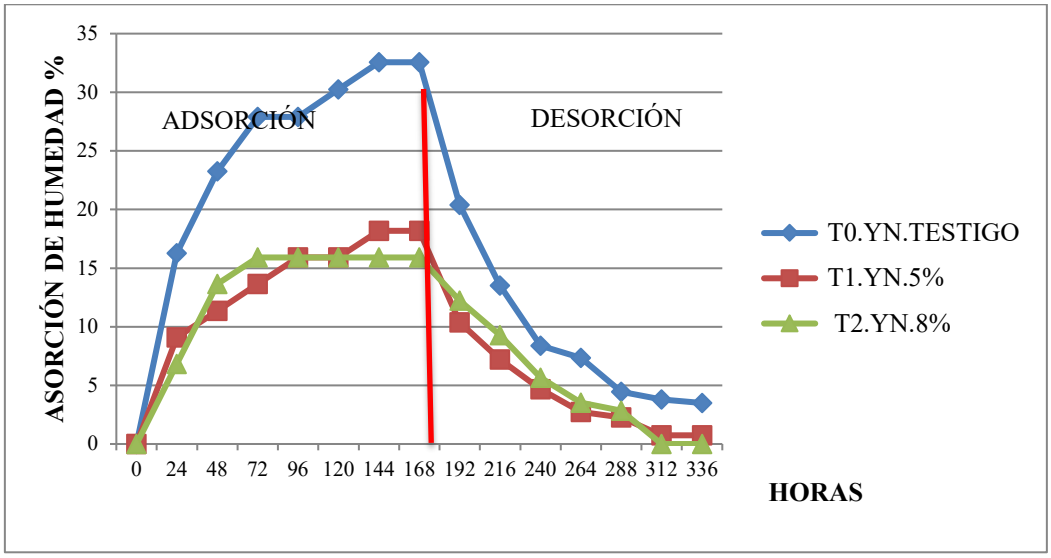


Figura 13 Resultados de la adsorción y desorción de humedad a los diferentes tratamientos en la especie de Yesquero negro.

Al aplicar el análisis de varianza (Anexo 6) para la variable adsorción de humedad indica que al menos algún tratamiento es diferente ($p<0.05$), en la comparación de medias de Tukey (Cuadro 10) se muestra diferencia entre el tratamiento T_0 a diferencia de los tratamientos T_1-T_2 que son iguales, con medias de 13.67 (T_0); 8.21 (T_1); 6.89 (T_2).

Esto se produce debido al incremento del aceite en los tratamientos, al aumentar la dosis disminuye la Adsorción de Humedad, en cambio en las probetas que no fueron impregnadas con el aceite fue mayor la Adsorción de Humedad.

Cuadro 10. Test de Tukey, prueba Adsorción de Humedad (α = 0.05).

TRATAMIENTO	REPETICIÓN	MEDIA (gr)
T_0	15	13,67 b
T_1	15	8,21 a
T_2	15	6,89 a
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)		

5.1.3 Efectividad de exclusión de humedad

Los resultados de efectividad de exclusión de humedad en las probetas de Ochoó (Figura 14), se puede apreciar que los resultados en los tratamientos es $T_{1.Oc}$ y $T_{2.Oc}$, ambos tratamientos son similares no tienen una gran efectividad de exclusión de humedad. Donde a las primeras 24 horas del ensayo $T_{1.Oc}$ alcanzo un 2,38% y $T_{2.Oc}$ alcanzo un 53,57.

Los resultados de las probetas de Yesquero negro (Figura 15), demuestran que los tratamientos $T_{1.Yn}$ y $T_{2.Yn}$, el primer tratamiento con un 66% y el segundo con 113,59%, son porcentajes bajos lo que demuestra que no tienen una gran efectividad de exclusión de humedad.

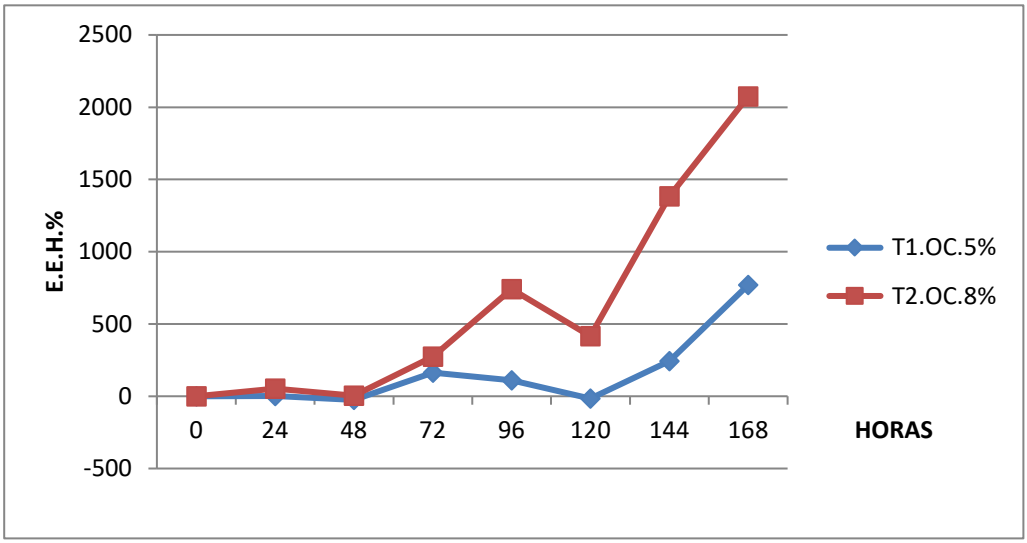


Figura 14. Resultados de la efectividad de exclusión de las probetas de Ochoó.

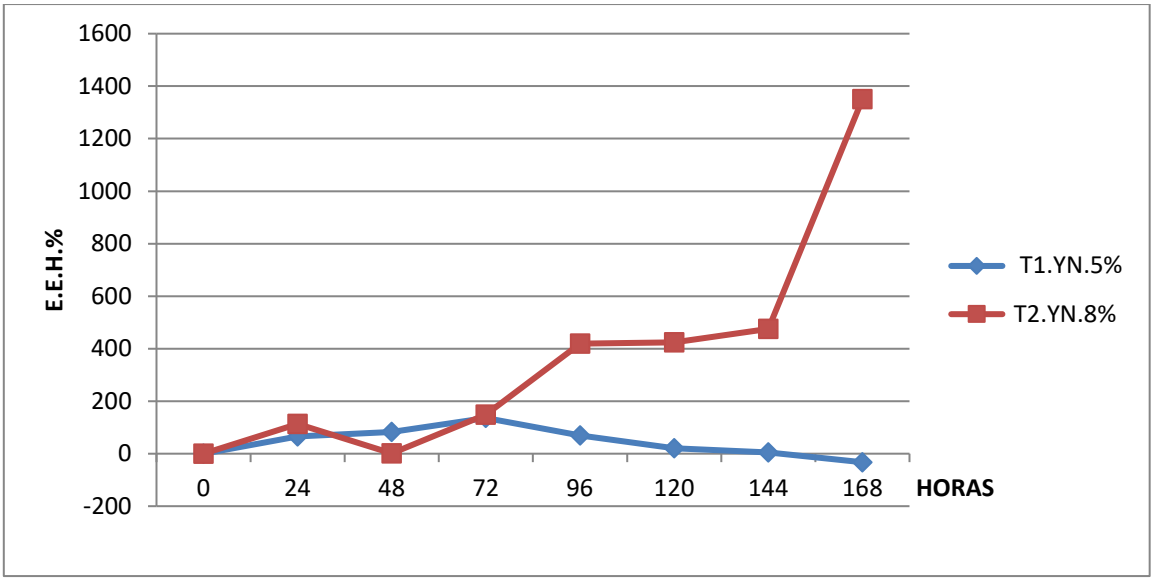


Figura 15. Resultados de la efectividad de exclusión de las probetas deYesquero negro.

