



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

Determinación de la resistencia natural de la madera de Pino Triste (*Pinus Pseudostrobus Lindl.*), Palo Blanco (*Cybistax donnell-smithii-Rose.Seibert.*), Lloro Sangre, (*Swartzia Cubensis-Britt-Willson*), contra el ataque de termitas subterráneas.

René Santamaría Rojas Herrera

Asesorado por: Inga. Telma Maricela Cano Morales

Ing. José Mario Saravia

Guatemala, noviembre de 2008.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA NATURAL DE LA MADERA DE PINO TRISTE (*PINUS PSEUDOSTROBUS LINDL.*), PALO BLANCO (*CYBISTAX DONNELL-SMITHII-ROSE.SEIBERT.*), LLORA SANGRE, (*SWARTZIA CUBENSIS-BRITT-WILLSON*), CONTRA EL ATAQUE DE TERMITAS SUBTERRÁNEAS.

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

RENÉ SANTAMARIA ROJAS HERRERA

ASESORADO POR: INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES

ING. JOSÉ MARIO SARAVIA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. José Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO


DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Julio Rivera Palacios
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Wong Davi
EXAMINADOR	Ing. Estuardo Edmundo Monroy Benítez
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

Determinación de la resistencia natural de la madera de Pino Triste (*Pinus Pseudostrobus Lindl.*), Palo Blanco (*Cybistax donnell-smithii-Rose.Seibert.*), Llorá Sangre, (*Swartzia Cubensis-Britt-Willson*), contra el ataque de termitas subterráneas,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 04 de septiembre de 2008.



René Santamaría Rojas Herrera



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Guatemala 11 de julio de 2008

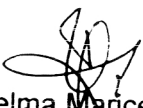
Ingeniero
Williams Guillermo Álvarez Mejía
Director
Escuela de Ingeniería Química
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetable Ingeniero Álvarez:

Atentamente me dirijo a usted para informarle que he revisado el informe final del trabajo de graduación titulado **"DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA NATURAL DE LA MADERA DE PINO TRISTE (*PINUS PSEUDOSTROBUS LINDL.*), PALO BLANCO (*CYBISTAX DONNELL-SMITHII-ROSE-SEIBERT.*), LLORA SANGRE, (*SWARTZIA CUBENSIS-BRITT-WILLSON*), CONTRA EL ATAQUE DE TERMITAS SUBTERRANEAS"** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Química René Santamaría Rojas Herrera, carné No. 1999-11092

Por lo cual, después de haber realizado la revisión del respectivo informe final y de haberle hecho las correcciones pertinentes, considero que llena los requisitos para su aprobación.

Atentamente,


Inga. Telma Maricela Cano Morales
Colegiado 433
ASESORA
Supervisora Sección Química Industrial
Centro de Investigaciones de Ingeniería/CII
Universidad de San Carlos de Guatemala





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
SUB ÁREA DE PRODUCCIÓN FORESTAL



Guatemala, Agosto 4 de 2008

Ingeniero Williams Álvarez
Director Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería

Respetable Ingeniero Álvarez:

Por la presente me permito informarle que he revisado el informe final del trabajo de graduación titulado: **DETERMINACION DE LA RESISTENCIA NATURAL DE LA MADERA DE PINO TRISTE (*PINUS PSEUDOSTROBUS LIND.*), PALO BLANCO (*CYBISTAX DONNELL-SMITHII - ROSE. SEIBERT.*), LLORA SANGRE, (*SWARTZIA CUBENSIS - BRITT - WILLSON*), CONTRA EL** de Ingeniería Química René Santamaría Rojas Herrera, carné 199911092.

Después de haber realizado la revisión antes referida y efectuado las correcciones pertinentes, considero que llena los requisitos necesarios para su aprobación.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. For. M.Sc. José Mario Saravia Molina

Colegiado 637

Profesor Titular Facultad de Agronomía





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA.

Guatemala, 22 de Octubre del 2008
Ref. EIQ.302.2008

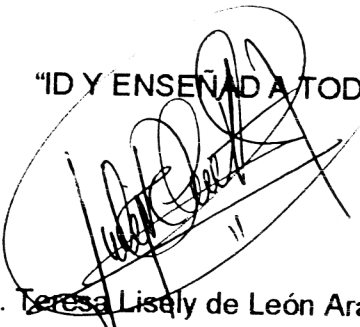
Ingeniero
Williams Guillermo Álvarez Mejía
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Presente.

Estimado Ingeniero Álvarez:

Como consta en el Acta TG-085-08-B-IF le informo que reunidos los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del informe final del trabajo de graduación, para optar al título de INGENIERO QUÍMICO al estudiante universitario **RENÉ SANTAMARIA ROJAS HERRERA**, identificado con carné No. **1999-11092**, titulado: "**DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA NATURAL DE LA MADERA DE PINO TRISTE (Pinus Pseudostrobus Lindl.), PALO BLANCO (Cybistax donnell-smithii-Rose.Seibert.), LLORA SANGRE (Swartzia Cubensis-Britt-Willson), CONTRA EL ATAQUE DE TERMITAS SUBTERÁNEAS.**", el cual ha sido asesorado por la Ingeniera Química Telma Maricela Cano Morales, como consta en el Acta.

Habiendo encontrado el referido informe final **satisfactorio**, se procede a recomendarle autorice al estudiante **Rojas Herrera** proceder con los trámites requeridos de acuerdo a normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑADA A TODOS"

Inga.  Teresa Lisely de León Arana, M.Sc.



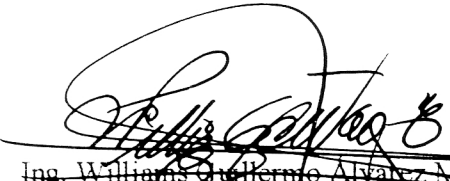
ESCUELA DE
INGENIERÍA QUÍMICA

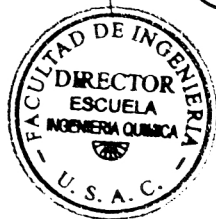
COORDINADORA
Tribunal que revisó el informe final
Del trabajo de graduación

C.c.: archivo



El Director de la Escuela de Ingeniería Química Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía, M.Sc. Después de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el trabajo de graduación del estudiante **René Santamaría Rojas Herrera** titulado: **“DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA NATURAL DE LA MADERA DE PINO TRISTE (Pinus Pseudostrobus Lindl.), PALO BLANCO (Cybistax donnell-Smithii Rose-Seibert.), LLORA SANGRE, (Swartzia Cubensis-Britt-Willson), CONTRA EL ATAQUE DE TERMITAS SUBTERRÁNEAS.”**, procede a la autorización del mismo, ya que reúne rigor, coherencia y calidad requeridos.


Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía M.Sc.
DIRECTOR ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA



Guatemala, noviembre de 2,008

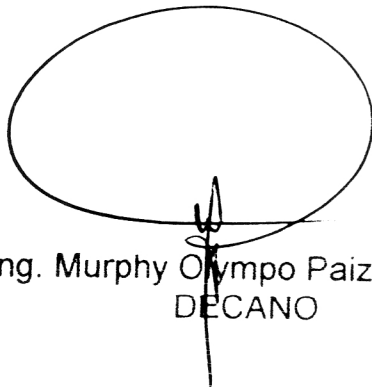


Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG. 402.2008

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de graduación titulado: **DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA NATURAL DE LA MADERA DE PINO TRISTE (Pinus Pseudostrobus Lindl.), PALO BLANCO (Cybistax donnell-smithii-Rose.Seibert.), LLORA SANGRE, (Swartzia Cubensis-Britt-Willson), CONTRA EL ATAQUE DE TERMITAS SUBTERRÁNEAS,** presentado por el estudiante universitario **René Santamaría Rojas Herrera**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, noviembre de 2008



/gdech

AGRADECIMIENTOS A:

DIOS	Por haberme regalado a mis padres y llenarme de bendiciones a lo largo de mi vida
MIS PADRES	Edgar René y Aminta del Rosario, por todo el amor, cariño, sacrificio, confianza, comprensión, entrega y dedicación.
MI ESPOSA	Por ser una gran mujer y haberme dado el mejor regalo y bendición del mundo, Javier.
MIS HERMANAS	Majo, Chichi y Gaby, por todo su apoyo, amor y cariño.
MIS TÍOS Y PRIMOS	Por su ayuda y cariño en todos los momentos de mi vida.
MIS AMIGOS	Por su amistad y apoyo brindado durante todo este tiempo.
INGA. TELMA CANO	Por todo el apoyo brindado para la realización del presente informe.
ING. CESAR GARCIA	Por su colaboración y paciencia en la revisión del presente informe.
ING. JOSÉ MARIO SARAVIA	Por todo el apoyo brindado para la realización del presente informe.

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS Fuente inagotable de virtud y sabiduría

MIS PADRES Edgar René Rojas López
Aminta del Rosario Herrera Morales

MI ESPOSA E HIJO Karla Fernanda Sermeño Estrada
Javier René Rojas Sermeño

MIS HERMANAS María José Rojas Herrera
Aminta Celeste Rojas Herrera
Gabriela Victoria Rojas Herrera

MI TÍA Elsa Colomba Rojas López

Todos los integrantes de mi familia Rojas

Todos los integrantes de mi familia Herrera

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XIII
GLOSARIO.....	XV
RESUMEN.....	XXI
HIPÓTESIS.....	XXIII
ANTECEDENTES.....	XXV
OBJETIVOS.....	XXIX
INTRODUCCIÓN.....	XXXI
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 Anatomía de la madera.....	1
1.1.1 Clasificación de las maderas.....	1
1.1.2 Estructura de maderas coníferas.....	1
1.1.2.1 Traqueadas.....	1
1.1.2.2 Parénquima.....	2
1.1.3 Estructura de maderas latifoliadas.....	2
1.1.3.1 Fibras.....	2
1.1.3.2 Vasos.....	2
1.1.4 Estructura química de la madera.....	2
1.1.5 Estructura del tallo.....	3
1.1.5.1 Componentes del tallo.....	3
1.1.5.1.1 Médula o Duramen.....	3
1.1.5.1.2 Cerno y Albura.....	4
1.1.5.1.3 Cambium.....	5
1.1.5.1.4 Corteza.....	5

1.2 Resistencia natural de la madera.....	5
1.2.1 Factores que determinan la resistencia natural de la madera.....	6
1.2.1.1. Factores inherentes a la naturaleza de la madera.....	6
1.2.2 Métodos para determinar la resistencia natural de la madera.....	7
1.2.2.1 Métodos de laboratorio (hongos).....	8
1.2.2.2 Métodos de laboratorio (termitas).....	8
1.2.2.3 Métodos de campo.....	9
1.3 Agentes destructores de la madera.....	12
1.3.1 Agentes destructores de origen vegetal.....	12
1.3.1.1 Hongos.....	12
1.3.2 Agentes destructores de origen Animal.....	12
1.3.2.1 Termitas subterráneas.....	14
1.3.2.1.1 Morfología.....	14
1.3.2.1.2 Obreras.....	14
1.3.2.1.3 Soldados.....	15
1.3.2.1.4 Pareja real.....	15
1.3.2.1.5 Reproductores suplementarios.....	16
1.3.2.1.6 Reproductores primarios.....	17
1.3.2.2 Síntomas de la termita subterránea.....	18
1.3.2.3 Restos en pared.....	19
1.3.2.4 Daños en madera funcional.....	19
1.3.2.5 Daños en madera estructural.....	20
1.3.2.6 Daños en librerías y papelerías.....	21
1.3.2.7 Daños en muebles.....	21
1.4 La colonia.....	22
1.4.1 Tamaño de la colonia.....	22

1.4.2	Época de vuelo.....	23
1.4.3	Trofalaxis.....	23
1.4.4	Vías de acceso a edificaciones.....	24
1.4.5	Vías de acceso a viviendas.....	25
1.4.6	Inspección.....	26
1.4.7	Diagnóstico exacto.....	26
1.4.8	Identificación correcta.....	26
1.5	Metodología de control de termitas subterráneas.....	26
1.5.1	Cebos específicos.....	26
1.5.2	Inhibidores metabólicos o neurotóxicos.....	27
1.5.3	Barreras químicas.....	27
1.6.	Características de la madera a ser evaluadas.....	28
1.6.1	Pinus Pseudostrobus Lindl. (Pino Triste).....	28
1.6.1.1	Taxonomía de la planta.....	29
1.6.1.2	Distribución geográfica del árbol.....	29
1.6.1.3	Características de la Madera.....	29
1.6.2	Cybistax Donnell-Smithii (Rose) Seibert (Palo Blanco).....	30
1.6.2.1	Taxonomía de la planta.....	30
1.6.2.2	Distribución geográfica del árbol.....	31
1.6.2.3	Características de la Madera.....	31
1.6.3	Swartzia Cubensis (Brit & Willson) Standl. (Llora Sangre).....	31
1.6.3.1	Taxonomía de la planta.....	32
1.6.3.2	Distribución geográfica del árbol.....	32
1.6.3.3	Características de la Madera.....	33
2.	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	35
2.1	Localización.....	35
2.2	Recursos humanos.....	35
2.3	Recursos materiales.....	35
2.4	Equipo.....	36

2.5 Métodos.....	36
2.6 Procedimiento.....	36
2.7 Evaluaciones.....	38
2.7.1 Tentativa de ataque.....	38
2.7.2 Ataque ligero.....	38
2.7.3 Ataque medio.....	38
2.7.4 Ataque fuerte.....	38
2.8 Validez de ensayo.....	39
2.9 Análisis estadístico.....	39
2.9.1 Diseño de tratamientos.....	39
2.9.2 Diseño experimental.....	39
2.9.3 Variables.....	40
2.9.3.1 variables de respuesta.....	40
2.10 Análisis estadístico.....	41
3. RESULTADOS.....	43
4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	69
CONCLUSIONES.....	77
RECOMENDACIONES.....	79
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81
BIBLIOGRAFÍA.....	83
APÉNDICE.....	85
ANEXO.....	87

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Diagrama esquemático del tallo en sección transversal.....	3
2.	Esquema de sección analizar.....	4
3.	Métodos de laboratorio para hongos.....	8
4.	Métodos de laboratorio para termitas.....	8
5.	Métodos de campo para hongos y termitas.....	9
6.	Termitas obreras.....	15
7.	Termitas soldados.....	15
8.	Pareja Real.....	16
9.	Reproductores suplementarios.....	17
10.	Reproductores primarios.....	18
11.	Daños en madera funcional.....	20
12.	Daños en madera estructural.....	21
13.	Porcentaje de pérdida de masa de pino pseudostrobus	
14.	durante el tiempo de experimentación de ataque de las	
	termitas.....	48
.		
15.	Porcentaje de perdida de masa de pino pseudostrobus	
	tratado (blanco) durante el tiempo de experimentación de	
	ataque de las termitas.....	48
15.	Porcentaje de pérdida de masa de Palo Blanco, durante	
	el tiempo de experimentación de ataque de las	
	termitas.....	49

16.	Porcentaje de pérdida de masa de Palo Blanco (Blanco) durante el tiempo de experimentación de ataque de las termitas.....	49
17.	Porcentaje de pérdida de masa de Palo Sangre, durante el tiempo de experimentación de ataque de las termitas.....	50
18.	Porcentaje de pérdida de masa de Palo Sangre Tratado (Blanco) durante el tiempo de experimentación de ataque de las termitas.....	50
19.	Porcentaje de pérdida de masa de las tres especies y sus respectivos testigos para N1.....	51
20.	Porcentaje de pérdida de masa de las tres especies y sus respectivos testigos para N2, durante el tiempo de experimentación de ataque de las termitas.....	51
21.	Porcentaje de pérdida de masa de las tres especies y sus respectivos testigos para N3, durante el tiempo de experimentación de ataque de las termitas.....	52
22.	Porcentaje de pérdida de masa de las tres especies y sus respectivos testigos para N4, durante el tiempo de experimentación de ataque de las termitas.....	52

23.	Porcentaje de pérdida de masa de las tres especies y sus respectivos testigos para N5, durante el tiempo de experimentación de ataque de las termitas.....	53
24.	Porcentaje de pérdida de masa de las tres especies para N1, durante el tiempo de experimentación de ataque de las termitas.....	53
25.	Porcentaje de pérdida de masa de las tres especies para N2, durante el tiempo de experimentación de ataque de las termitas.....	54
26.	Porcentaje de pérdida de masa de las tres especies para N3, durante el tiempo de experimentación de ataque de las termitas.....	54
27.	Porcentaje de pérdida de masa de las tres especies para N4, durante el tiempo de experimentación de ataque de las termitas.....	55
28.	Porcentaje de pérdida de masa de las tres especies para N5, durante el tiempo de experimentación de ataque de las termitas.....	55
29.	Porcentaje de pérdida de masa de las tres especies tratadas para N1, durante el tiempo de experimentación de ataque de las termitas.....	56

30.	Porcentaje de pérdida de masa de las tres especies tratadas para N2, durante el tiempo de experimentación de ataque de las termitas.....	56
31.	Porcentaje de pérdida de masa de las tres especies tratadas para N3, durante el tiempo de experimentación de ataque de las termitas.....	57
32.	Porcentaje de pérdida de masa de las tres especies tratadas para N4, durante el tiempo de experimentación de ataque de las termitas.....	57
33.	Porcentaje de pérdida de masa de las tres especies tratadas para N5, durante el tiempo de experimentación de ataque de las termitas.....	58
34.	Dureza de las tres especies para N1, durante el tiempo de experimentación de ataque de las termitas.....	58
35.	Dureza de las tres especies para N2, durante el tiempo de experimentación de ataque de las termitas.....	59
36.	Dureza de las tres especies para N3, durante el tiempo de experimentación de ataque de las termitas.....	59
37.	Dureza de las tres especies para N4, durante el tiempo de Experimentación de ataque de las termitas.....	59

38.	Dureza de las tres especies para N5, durante el tiempo de experimentación de ataque de las termitas.....	60
39.	Dureza de Pinus Pseudostrobus en relación al porcentaje de pérdida de masa, durante tiempo de ataque de termitas subterráneas.....	61
40.	Dureza de Pinus Pseudostrobus tratado (Blanco) en relación al porcentaje de pérdida de masa, durante tiempo de ataque termitas subterráneas.....	61
41.	Dureza de Palo Blanco en relación al porcentaje de pérdida de masa, durante tiempo de ataque de termitas subterráneas...	62
42.	Dureza de Palo Blanco tratado (Blanco) en relación al porcentaje de pérdida de masa, durante tiempo de ataque de termitas subterráneas.....	62
43.	Dureza de Palo Sangre en relación al porcentaje de pérdida De masa, durante tiempo de ataque de termitas subterráneas.....	63
44.	Dureza de Palo Sangre tratado (Blanco) en relación al porcentaje de pérdida de masa, durante tiempo de ataque de termitas subterráneas.....	63
45.	Porcentaje de humedad para Pinus Pseudostrobus, durante el tiempo de ataque de las termitas.....	64

46.	Porcentaje de humedad para Pinus Pseudostrobus tratado (Blanco), durante el tiempo de ataque de las termitas.....	64
47.	Porcentaje de humedad para Palo Blanco, durante el tiempo de ataque de las termitas.....	65
48.	Porcentaje de humedad para Palo Blanco tratado (Blanco) durante el tiempo de ataque de las termitas.....	65
49.	Porcentaje de humedad para Palo Sangre, durante el tiempo de ataque de las termitas.....	66
50.	Porcentaje de humedad para Palo Sangre tratado (Blanco), durante el tiempo de ataque de las termitas.....	66
51.	Perdida de masa de todos los tratamientos, durante las tres fases de experimentación.....	67
52.	Dureza de P1 en función del porcentaje de humedad de P1, durante toda la experimentación.....	73
53.	Clasificación de las maderas en las Micropruebas I, II, III, según tabla I.....	87
54.	Clasificación de maderas en microprueba I.....	87
55.	Clasificación de maderas en microprueba II.....	88
56.	Clasificación de las maderas en microprueba III.....	88