Estos resultados son distintos a los obtenidos por Vaca (2011), en su estudio de repelencia a la humedad de diferentes barnices para exteriores aplicados en maderas de ochoó y tajibo, donde la efectividad de exclusión de humedad es muy positiva, los resultados de Matus (2007) de su estudio de comparación de métodos acelerados para evaluar repelencia a la humedad, donde sus resultados son favorables a la exclusión de humedad.

Los resultados de Vaca y Matus son positivos porque utilizaron productos que crean una película protectora en la madera, a comparación de este estudio donde se utilizó una solución de aceite la cual al ser aplicada en la madera no crea una película protectora.

5.1.4 Retención del Bio-barniz en las probetas

La retención del Bio-barniz en las probetas de las especies de Ochoó y Yesquero negro (Cuadro 11), son los siguientes. La retención en la especie de Ochoó y yesquero negro no llegan al 1%.

Cuadro 11. Retención del Bio-barniz en las probetas utilizadas en el estudio.

TRATAMIENTO	RETENCIÓN %
$T_{1.Oc}$	0,758
$T_{2.Oc}$	0,918
$T_{1.Yn}$	0,899
$T_{2.Yn}$	0,915

5.2 Resultados de la prueba repelencia a las termitas en los discos de papel filtro

5.2.1 Mortalidad de las termitas

La mortalidad de las termitas es un indicador de la repelencia alimentaria de las termitas por efecto del Bio-barniz del aceite de Pesoé, la mortalidad de las termitas se evaluó al final del ensayo, en la cual se observó diferentes porcentajes de mortalidad en cada tratamiento. En el Cuadro 12, se puede observar la mortalidad promedio para cada tratamiento.

Los mayores porcentajes de mortalidad se dieron en las pruebas T_1 Y T_2, los que indican que los tratamientos impiden que las termitas se alimenten y les provoca su muerte. Por otra parte, se observa que hay una menor mortalidad en la prueba de control donde las termitas consumieron los discos de papel filtro los cuales le sirvieron de alimento.

Cuadro 12. Resultados de la efectividad del ensayo según % de concentración.

Mortalidad de termitas (%)			
Tratamientos	**Nº de termitas vivas**	**Nº de termitas muertas**	**% de mortalidad**
Control (0)	150	63	42
T_1 5%	150	140	93
T_2 8%	150	141	94

5.2.2 Pérdida de peso

Se evaluó la pérdida de peso de los discos de papel filtro no impregnado (T_0) y se comparó con la pérdida de peso de los discos de papel filtro impregnados con el Bio-barniz a los diferentes tratamientos, con la finalidad de encontrar diferencias en el consumo de papel filtro entre el control y los tratamientos. En el Cuadro 13, se puede observar las diferencias de pérdida de peso entre el control y los tratamientos. Se puede observar una preferencia por el consumo del papel control y no hubo consumo significativo en los papeles con los diferentes tratamientos.

Cuadro 13. Pérdida promedio de peso debido al consumo.

Pérdida de peso (%)	
T_0	60,233
T_1.	0,111
T_2.	0,033

5.2.3 Coeficiente absoluto de anti alimentación

En base a la pérdida de peso se calculó el índice de actividad anti alimentaria del Bio-barniz (Cuadro 14). Se puede observar que el coeficiente de anti alimentación de los tratamientos (T_1; T_2), es de un 100% es decir que no hubo consumo por las termitas. De acuerdo con el cuadro de Indicadores para evaluar la actividad anti termitica del Bio-barniz, los tratamientos impregnados tienen una actividad muy fuerte.

Cuadro 14. Coeficiente absoluto de anti alimentación (%) en pruebas con Papel filtro.

Tratamiento %	
T_1 (5%)	100
T_2 (8%)	100

5.2.4 Inhibición de la alimentación

Obtenidos los datos se evaluó la pérdida de peso de los discos de papel filtro T_0 (control) y se comparó con la pérdida de peso de los discos de papel filtro impregnados con los tratamientos (T_1; T_2), con el objetivo de encontrar diferencias entre los tratamientos. Se aplicó un análisis de varianza (Anexo 7), el análisis estadístico ($P<0.05$) indica que al menos un tratamiento es diferente, posteriormente se aplicó una prueba de Tukey (Cuadro 15) para demostrar diferencias entre los tratamientos. Los resultados obtenidos demuestran que existe una mayor preferencia por el consumo de los discos que no fueron impregnados (control) que por los discos impregnados con los tratamientos.

Cuadro 15. Comparación de Tukey de la variable pérdida de peso de los discos de papel filtro.

TRATAMIENTO	REPETICIONES	MEDIA
T_0	5	98,32
T_1	5	1,52
T_2	5	1,55
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)		

También se midió la inhibición de la alimentación mediante el Indice Deterrencia Alimentaria (IDA) y el Indice de Repelencia Alimentaria (Q), en los discos con Bio-barniz a los diferentes tratamientos. Los resultados obtenidos (Cuadro 16), se puede observar unas diferencias de consumo entre los papeles tratados y el control, es decir que existe una preferencia por el consumo del papel sin tratamiento (control) y un rechazo a los papeles impregnados con los diferentes tratamientos.

Se puede observar que existe Inibición de Alimentación en ambos índices, para el caso del IDA los valores cercanos a 100 son indicadores del efecto de Inhibición de Alimentación para los tratamientos (T_1 – T_2). Para el análisis del IDA, en área del papel filtro consumida obtuvimos valores de T_1 = 100 y T_2 =100. Mientras que, para el análisis IDA, de pérdida de peso obtuvimos valores de T_1 = 99, 816 y T_2 = 99,945.

El índice Q, indica el rechazo al alimento, en este índice los valores cercanos a cero indican mayor inhibición de la alimentación. Para el análisis del Q, en área del disco de papel filtro consumida se obtuvieron valores de $T_1 = 0$ y $T_2 = 0$. Para el análisis en pérdida de peso se obtuvieron valores de $T_1 = 0{,}00184$ y $T_2 = 0{,}00055$.

Cuadro 16. Efecto del aceite de Pesoé *(Pterodon emarginatus)* sobre la alimentación de la termita (*Criptotermes brevis)* de madera seca.