TABLAS

I	Clasificación de la madera por su resistencia.....	9
II	Clasificación de la madera según su resistencia natural al tipo de clima.....	10
III	Clasificación de maderas según duración.....	10
IV	Clasificación de maderas según resistencia al biodeterioro.....	11
V	Clasificación de maderas comerciales por su durabilidad natural.....	11
VI	Tabla de ANOVA.....	42
VII	Pérdida porcentual de humedad en las tres especies de maderas experimentales.....	43
VIII	Pérdida de humedad en comparación con la pérdida de masa.....	44
IX	Pérdida de masa en gramos de todos los tratamientos de madera durante la fase experimental.....	45
X	Promedios de porcentajes de pérdida de masa para todos los tratamientos, durante la experimentación.....	46
XI	Porcentaje de pérdida de masa de cada tratamiento por repeticiones.....	46
XII	Datos recolectados de pérdida de masa, humedad, dureza, durante toda la experimentación.....	47

XIII	Pérdida porcentual de humedad en las tres especies de madera exp....	64
XIV	Resultados ANOVA.....	85
XV	Análisis de comparación de tratamientos “Duncan”.....	86

LÍSTA DE SÍMBOLOS

P1	Pino repetición número uno.
P2	Pino repetición número dos.
P3	Pino repetición número tres.
P4	Pino repetición número cuatro.
P5	Pino repetición número cinco.
PT1	Pino Tratado (blanco) repetición número uno.
PT2	Pino Tratado (blanco) repetición número dos.
PT3	Pino Tratado (blanco) repetición número tres.
PT4	Pino Tratado (blanco) repetición número cuatro.
PT5	Pino Tratado (blanco) repetición número cinco.
PB1	Palo Blanco repetición uno.
PB2	Palo Blanco repetición dos.
PB3	Palo Blanco repetición tres.
PB4	Palo Blanco repetición cuatro.
PB5	Palo Blanco repetición cinco.
PBT1	Palo Blanco Tratado (blanco) repetición número uno.
PBT2	Palo Blanco Tratado (blanco) repetición número dos.
PBT3	Palo Blanco Tratado (blanco) repetición número tres.
PBT4	Palo Blanco Tratado (blanco) repetición número cuatro.
PBT5	Palo Blanco Tratado (blanco) repetición número cinco.
PS1	Palo Sangre repetición uno.
PS2	Palo Sangre repetición dos.
PS3	Palo Sangre repetición tres.
PS4	Palo Sangre repetición cuatro.
PS5	Palo Sangre repetición cinco.
PST1	Palo Sangre Tratado (blanco) repetición número uno.
PST2	Palo Sangre Tratado (blanco) repetición número dos.

PST3	Palo Sangre Tratado (blanco) repetición número tres.
PST4	Palo Sangre Tratado (blanco) repetición número cuatro.
PST5	Palo Sangre Tratado (blanco) repetición número cinco.
C.H.	Cantidad de Humedad.
N.1,2....	Repeticiones.
P1	Peso inicial de la madera.
P2	Peso anhidro de la madera.
P3	Peso de la madera al inicio de la primera etapa.
P4	Peso anhidro de la madera al final de la primera etapa.
P5	Peso de la madera al inicio de la segunda etapa.
P6	Peso anhidro de la madera al final de la segunda etapa.
P7	Peso de la madera al inicio de la tercera etapa.
P8	Peso anhidro de la madera al final de la tercera etapa.

GLOSARIO

Albura	Capa blanda, de color blanquecino, que se halla inmediatamente debajo de la corteza en los tallos leñosos o troncos de los vegetales gimnospermos y angiospermos dicotiledóneos, formada por los anillos anuales más jóvenes.
Autoclave	Recipiente metálico de paredes resistentes y cierre hermético que sirve para esterilizar o hervir por medio del vapor a presión.
Biodeterioro	Transformación de un cuerpo complejo en sustancias mas simples efectuada por un organismo vivo.
α-celulosa	Polisacárido que forma la pared de las células vegetales. Es el componente fundamental del papel.
Cerno	Corazón de algunas maderas duras, como el roble.
Ciclo de Impregnación	comprende todas aquellas operaciones destinadas a introducir el preservante en la madera.
Conífero	Dicese de los árboles y arbustos gimnospermos con hojas aciculares y frutos en cono.

Contenido de

Humedad

Cantidad de agua fija y/o libre que contenga la madera, en un momento dado. Se expresa generalmente como porcentaje del peso anhidro o seco al horno de la muestra.

Copa

Conjunto de ramas y hojas que forma la parte superior de un árbol.

Coriáceas

Plantas angiospermas leñosas o herbáceas.

Corteza

Parte exterior dura de árboles, de ciertos frutos y algunos alimentos.

Desinfectar

Acción de expulsar o eliminar los insectos, que infestan (atacan) la madera.

Resistencia

Natural

Se define como la capacidad de la madera de resistir el ataque de los diferentes agentes biológicos de destrucción sin ningún tratamiento.

Duramen

Leño biológicamente inactivo, con funciones de sostén, que ocupa la porción central del tronco, entre la médula y la albura.

Fuste

Vástago, parte sólida de los árboles, conjunto del tallo y las hojas.

Hongo	Considerados como una clase de organismos altamente especializados. Hoy en día se clasifican en un reino intermedio entre vegetales y animales denominado protista.
Inoculación	Introducción en el organismo animal de un germen vivo (hongo) o de un virus.
Lignina	Polímero de naturaleza aromática con alto peso molecular, probablemente está ligada a los polisacáridos de la madera.
Maderas duras	También se conocen como follosas o porosas, pertenecen a la clasificación de maderas angiospermas.
Maderas suaves	También llamadas resinosas y no porosas. Son producidas por especies del orden de las coníferales y pertenecen a la clasificación de maderas gimnospermas.
Madera durable	Madera resistente al ataque de los agentes biológicos de destrucción, considerando ciertas condiciones específicas de servicio.
Madera húmeda	Madera que proviene del árbol recién cortado, o que permanece en contacto con alguna solución acuosa, contiene en sus cavidades celulares agua libre.
Madera preservada	Madera que ha sido sometida satisfactoriamente a un proceso de preservación.

Médula	O duramen, parte interior de las raíces y tallos de las plantas fanerógamas, constituida principalmente por tejido parenquimatoso y rodeada por haces de vasos leñosos y criboso. Parte más seca, compacta y de color más oscuro por lo general, del tronco y ramas gruesas de un árbol.
Parénquima	Tejido celular esponjoso.
Permeabilidad	Propiedad que tienen algunas maderas por la cual permiten la penetración de los preservadores en el tratamiento de impregnación.
Palo Sangre	Sinónimo Lloro Sangre.
Preservación	Técnica para proteger y prolongar la vida útil de la madera, mediante la aplicación de sustancias químicas, que impiden su destrucción por agentes biológicos.
Preservante	Sustancia química que puede ser aplicada a la madera para evitar su destrucción por organismos xilófagos y que además reúne ciertos requisitos de toxicidad, permanencia, estabilidad, viscosidad y usos corrientes, que no manche la madera para permitir luego su pintado o acabado final.
Prosénquima	Tejido orgánico de células alargadas, sin espacios intercelulares.
Pudrición	Descomposición que sufre la madera por acción de hongos e insectos xilófagos.

Silviquímicos	Compuestos químicos similares a los extractivos de la madera.
Toxicidad	Capacidad que tiene una sustancia para destruir un organismo xilófago.
Xilófago	Dícese de hongos e insectos que producen algún tipo de pudrición en la madera.

RESUMEN

Se evaluó la resistencia natural del duramen de tres especies forestales al ataque de termitas subterráneas (*Heterotermes* sp.) Mediante pruebas de laboratorio. Se prepararon bloques pequeños de madera (1 × 1 × 0.25 pulg.) de cada especie, se colocaron de tal manera que las maderas tratadas y las no tratadas quedaran distribuidas de igual manera en cada una de las tres pruebas preparadas según ASTM 3345-74. El químico preservante que se utilizó para las maderas testigo (Blanco) fue el Pentaclorofenol, y se impregnó por medio del método de brocha. Las probetas tenían humedad entre 11 y 14%.

Los recipientes de prueba se colocaron en una habitación acondicionada a temperatura y humedad ambiente, La duración total de la prueba fue de 15 meses; entre preparación de recipientes de prueba, obtención de termitas subterráneas y probetas de las tres especies de madera, los resultados se estimaron de acuerdo con la magnitud del daño sufrido por las probetas, estableciéndose tres categorías. En general, las maderas de *Cybistax donnell-smithii* (Rose) Seibert. (PALO BLANCO) presentaron mayor ataque y pérdida de masa maderable y visualmente clasificándose como clase "C" No resistente, y la madera de *Pinus Pseudostrobus* Lindl. (PINO TRISTE) clasificada como clase "C" Moderadamente resistente, y la madera de *Swartzia cubensis* (Britt & Willson) Standl. (LLORA SANGRE) clasificada como clase "B" Resistente.

El análisis estadístico de los resultados estableció que:

- a) Existe diferencia significativa entre la pérdida de masa de las tres especies tratadas y no tratadas, según análisis de varianza.
- b) La comparación de medias de Duncan determinó específicamente entre que tratamientos existió diferencia significativa en la pérdida de masa, entre todas las parejas de medias excepto en la pareja de Palo Sangre y

Pino Tratado, la pareja de Palo Sangre y Palo Sangre Tratado y en la pareja de Palo Sangre Tratado y Pino Tratado.

- c) La humedad y la dureza de la madera son factores determinantes en la resistencia natural de cada una de las especies de madera.*
- d) El tiempo de exposición y experimentación de las pruebas y el método de laboratorio que se utilizo fueron determinantes en la obtención de resultados.*

HIPÓTESIS

Existen diferencias en la resistencia natural de la madera contra termitas en tres especies forestales nativas de Guatemala: *Pinus pseudostrobus* Lindl. (pino triste). *Cybistax donnell-smithii* (Rose) Seibert. (palo blanco). *Swartzia cubensis* (Britt Willson) Standl. (llora sangre)

6.1 Hipótesis estadística

6.1.1 Hipótesis nula

Ho: No existe diferencia significativa en la resistencia natural de las tres especies evaluadas.

$$\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

6.1.2 Hipótesis alternativa

Hi: Si existe diferencia significativa en la resistencia natural de las tres especies evaluadas.

$$\mu_i \neq \mu$$

ANTECEDENTES

La durabilidad natural se refiere a la capacidad que poseen las diversas especies de madera para resistir al ataque de hongos de pudrición e insectos (Torres, 1971). Otros autores agregan a esta definición la resistencia de la madera al ataque de horadores marinos. En la NCh 789/1 of.87, la durabilidad natural se define como la capacidad de la madera de resistir el ataque de los diferentes agentes biológicos de destrucción, sin ningún tratamiento de preservación (INN, 1979).

Un concepto más general de durabilidad natural incluye la resistencia del material leñoso, tanto al ataque de organismos vivos (hongos, insectos y horadores), como la resistencia al deterioro por desgaste mecánico y producto de diversas condiciones ambientales (Cartwright, 1958).

La resistencia natural de la madera frente al ataque de termitas subterráneas es muy importante desde el punto de vista económico y tecnológico. Su conocimiento permite una mejor utilización de la madera en diferentes tipos de servicios, además de generar nuevas posibilidades de uso, lo que permite diferentes alternativas para su comercialización (Gómez *et al.*, 1969).

La durabilidad de la madera o resistencia natural que opone a la pudrición es una propiedad en extremo variable. Es así como ciertas clases de madera son notables por su resistencia al ataque de hongos, mientras que otras son conocidas por su facilidad para deteriorarse. Pero aún dentro de una especie determinada de madera, puede haber una notable diversidad de resistencia a la pudrición en piezas tomadas de distintos árboles e incluso de un mismo árbol.

La existencia de preferencias alimenticias en pruebas de selección con diferentes maderas, ha sido demostrada en condiciones de campo y laboratorio, tanto con termitas subterráneas (*Carter et al*, 1982 y 1974; Williams, 1973) como con termitas de madera seca (*Rust et al*, 1977); y se atribuye principalmente a la presencia de extractivos tóxicos o repelentes a estos organismos (Scheffrahn, 1991).

La progresiva alteración de la anatomía de la madera, producto del ataque afecta sus características físicas, químicas y mecánicas (Martinez, 1952; Hunt y Garrat, 1962)

Los factores implicados en las diferencias de durabilidad son numerosos y diversos; algunos de ellos están en relación con las condiciones propias de la madera; otros, con las circunstancias que concurren en su uso (Hunt y Garrat, 1962).

En general, las diferencias de durabilidad que existen entre las diferentes especies pueden deberse a las diferencias en la naturaleza y cantidad de extraíbles presentes en la madera o a las variaciones en densidad.

Según Torres (1971), el concepto de durabilidad se aplica sobre el duramen de la madera, no así sobre la albura que por razones fisiológicas carece de ésta. En especies donde no existe un duramen bien definido, existe una pequeña diferencia en la resistencia a la pudrición entre madera del interior y exterior del tronco.

Puesto que en condiciones de campo no es posible controlar el número de organismos en cada prueba, sería necesario manipular su duración. Para lo

cual es muy importante contar con una madera susceptible de referencia tal como lo hace notar Williams (1973). Nuestros resultados sugieren, que la conclusión de una microprueba de campo debe ser cuando todos los bloques de la madera susceptible de referencia alcance el máximo daño, ya sea que se estime visualmente, o por pérdida de peso de los bloques atacados.

Como la cantidad de extraíbles existentes en un trozo de madera influirá en la duración de ésta, cuando se usa en condiciones favorables a la pudrición, es evidente que el distinto contenido de estas sustancias explica en gran parte la diferente durabilidad que se observa en el duramen de una especie dada (Hunt y Garrat, 1962).