Concentración del extracto (%)	**Nº. Repeticiones**	**Área de papel filtro consumida (%) y pérdida de peso (%)**		**IDA (%)**	**Q**
		Control	Tratado		
T_1 (5%)	5	59,246 (60,233)*	0 (0,111)*	100 99,816	0 0,00184
T_2 (8%)	5	59,246 (60,233)*	0 (0,033)*	100 99,945	0 0,00055

Los valores en paréntesis están expresados en miligramos.

(Nota aclaratoria necesaria; solo se pudo trabajar con los datos de pérdida de peso, debido a que no se pudo observar consumo de área de los discos de papel filtro bajo los tratamientos T_1 - T_2. Por otro lado, solo se pudo realizar un análisis de varianza con la variable pérdida de peso, debido a que esta presentaba datos para poder procesarlos, mientras que en la variable consumo de área del disco no se realizó el análisis de varianza debido a que los datos no presentaron variabilidad para poder procesarlos).

5.2.5 Gráficos de área consumida por semanas de las pruebas

- **Prueba T_0**

Se monitoreo el consumo de las termitas durante el tiempo de duración de la prueba una vez por semana (Anexo 8), el consumo de los discos de papel filtro se puede observar en la Figura 16. El consumo se debe a que los discos de papel filtro no fueron impregnados con Bio-barniz de aceite de Pesoé.

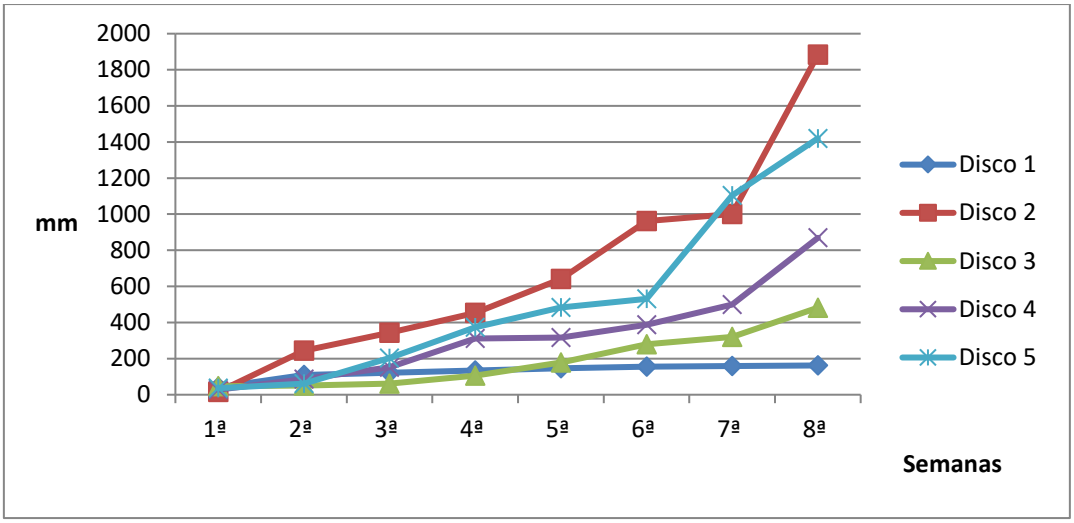


Figura 16. Consumo de las termitas en los discos de papel filtro por semanas, prueba testigo.

- **Pruebas T_1 y T_2**

Se monitoreo el consumo de las termitas durante el tiempo de duración de la prueba, una vez por semana para T_1 (Anexo 9), como para el tratamiento T_2 (Anexo 10), los resultados del consumo de los discos de papel filtro para ambos tratamientos se observan en la Figura 17. Se puede evidenciar que no hubo consumo de los discos del papel filtro impregnados con Bio-barniz a los diferentes tratamientos (5%; 8%), debido a que los discos de papel filtro fueron impregnados con Bio-barniz de aceite de Pesoé.

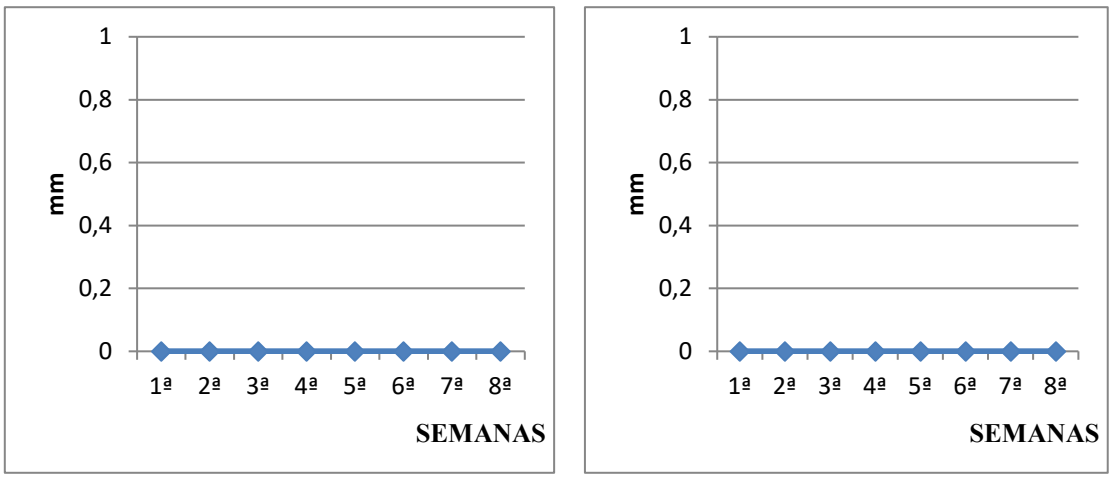


Figura 17. Área consumida por las termitas pruebas T_1 y T_2.

5.2.6 Retención del Bio-barniz discos de papel filtro

Registrado los pesos de los discos de papel filtro con tratamiento y sin tratamiento, se precedió a realizar

una comparación de pesos entre los discos de papel sin tratamiento con los demás discos sometido a los diferentes tratamientos, los resultados de retención del Bio- barniz en los discos de papel filtro (Cuadro17) se muestran en porcentajes.

Cuadro 17. Retención del Bio-Barniz en los discos de papel filtro.

RETECIÓN DEL BIO-BARNIZ	
TRATAMIENTO 5%	**TRATAMIENTO 8%**
10%	17,56%

5.3 Resultados de la prueba repelencia a las termitas en probetas

5.3.1 Resultado de penetración de las soluciones del aceite del pesoé en las probetas de madera

Se utilizaron probetas de Ochoó y Yesquero negro de 10mm*50mm*120mm. Para obtener el nivel de penetración del Bio-barniz al 5% y 8%, se impregnaron las probetas con tres pasadas, luego fueron cortadas a la mitad (Figura 18). Con una lupa y una regla milimetrada se midió el nivel de penetración de la solución en corte tangencial y transversal en las probetas.

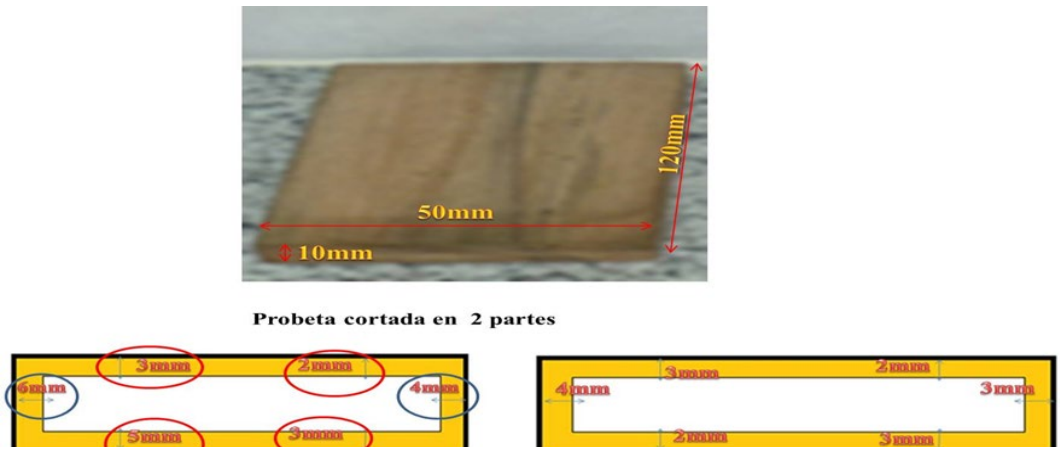


Figura 18. Esquema de la probeta y penetración de la solución del aceite de Pesoé.

- **Promedio del nivel de penetración del Bio-barniz - corte transversal**

El porcentaje de penetración del Bio-barniz - corte transversal, se muestra en el Cuadro 18. En ambas especies se evidencia una mayor penetración al T_2 y T_1 con un menor nivel de penetración.

Cuadro 18. Penetración del Bio-barniz - corte transversal.

Especie Ochoó al 5%	Especie Ochoó al 8%	Especie Yesquero Negro al 5%	Especie Yesquero Negro al 8%
2,8 mm	4,05 mm	3,95 mm	9,95 mm

- **Promedio del nivel de penetración del Bio-barniz - corte tangencial**

El porcentaje de penetración de la solución- corte tangencial, se muestra en el Cuadro19. En ambas especies se evidencia una mayor penetración al T_2 y T_1 con un menor nivel de penetración.

Cuadro 19. Penetración del Bio-barniz- corte tangencial.

Especie Ochoó al 5%	Especie Ochoó al 8%	Especie Yesquero Negro al 5%	Especie Yesquero Negro al 8%
1,65 mm	1,85 mm	1,475 mm	3,8 mm

5.3.2 Mortalidad de las termitas

La mortalidad de las termitas se evaluó al final del ensayo, en la cual se observó diferentes porcentajes de mortalidad en cada tratamiento. En el Cuadro 20, se puede observar la mortalidad promedio para cada tratamiento.

Los mayores porcentajes de mortalidad se dieron en las pruebas T_1 Y T_2, los que indican que los tratamientos impiden que las termitas se alimenten y les provoca su muerte. Por otra parte, se observa que hay una menor mortalidad en la prueba de control donde las termitas consumieron los discos de papel filtro los cuales le sirvieron de alimento.

Cuadro 20. Resultados de la efectividad del ensayo según % de concentración.

Mortalidad de termitas (%)			
Tratamientos	**Nº de termitas vivas**	**Nº de termitas muertas**	**% de mortalidad**
Control (0) Oc.	125	82	66
T_1 5% Oc.	125	119	95
T_2 8% Oc.	125	114	91
Control (0) Yn.	125	66	53
T_1 5% Yn.	125	118	94
T_2 8% Yn.	125	122	97

*Oc. (Ochoó) *Yn. Yesquero negro

5.3.3 Pérdida de peso

Se evaluó la pérdida de peso de las probetas de la especie de Ochoó no impregnadas y se las comparó con la pérdida de peso de las probetas impregnadas con el tratamiento T_1 y el tratamiento T_2, con el objetivo de encontrar diferencias de consumo entre las probetas control y tratadas. De la misma manera se evaluó las probetas de Yesquero negro no impregnada T_0 y se las comparo con las probetas del tratamiento T_1 y T_2.

En el Cuadro 21 se puede observar las diferencias de pérdida de peso entre el control y los tratamientos, también se observa una preferencia por el consumo de las probetas de control y no hubo consumo en las probetas con los diferentes tratamientos.

Cuadro 21. Perdida promedio de peso de las probetas de ambas especies.

Tratamiento	Pérdida de peso (%)
$T_{0.Oc.}$	5.3
$T_{1.Oc.}$	0
$T_{2.Oc.}$	0
$T_{0.Yn.}$	6
$T_{1.Yn.}$	0
$T_{2.Yn.}$	0

5.3.4 Coeficiente absoluto de anti alimentación

En base a la pérdida de peso se calculó el índice de actividad anti alimentaria de las soluciones del aceite (Cuadro 22), se observar que el coeficiente de anti alimentación de los tratamientos (5%; 8%), en las probetas de Ochoó y Yesquero negro es de un 100%, es decir que no hubo consumo por las termitas. De acuerdo con la tabla 1. Los Indicadores para evaluar la actividad anti termitica de la solución, los tratamientos impregnados por las soluciones tienen una actividad muy fuerte.

Cuadro 22. Coeficiente absoluto de anti alimentación (%).

Tratamiento %	
Especies Ochoó – Yesquero negro	
$T_{1.Oc.}$	100
$T_{2.Oc.}$	100
$T_{1.Yn.}$	100
$T_{2.Yn.}$	100

5.3.5 Inhibición de la alimentación

Se evaluó la inhibición de la alimentación, mediante el índice de deterrencias alimentaria (IDA) y el índice de repelencia alimentaria (Q), los resultados obtenidos se observan en el cuadro 23, se puede observar que hay una diferencia numérica entre las probetas de control y las probetas tratadas a las diferentes concentraciones, los índices demuestran que las soluciones del aceite del Pesoé en sus diferentes concentraciones tienen un efecto de inhibición de alimentación.

El índice IDA en todos los tratamientos (T_1 – T_2) para ambas especies utilizadas en el ensayo se obtuvieron valores de 100 lo cual nos indica la inhibición de la alimentación, en el índice Q también en los tratamientos (T_1 – T_2) para ambas especies utilizadas en el ensayo se obtuvieron valores de 0 que significa también inhibición de la alimentación.

En ambos índices se demuestra el rechazo por parte de las termitas a las probetas impregnadas con el Bio-barniz.

Cuadro 23. Efecto de las soluciones del aceite de Pesoé sobre la alimentación de la termita de madera seca.

Tratamiento	Nº. repeticiones	Peso consumidos de la probetas %		IDA	Q
		Control	Tratado		
$T_{1\ (5\%)}$ *Oc.	5	5.3	0	100	0
$T_{2\ (8\%)}$* Oc.	5	5.3	0	100	0
$T_{1\ (5\%)}$ *Yn.	5	6	0	100	0
$T_{2\ (8\%)}$ *Yn.	5	6	0	100	0

*Oc. (Ochoó) *Yn. (Yesquero negro)

(Nota aclaratoria necesaria; no se aplicó un análisis de varianza debido a que no hubo variabilidad en los resultados obtenidos).