Libby (1967) también coincide en que bajo condiciones favorables para el ataque, la albura de todas las especies es susceptible al mismo; pero el duramen es con frecuencia menos vulnerable, debido, en gran parte, a la presencia de ciertas sustancias extrañas tales como los compuestos fenólicos y los aceites esenciales. Factores adicionales que contribuyen a la mayor durabilidad del duramen pueden ser un contenido más bajo de humedad, penetrabilidad más pobre y bloqueo de las cavidades celulares por gomas, resinas y ciertas protuberancias, como las formaciones tilidosas en los vasos de latifoliadas y las formaciones tílides en los canales de resina en coníferas. A esto se une la inexistencia de parénquima en el duramen y generalmente una mayor presencia de Lignina.

Parece ser que la densidad de la madera, o su peso específico, podría servir como criterio de durabilidad, puesto que éste depende fundamentalmente de la cantidad de madera (pared celular) existente en una pieza dada. Ahora bien, en muchas especies la densidad no presenta correlación con la

resistencia a la pudrición, ya que esta propiedad está influida principalmente por la toxicidad de los extraíbles existentes en la madera (Hunt y Garrat, 1962).

Grandes variaciones de durabilidad pueden ser encontradas en diferentes muestras de la misma especie de árboles, dependiendo de las condiciones bajo las cuales el árbol haya crecido y de la edad (Findlay, 1967).

El clima influye mucho en la duración de la madera no tratada, pues un clima húmedo y cálido favorece la pudrición de la madera expuesta a la intemperie en mayor medida que un clima seco o frío (Hunt y Garrat, 1962).

OBJETIVOS

General:

Determinar la resistencia natural de la madera contra el ataque de termitas subterráneas, en madera de: *Pinus pseudostrobus* Lindl. (pino triste). *Cybistax donnell-smithii* (Rose) Seibert.(palo blanco). *Swartzia cubensis* (Britt Willson) Standl.(llora sangre).

Específicos:

1. Determinar la pérdida de masa en la madera de *Pinus pseudostrobus* Lindl. (pino triste). *Cybistax donnell-smithii* (Rose) Seibert.(palo blanco). *Swartzia cubensis* (Britt Willson) Standl.(llora sangre), por acción de las termitas subterráneas según protocolo de las normas ASTM D3345-74
2. Comparar la resistencia natural de las especies evaluadas, sujetas a la acción de las termitas subterráneas
3. Establecer la clase de resistencia de las especies evaluadas en función de la clasificación propuesta por el profesor Néstor Mora.
4. Realizar estudios ANOVA y POST-ANOVA sobre los resultados obtenidos de la cantidad de pérdida de masa en las especies estudiadas y realizar comparación entre tratamientos.

INTRODUCCIÓN

La resistencia natural de la madera se define como la capacidad que ésta presenta para resistir la acción del intemperismo y el ataque de organismos biológicos que la deterioran, tales como bacterias, algas, hongos, insectos y perforadores marinos. La resistencia de la madera al ataque de estos organismos depende de la composición química de la pared celular, de la presencia de otros compuestos químicos en las cavidades celulares, su permeabilidad, su contenido de humedad y su temperatura. Adicionalmente, existen otros factores, considerados como externos, tales como las especies locales de hongos xilófagos y las condiciones climáticas.

La variación de la resistencia puede ocurrir dentro de una especie y entre especies. En un árbol se ha observado que presenta una gran diferencia entre la madera de albura y duramen, entre la parte baja y superior del tronco, así como entre la parte cercana y alejada a la médula en la zona del duramen. La diferencia entre especies se debe a la proporción de albura y duramen, así como a la cantidad y tipo de extractivos.

Para estudiar, evaluar y clasificar la resistencia natural de la madera de las n especies forestales susceptibles de aprovechamiento, es necesario llevar a cabo pruebas específicas que proporcionen datos adecuados sobre el deterioro de la madera. Las pruebas de campo son las más recomendables porque representan condiciones reales de uso a la intemperie y en contacto con el suelo. Estas pruebas consisten en colocar estacas o postes enterradas en el suelo, en una pequeña superficie de terreno, conocida como área cementerio, evaluando así cada una de las estacas a intervalos de tiempo regulares para verificar su condición de biodeterioro y posteriormente determinar el tiempo de falla ocasionado por los agentes biológicos de ataque.

Debido a que las pruebas de campo requieren de mucho tiempo, algunas pruebas de laboratorio se han desarrollado para determinar la resistencia a la

putridión causada por termitas subterráneas, para lo cual se seleccionan pequeñas muestras de diferentes partes del tronco, exponiéndose a las termitas , bajo condiciones constantes de temperatura y humedad por un tiempo determinado. La pérdida en peso anhidro que resulta del ataque de estos organismos es expresada como un porcentaje del peso anhidro inicial de las n muestras, dando así una medida útil del grado de resistencia o de la susceptibilidad de la madera a ser deteriorada. A la fecha, en Guatemala no existen estudios de campo reportados para estas especies maderables, por lo cual es difícil saber su resistencia natural en condiciones de uso. Los estudios de investigación han sido realizados en laboratorio y enfocados a evaluar la resistencia de la madera al ataque de termitas subterráneas.

Aún cuando los estudios de laboratorio involucran menor tiempo para obtener resultados que aquellos realizados en campo y de la dificultad para llevar a cabo las observaciones continuas, es necesario que se realicen este tipo de estudios para conocer la resistencia natural de la madera. La escasa información sobre la resistencia de estas especies nativas de Guatemala ha permitido que se establezcan estudios de laboratorio, con el fin de obtener información de las condiciones de uso y para mejorar sus condiciones de aprovechamiento. A mayor conocimiento se tenga, sobre el comportamiento de deterioro de estas especies de maderas, y se establezca la diferencia entre y dentro de las especies, mejores serán las bases para seleccionar a las maderas y determinar su factibilidad de uso en condiciones de alta humedad y temperatura.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Anatomía de la madera

Anatomía de la madera es la rama de la ciencia botánica que procura conocer la constitución y el arreglo estructural u organización de los diversos elementos que constituyen el tallo de los árboles.

1.1.1 Clasificación de las maderas

Las maderas pueden ser clasificadas taxonómicamente en dos categorías:

- Maderas Gimnospermas
- Maderas Angiospermas

Las primeras, también llamadas coníferas, resinosas, no porosas o maderas suaves, son producidas por especies del orden de las coníferas. El término no porosas se refiere a la ausencia de vasos o poros en su estructura. Las maderas de angiospermas son también llamadas foliosas, latifoliadas, porosas o maderas duras.

1.1.2 Estructura de maderas coníferas

1.1.2.1 Traqueadas

La madera de coníferas esta formada principalmente (80-90%) por traqueadas, las cuales son células dispuestas en el sentido del eje del árbol, alargadas fusiformes, de extremos cerrados y provistas de puntuaciones que permiten el paso de los líquidos entre las células. Cumplen la doble función de transportar líquidos y servir de sostén a la estructura leñosa. Las traqueadas son las células de mayor longitud en las coníferas y miden normalmente entre 3

y 5 mm de largo, dimensión que puede ser hasta 75 veces mayor que la magnitud de su diámetro. (12)

1.2.2.2 Parénquima:

Otro tipo de células que presentan las maderas coníferas son más delgadas y de menor longitud que las traqueadas y se conocen como parénquima, las cuales conforman canales orientados transversalmente al eje del tronco y cumplen la función de conducir y almacenar sustancias nutritivas, desde la corteza hasta la médula, conformando lo que se conoce como radios medulares.