5.3.6 Consumo de las probetas por las termitas

En esta prueba no se monitoreo el consumo de las termitas sobre las probetas de Ochoó y Yesquero negro, para no causar daños a las termitas en cada toma de datos, se procedió a hacer la toma de datos al inicio de la prueba y al final de la prueba. Los resultados de esta prueba se pueden observar mediante imágenes fotográficas, debido que no se obtuvo datos matemáticos.

- **Probetas de Ochoó**

El resultado del consumo de probetas de Ochoó $T_{0.}$ (Figura19) se puede observar el consumo por parte de las termitas.



Figura 19. Consumo de las termitas en probetas de Ochoó **T_0**.

Los resultados de las probetas de Ochoó con tratamiento al 5% (Figura 20), al igual que los resultados del tratamiento al 8% (Figura 21), se muestran a continuación. En ambos resultados se puede observar que no hubo consumo por parte de las termitas.

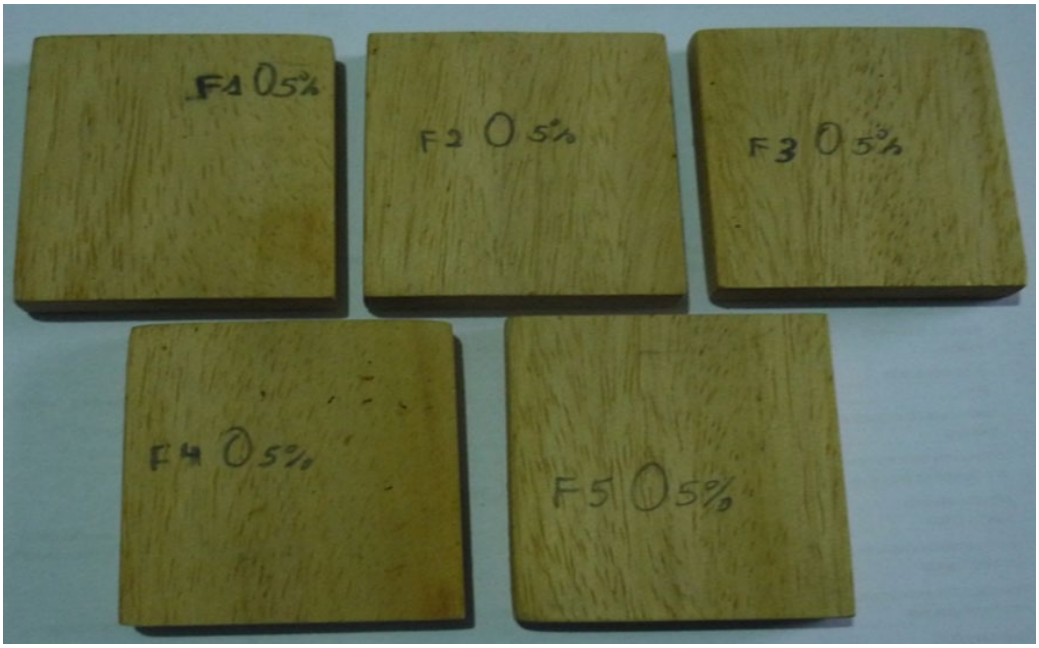


Figura 20. Consume de las termitas en las probetas de Ochoó al T_1.



Figura 21. Consume de las termitas en las probetas de Ochoó al T_2.

- **Probetas de Yesquero negro**

Los resultados de las probetas de Yesquero negro a los diferentes tratamientos son similares a los que se obtuvo con las probetas de Ochoó, se puede observar en las probetas testigos de Yesquero negro (Figura 22) el consumo que se produjo por las termitas, en las probetas sometida al tratamiento 5% (Figura 23) y en las probetas sometidas al tratamiento 8% (Figura 24) se puede observar que no se produjo consumo por parte de las termitas.



Figura 22. Consumo de las termitas en las probetas de Yequero negro T_0.



Figura 23. Consumo de las termitas en las probetas de Yequero negro T_1.



Figura 24. Consumo de las termitas en las probetas de Yequero negro T_2.

Se puede observar que ambas especies sometidas a los tratamientos T_1 y T_2, no se produjo en consumo de las probetas por parte de las termitas, en cambio se observó que en las probetas T_0 de ambas especies, se produjo un consumo por las termitas sobre las probetas.

5.4 Estimación de costos del uso de los barnices tradicionales y el Bio-barniz de Pesoé

La estimación de costos para el uso de los barnices tradicionales y el Bio-barniz de Pesoé de acuerdo al cuadro 24, se tomó en cuenta la cantidad de barniz, disolvente y el producto anti termita para obtener el precio total de los barnices tradicionales, en comparación del Bio-barniz solo se tomó en cuenta el aceite y disolvente, no se tomó en cuenta productos anti termitas debido a que el aceite posee propiedades repelentes a las termitas.

Cuadro 24. Estimación de costos del uso de los barnices tradicionales y el Bio-barniz de Pesoé.

DISTRIBUIDORA	PRODUCTO	CANTIDAD	PRECIO Bs.	TOTAL Bs.
Monopol	Barniz Copal-Brilloso	0,9 lt	33	275
	Disolvente	1 lt	27	
	Producto anti termitas	4 lt	215	
	Barniz Copal-Brilloso	3,5 lt	120,13	362,13
	Disolvente	1 lt	27	
	Producto anti termitas	4 lt	215	
Casa color	Barniz Sparlack Copal BTE	3,6 lt	132	234
	Disolvente	1 lt	27	
	Producto anti termitas	1 lt	75	
	Barniz Sparlack Copal BTE	3,6 lt	132	381,5
	Disolvente	1 lt	27	
	Producto anti termitas	3,6lt	222,5	

Bio-barniz de Pesoé	Bio-barniz de Pesoé 5%	1 lt	120	133
	Disolvente (alcohol) 1lt	1 lt	13	
	Bio-barniz de Pesoé 5% 4 lt	1 lt	120	172
	Disolvente (alcohol)	4 lt	52	
	Bio-barniz de Pesoé 8% 1 lt	1 lt	120	133
	Disolvente (alcohol)	1 lt	13	
	Bio-barniz de Pesoé 8% 4 lt	1 lt	120	172
	Disolvente (alcohol)	4 lt	52	

(Para la preparación del Bio-barniz de 4 lt al 5% y 8%, solo se necesita 1 lt de aceite).

5.5 Preparaciones del Bio-barniz de Pesoé

La preparación del Bio-barniz de Pesoé solo requiere del aceite extraído de las semillas de la planta y su disolvente alcohol, de 1000 ml del aceite se puede obtener varias cantidades de preparaciones (Cuadro 25), para obtener 1000 ml del Bio-barniz.

Cuadro 25. Estimación de cantidades de preparaciones del Bio-barniz en 1000 ml a diferentes % de concentraciones, disolvente alcohol 96%.

Concentración	Cantidad de aceite de Pesoé (ml)	Cantidad preparaciones	Sobrante de aceite (ml)
5%	52	19	12
8%	83	12	4
10%	104	9	64
12%	125	8	0
15%	156	6	64

18%	187	5	65
20%	208	4	168
25%	260	3	220
30%	312	3	64

El Bio-barniz del aceite de Pesoé, es un barniz de origen vegetal que garantiza en su aplicación la ausencia de sustancias toxicas y debido a su composición vegetal no desprende gases tóxicos en caso de incendio, en cuanto a su mantenimiento no se necesita un decapado en la madera únicamente la aplicación de una lija y la nueva aplicación del Bio-barniz.

El Bio-barniz penetra en la madera, no forma una película como los barnices convencionales, lo cual permite que la humedad que llega absorber la madera no se quede bloqueada dentro de ella, debido a que los poros quedan abiertos y la madera puede hacer mejor el intercambio de adsorción y desorción de humedad evitando que la madera se raje poco a poco, la característica principal del Bio-barniz es de resaltar la belleza natural de la madera.

5.6 Cotización de barnices, diluyentes y tratamiento anti termitas

Para el conocimiento de los precios de diferentes barnices, se realizó una cotización de precios en dos distribuidoras (Casa color y Monopol). Los diferentes barnices y disolventes de Monopol (Cuadro 26) se detallan a diferentes de ml o lt. Los barnices de la distribuidora Casa color (Cuadro 27) se detallan a diferentes litros. Los productos anti termitas de las dos distribuidoras (Cuadro 28) se detallan a diferente ml o lt.

Cuadro 26. Cotización de costos de diferentes barnices y diluyentes de Monopol.

PRODUCTO	100 ml	220ml	300ml	0.9 lt	3.5lt	18lt
Barniz Copal-Brilloso	5,57	10,86		33,13	120,13	593,48
Barniz Copal-Semimate				40,72	149,71	745,62

Barniz Copal-Mate				43,43	160,08	798,87
Barniz Cristal-Brilloso	8,21	15,59		53,87	196,90	988,95
Barniz Cristal-Semimate				54,50	199,40	1001,75
Barniz Cristal-Mate				57,28	210,19	1057,29
Barniz sin filtro UV-Colores				41,76	148,80	741,87
Barniz Marino Filtro UV-Brillo				61,39	226,06	1137,68
Barniz Marino Filtro UV-Semimate				70,37	261,07	1317,60
Barniz Marino Filtro UV-Mate				86,72	324,75	1645,48
Barniz Lacabril-Brilloso				62,71	230,58	1160,37
Barniz Lacabril-Mate				62,15	228,50	1149,86
				1lt	**4lt**	**16lt**
Barniz Vitronate II D-Brilloso				75,10	269,14	1044,70
Barniz Vitronate II D-Semimate				88,32	322,04	1256,28
Barniz Vitronate II A-Mate				105,30	389,83	1527,51
DILUYENTE	1lt	4lt	16lt	100lt	200lt	
Thinner-1020-Transparente	27,28	77,53	278,40	1496,40	2996,70	
Thinner-3007(Nitrolac)-Transparente	37,58	119,09	444,67		5069,66	

Thinner-4077 Poliuretano-Transparente	52,90	180,96	692,03	4080,79	8161,57	
Thinner-3030 Universal-Transparente	45,10	149,15	564,87	3288,74	6577,48	

Cuadro 27. Estimación de costo del uso de barniz de Casa color.

PRODUCTO	U-M	CANT	PRE-U Bs.
Barniz Sparlack Copal BTE Galon	3,6 lt	1	132
Barniz Sparlack Cetol BTE Canela/800 Gal	3,6 lt	1	280,5

Cuadro 28. Estimación de costos de productos anti-termitas (Monopol y Casa Color), productos preventivo no curativos.

PRODUCTO	U-M	CANT	PRE-U Bs.
Penetrol Mata Cupim Incolor Litro (Casa C.)	1 lt	1	75
Penetrol Mata Cupim Incolor Galon (Casa C.)	3,6 lt	1	222,5
Impregnante Marino (Monopol)	4 lt	1	215

6. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos en el presente estudio se concluye:

- El aceite extraído de la especie Pesoé utilizado como Bio-barniz, no tiene un efecto de repelencia a la humedad, a las concentraciones utilizadas en el estudio.
- El Bio-barniz a su concentración del 8% obtuvo menos adsorción de humedad, en comparación a la concentración del 5%.
- El Bio-barniz hasta en su dosis menor (5%) utilizada en el estudio, tiene un efecto repelente al ataque de las termitas utilizadas en el estudio.
- El aceite utilizado como Bio-barniz no tiene efecto de insecticida, porque se observó que la muerte de las termitas fue provocada por la falta de alimentación y no por entrar en contacto con el Bio-barniz.
- El consumo promedio de las termitas en los discos de papel filtro a las diferentes concentraciones, demuestran que los discos testigos obtuvieron un 40% de consumo, mientras que los disco al 5% y 8% no hubo consumo por parte de las termitas.
- El consumo promedio de las termitas en las probetas de la especie Ochoó a los diferentes tratamientos, demuestran que las probetas testigos perdieron un 5,3% de peso mientras que las probetas impregnadas con los diferentes tratamientos no se registró consumo o pérdida de peso de las probetas.
- El Bio-barniz a las concentraciones utilizadas en el estudio, presentan una actividad anti alimentaria muy fuerte de un 100%.

7. RECOMENDACIONES

- Realizar un ensayo de repelencia a la humedad del Bio-barniz a concentraciones mayores utilizados en este estudio como ser al 15%, 20% y 25%
- Hacer estudios con concentraciones menores al 5%, para determinar cuál es la dosis mínima para evitar el ataque de las termitas, en maderas tropicales de mediana y alta densidad.
- Elaborar estudios si el Bio-barniz tiene efecto sobre otras especies de termitas de madera seca.
- Para la utilización del Bio-barniz, en uso de conservación ante el ataque de termitas se recomienda utilizar 5%, puesto que en este porcentaje se demostró que no hay consumo por parte de las termitas.
- Se recomienda utilizar el Bio-barniz al 8% o mayores concentraciones si se quiere dar un mayor brillo a la madera.
- Se puede utilizar para barnizar muebles de interiores, que no van estar expuestos a los agentes abióticos.
- Se recomienda cultivar otro tipo de termitas de madera seca para nuevos estudios.
- Realizar un estudio si el Bio-barniz tiene un efecto repelente sobre otros insectos barrenadores de la madera.

8. LITERATURA CITADA

AEIM. 2006. Directorio de la madera estructural- Información de la madera para uso estructural: cualidades, condiciones de uso y utilización, productos y protección de la madera. Monográfico 1, AEIM. Madrid, España.

Aguilar, J., Guzowski. E. 2011. Materiales y materias primas. Madera. Ministerio de Educación. Instituto Nacional de Educación Tecnológica. Buenos Aires, Argentina.

AITIM. 1985. Barnizado o acabado de la madera (en línea). Santa Cruz, Bolivia. Consultado el 26 de julio 2015. Disponible en http://www.infomadera.net/modulo/revista.com.

Arcos, R., J. 1999. Efecto del aceite de Nim *Azadirachta indica* A. Juss., sobre la termita de madera seca *Incisitermes marginipennis* (Latreille) (Isoptera: kalotermitidae). Tesis de grado, Universidad Autónoma de Chapingo. México.