1.1.3 Estructura de maderas Latifoliadas

1.1.3.1 Fibras

Estas son células alargadas, agrupadas en haces, provistas de puntuaciones que facilitan el paso de nutrientes. Cumplen funciones de sostén del cuerpo leñoso. La fibra es el principal componente (50% o más del volumen de la madera); a mayor porcentaje de fibras, mayor densidad.

1.1.3.2 Vasos

Son elementos de conducción de agua y sales minerales constituidos por células tubulares unidas por sus extremos que son generalmente abiertos, en algunas maderas pueden formar el 50% de su volumen total.

1.1.4 Estructura química de la madera

La madera está formada fundamentalmente por celulosa, hemicelulosa y por lignina. A estos componentes químicos principales se debe añadir un ligero porcentaje de otras sustancias, tales como terpenos, ácidos resínicos, etc. La variación de estas sustancias varía notablemente entre especies.

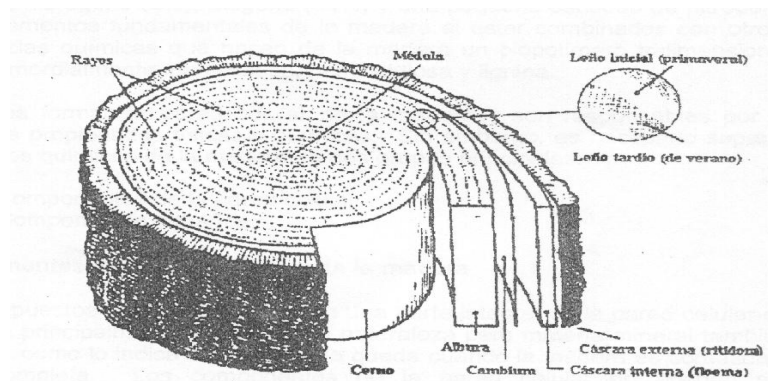
1.1.5 Estructura del tallo

En el estudio anatómico de la madera se pretende conocer principalmente la estructura del tallo, puesto que corresponde a la parte de mayor interés del vegetal. En plantas que viven más de un año su tallo va creciendo en grosor, llegando en bastantes casos a formar un verdadero tronco.

1.1.5.1 Componentes del tallo

En la sección transversal del centro a la periferia del tallo se localizan las siguientes regiones: médula, corno, albura y corteza.

Figura 1. Diagrama esquemático del tallo en sección transversal.

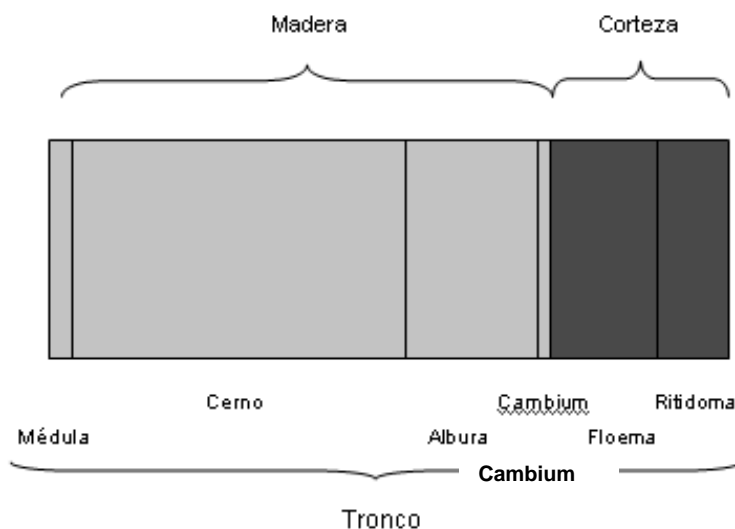


Fuente: Torres

1.1.5.1.1 Médula o duramen

Es el tejido primario, continuo, localizado en la región central del tallo. Su función es almacenar sustancias nutritivas para la planta. El tamaño, coloración y forma son muy variables, principalmente en las Angiospermas. Es un tejido muy susceptible al ataque de microorganismos.

Figura 2. Esquema de sección a analizar.



Fuente: Torres

1.1.5.1.2 Cerno y albura

El tallo de una planta joven está constituido enteramente de células vivas y funcionales, responsables por la conducción de la savia bruta (agua y sales minerales) y otras actividades vitales asociadas con el almacenamiento de sustancias nutritivas. El conjunto de dichas células recibe el nombre de albura. La albura constituye la región permeable del tallo y presenta mayor importancia desde el punto de vista de tratabilidad de la madera. En esta región se encuentran almacenados materiales nutritivos para insectos, hongos y otros microorganismos que la deterioran con facilidad.

A partir de un determinado período de tiempo, que varía con la especie del vegetal y con las condiciones de su crecimiento, ocurre la muerte del protoplasma de las células centrales que forman la albura, esto conduce a la pérdida de actividad fisiológica dando origen a la formación del cerno en estratos consecutivos.

1.1.5.1.3 Cambium,

Estrato celular de las plantas leñosas, responsable del engrosamiento y desarrollo de tallos y raíces, formando en la parte interna del árbol, la albura y en la externa el floema.

1.1.5.1.4 Corteza

La corteza está constituida de dos estratos denominados: Corteza interna, líber o floema y corteza externa o ritidoma.

La corteza interna es fisiológicamente activa, de color claro y conduce a la savia elaborada. La corteza externa, compuesta de tejido muerto, protege los tejidos vivos del árbol contra el desecamiento, ataque de microorganismos e insectos, daños mecánicos y variaciones climáticas.”

1.2 Resistencia natural de la madera

La resistencia natural se define como la resistencia intrínseca de la madera frente a degradaciones que pueden producir los agentes destructores de la madera. Dentro del tejido leñoso pueden diferenciarse dos zonas: el duramen, en el interior del tronco, y la albura, en el exterior. La formación del duramen se caracteriza por modificaciones anatómicas y químicas. Las modificaciones anatómicas, tanto en las frondosas como en las coníferas, se traducen en una obturación total o parcial de los tejidos encargados de transportar la savia. Las modificaciones químicas tienen lugar al impregnarse las células con otros productos naturales producidos por el árbol (resinas, aceites, taninos, gomas, sustancias solubles, hidratos de carbono polisacáridos, alcaloides, etc.) que al oxidarse le suelen dar un característico color oscuro, que se suele apreciar con más claridad en algunas coníferas.