Berrocal, J, A., Rojas, A., L, V. 2007. Resistencia de la madera de teca (*Tectona grandis* L.f.) proveniente de plantaciones forestales ante el ataque de termitas de madera seca *Cryptotermes brevis* (Walker). Revista Forestal: Kurú 4(10):2-13.

Castro, A. 2004. Solventes y diluyentes para la remoción de barnices: revisión de la teoría básica para la conceptualización del trabajo práctico. Revista Conserva 8: 124-126.

Camargo, R., R. 1968. Tratamientos preservadores guías para onces maderas de Costa Rica. Tesis de grado Magister Scientiae, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, Turrialba, Costa Rica.

CCT-CORMA. 2008. Control de termitas. Corporación chilena de madera. Chile.

Encinas, O., 2004. Conservación de maderas (en línea). Venezuela. Consultado 26 de Julio 2015.disponible en: http://www.webdelprofesor.ula.ve/forestal/oencinas.

FAO-PAFBOL. 2002. Información técnica para el procesamiento industrial de 134 especies maderables de Bolivia. Serie técnica XI. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación y FAO. La Paz, Bolivia.

Galindo, V. D., Devia, A.C. y Robles, E.J.2011. Actividad antitermitica de los aceites esenciales extraídos de las hojas de *Lippia alba, Minthostachys mollis, Cymbopogon citratus y Psidium caudatum* contra Nasutitermes sp., (en línea). Santa Cruz, Bolivia. Consultado 26 de Julio 2015. Disponible en……

Gil, C. 2011. Protección de la madera. Diplomado de grado, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Michoacán, México.

Gomes, F., Coelho, D., Paes, J., De Carvalho, A. y De Lima Oliveira, G. 2013. Durabilidade Natural de Especies Florestais Madeireiras ao Ataque de Cupim de Madeira Seca. Revista Floresta e Ambiente 20(01): 110-116.

Gonzáles, G. 2012. Patologías bióticas de la madera, capitulo cinco: Insectos Xilófagos Sociales, Termitas. Chile.

Herbas, R. 1987. Manual de patología forestal. Editorial Metodista. Bolivia.

Jardim, A., Killeen, T., Fuentes, A. 2003. Guía de árboles y arbustos del Bosque Seco Chiquitano, Bolivia. FAN. Santa Cruz, Bolivia.

Johnson, H., 1994. La madera. Blume. España.

Laszlo., F. Óleo esencial de Sucupira branca. Instituto brasilero de aromatología. Monografia. Brasil.

Loayza, M. 1979. Resistencia natural de maderas de diez especies forestales al ataque de termites. Tesis de grado, Magister Scientiae, Universidad de Costa Rica. Turrialba, Costa Rica.

Mari, M., J, A. 2015. Insectos de Puerto Rico. Puerto Rico.

Matus, A. N., J. 2007. Comparación de métodos acelerados para evaluar repelencia a la humedad. Tesis de grado, Universidad del Bio Bio. Concepción, Chile.

Morales, E. 2003. Madera al exterior: Humedad de equilibrio higroscópico y sus valores característicos. Boletín de información técnica 226:44.

Mostacedo, B., Justiniano, J., Toledo, M., Fredericksen, T. 2003. Guía dendrológica de especies forestales de Bolivia. Proyecto BOLFOR. Santa Cruz, Bolivia.

PADT-REFORT.1984. Manual de diseño para maderas del grupo andino. Cuarta edición. Junta del acuerdo de Cartagena. Lima, Perú.

PNUD. 2013. Manual de clasificación y secado de madera de lenga. Ministerio de Industria de la Nación. Argentina.

PRID-MADERA. 1988. Manual del grupo andino para la preservación de maderas. Junta del acuerdo de Cartagena. Lima, Perú.

Puertas, P., Guevara, C. y Espinoza, M. 2013. Manual de transformación de la madera. AIDER, OIMT. Perú.

Rogg, H. 2000. Manual de entomología agrícola de Ecuador. ABYA- YALA. Quito, Ecuador.

Rojas, E., Gallardo, R. 2004.Manual de insectos asociados a maderas en la zona sur de Chile. Servicio agrícola y ganadero. Chile.

Romero, P. J.M. 1999. Influencia de la temperatura sobre el comportamientode dos especies de termitas de madera seca *Cryptotermes brevis* Walker e Incisistermes marginipennis Latreille (Kalotermitidae). Tesis de grado, Universidad autónoma de Chapingo. México

Salazar, C. K. 2012. Actividad anti termita del extracto crudo de corteza de Cartán (*Centrolobium paraense*). Tesis de grado, Universidad Nacional Experimental de Guayana. Upata, Guayana.

Vaca, C. V., H. 2011. Repelencia a la humedad de diferentes barnices para exteriores aplicados en maderas de Ochoó (Hura crepitans) y Tajibo (Tabebuia impetiginosa). Tesis de grado, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.

Vaca de Fuentes, R., B. 1998. Técnicas para la preservación de maderas. Documento técnico 65, Proyecto BOLFOR. Santa Cruz, Bolivia.

Vargas, I., Jordán. C.2003. Principales plantas útiles del bajo Paraguá-Guía de campo. FAN. Bolivia.

Vargas, M., J, O. 1987. Anatomía y tecnología de la madera. UMSS. Bolivia.

Vignote, S., Jiménez, F.J. 2000. Tecnología de la madera. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. Barcelona, España.

Viscarra, S. 1998. Guía para el secado de madera en hornos. Documento técnico 69, Proyecto BOLFOR. Santa Cruz, Bolivia.

9. ANEXOS



Anexo 1. Árbol de la especie de Pesoé (*Pterodon emarginatus*).



Anexo 2. Fruto y semilla del Pesoé (*Pterodon emarginatus*).



Anexo 3. Sitio de colecta de la termita *Cryptotermes brevis.*



Anexo 4. Frasco de vidrio donde estuvieron las termitas para su adaptación ambiental al laboratorio.



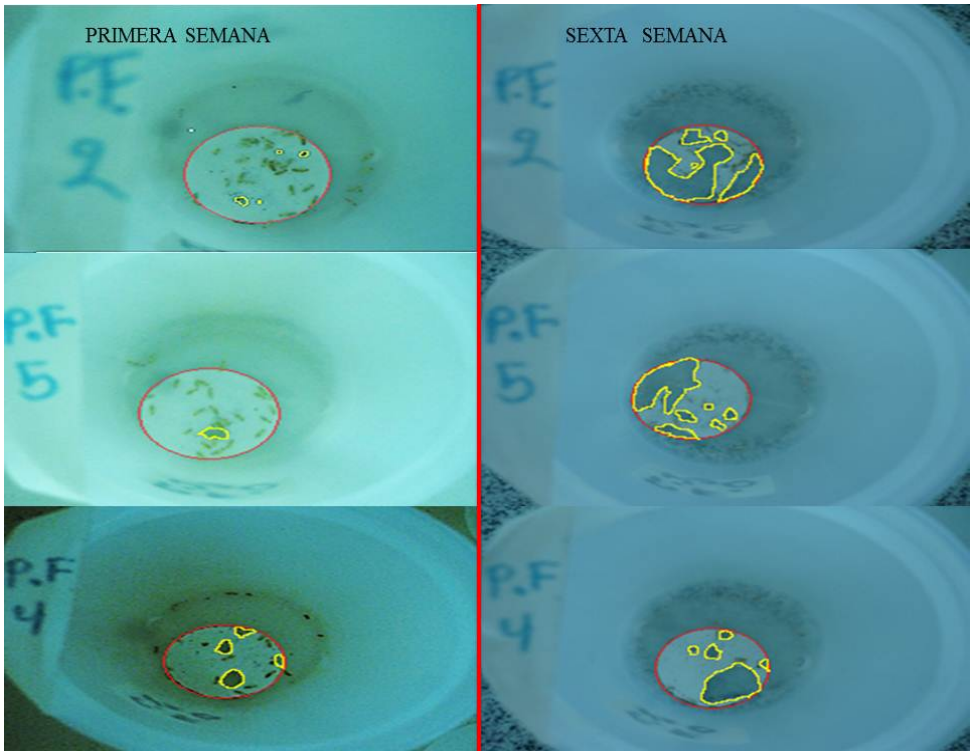
Anexo 6. Sitio de establecimiento de las pruebas con los frascos de plásticos.

F.V.	G.L	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	VALOR DE F	P- F
Modelo	2	386,80	193,40	25,49	< 0,0001
Error	42	318,72	7,59		
Total	44	705,52			

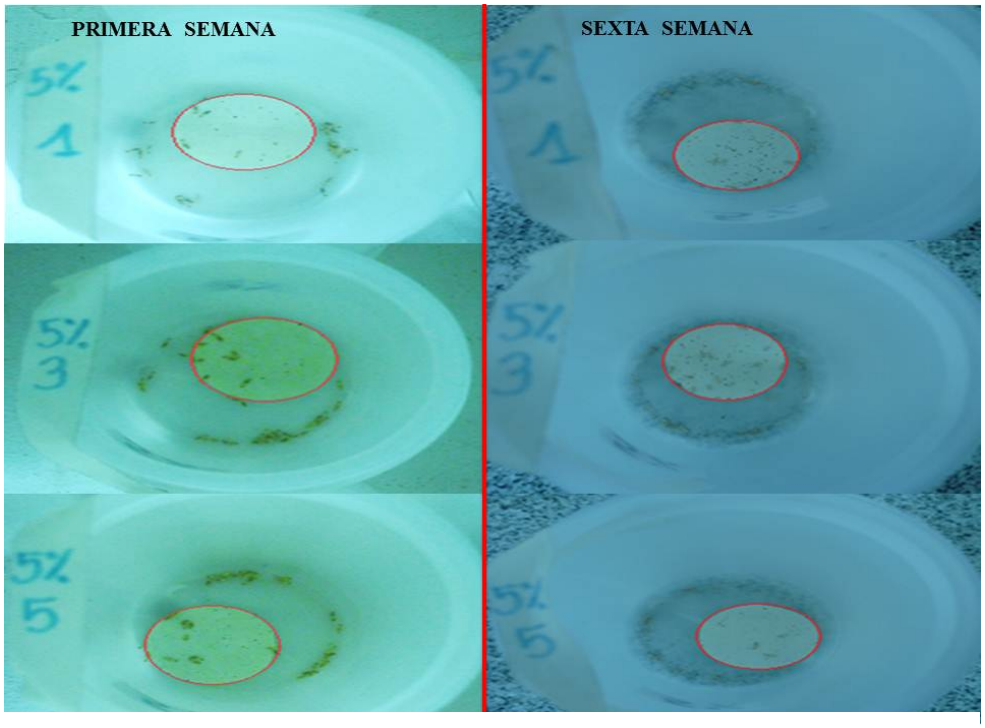
Anexo 5. Análisis de varianza para la variable adsorción de humedad.

F.V.	G.L	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	VALOR DE F	P- F
Modelo	2	31222,67	15611,33	25,02	< 0,0001
Error	12	7486,61	623		
Total	14	38709,28			

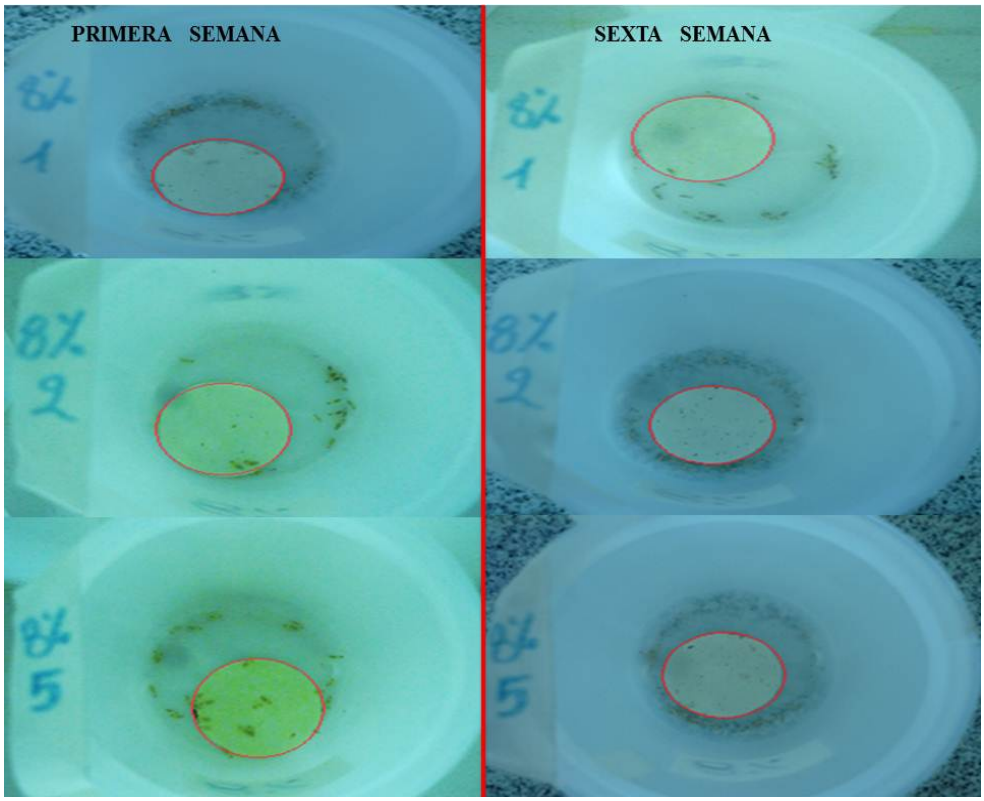
Anexo 7. Análisis de varianza para la variable pérdida de peso de los discos de papel filtro.



Anexo 8. Consumo de las termitas en los discos de papel filtro por semanas T_0



Anexo 9. Consumo de las termitas en los discos de papel filtro por semanas T_1.



Anexo 10. Consumo de las termitas en los discos de papel filtro por semanas T_2.