La duraminización protege a la madera contra los ataques de los hongos e insectos xilófagos, por el taponamiento e impregnación de los tejidos de la madera con sustancias que tienen un cierto valor antiséptico. La madera de duramen no sólo es más oscura (en la mayoría de las especies), sino que también es más densa y resistente a los ataques de origen biológico; mientras que la madera de albura suele ser más clara, generalmente blanco amarillenta, más porosa y blanda, y menos valiosa para algunas aplicaciones. Sin embargo, desde el punto de vista de los tratamientos, la albura suele ser más fácil de tratar y de trabajar en la mayor parte de los procesos de elaboración y desintegración mecánica.

Existe mucha información sobre este tema, que se está recopilando en documentos normativos europeos, cuyas dos normas principales son la UNE EN 350-1 “Durabilidad de la madera y de los materiales derivados de la madera. Durabilidad natural de la madera maciza. Parte 1: Guía para los principios de ensayo y clasificación de la durabilidad natural de la madera”, y la UNE EN 350-2 “Durabilidad de la madera y de los materiales derivados de la madera. Durabilidad natural de la madera maciza. Parte 2: Guía de la durabilidad natural y de la impregnabilidad de especies de madera seleccionadas por su importancia en Europa”.

1.2.1 Factores que determinan la durabilidad natural de la madera

1.2.1.1 Factores inherentes a la naturaleza de la madera

- Albura y duramen
- Densidad
- Color
- Velocidad de crecimiento de los árboles
- Madera juvenil y adulta

1.2.2 Métodos para determinar la resistencia natural de la madera

La resistencia de las maderas se determina, a través de métodos de laboratorio y de campo. Aunque las técnicas son muy variadas, los métodos más generalizados son los que se realizan en laboratorios, se los conoce como “Pruebas Aceleradas” por su corta duración. Los que se llevan a cabo en el campo o “Cementerios”, que son pruebas definitivas de durabilidad, tienen el inconveniente de demandar mayor tiempo.

Los datos que se obtienen en laboratorio se denominan “Índices” debiendo la información ser comparada con la que se logra en los cementerios para que sea más confiable.

Pruebas Aceleradas en Laboratorio

Las pruebas para la determinación de la durabilidad o resistencia natural de una madera en laboratorio permiten obtener información sobre la efectividad de un producto preservante o el desempeño de una cepa de hongos en un tiempo relativamente corto, de 3 a 6 meses.

Estos ensayos demandan:

1. Control estricto de las técnicas y procedimientos de laboratorio para establecer el trabajo en condiciones de asepsia.
2. Control de las variables más importantes que intervienen en el proceso, como ser, temperatura, humedad relativa, ventilación.
3. Simplificación del objeto de estudio, poco material, en este caso un número pequeño de probetas.

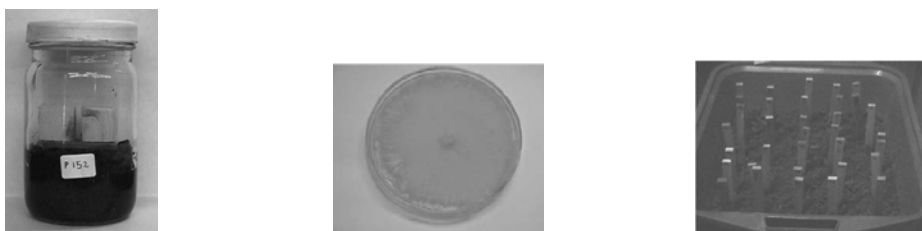
Para la realización de ensayos de laboratorio se conocen varias metodologías, para este proyecto se siguió la técnica sugerida por la Norma

ASTM D3345-74 El dato final de este ensayo es el porcentaje de pérdida de peso después del ataque de las termitas respecto del inicio del mismo. Con esta información podemos clasificar a las maderas empleando distintos tipos de tablas, en este estudio se utilizó el “Criterio de Findlay”, la cual es presentada en la tabla III y IV, que no ofrece diferencias significativas respecto a las otras (FINDLAY W.P.K., 1951).

1.2.2.1 Métodos de laboratorio (HONGOS)

- Agar/Block
- Soil/Block
- Microcosmos terrestres (suelos no estériles)

Figura 3. Métodos de laboratorio para hongos



Fuente: Néstor Mora

1.2.2.2. Métodos de laboratorio (TERMITAS)

Figura 4. Métodos de laboratorio para termita



Fuente: Néstor Mora

1.2.2.3. Método de campo

➤ Cementerio de estacas

Figura 5. Métodos de campo para hongos y termitas



Fuente : Nestor Mora

Tabla I. Clasificación de la madera por su resistencia

Promedio de pérdida de peso (%)	Grado de resistencia	Clase
0 – 10	Altamente resistente	A
11 – 24	Resistente	B
24 – 44	Moderadamente resistente	C
45 en adelante	No resistente	D

Fuente: Prof. Néstor Mora Universidad De los Andes Venezuela.

Tabla II. Clasificación de la madera según su resistencia natural al tipo de clima

Clase	Definición	Vida en servicio	
		Clima moderado	En los trópicos
1	Muy durable	> de 25 años	> de 15 años
2	Durable	15 - 20 años	10 - 15 años
3	Moderadamente durable	10 - 15 años	5 - 10 años
4	No durable	5 - 10 años	2 - 5 años
5	Perecedero	< de 5 años	< de 2 años

Fuente: Prof. Néstor Mora Universidad De los Andes Venezuela.

Tabla III. Clasificación de maderas según duración

CLASIFICACIÓN	TIEMPO DE DURACION
Durabilidad 1	1 > 15 años
Durabilidad 2	5 años – 15 años
Durabilidad 3	1 año – 5 años

Fuente: Torres (1971)

Findlay (1938) en cambio, clasifica la durabilidad natural de la madera en cinco grupos, según su resistencia al biodeterioro (Tabla IV). Esta clasificación considera las condiciones de uso de la madera y la pérdida de peso durante pruebas de cuatro meses en laboratorio, bajo la acción de hongos lignívoros normalizados.

Tabla IV. Clasificación de maderas según resistencia al biodeterioro

CLASIFICACIÓN	PERDIDA DE PESO
Muy Resistente	Mínima
Resistente	< 5%
Moderadamente resistente	5% - 10%
No resistente	10% - 30%
Percible	> 30%

Fuente: Findlay (1938)

En la norma chilena NCh789/1. Of87, la durabilidad natural se presenta en cinco categorías (Tabla V), en relación a la vida útil del duramen de maderas sin tratar, hincadas en el terreno, en las condiciones climáticas existentes en Chile.

Tabla V. Clasificación de maderas comerciales por su durabilidad natural

CLASIFICACIÓN	TIEMPO DE DURACIÓN
Muy durable	> 20 años
Durable	15 años – 20 años
Moderadamente durable	10 años – 15 años
Poco durable	5 años – 10 años
No durable	< 5 años

Fuente: INN (1979)

1.3 Agentes destructores de la madera

La madera por ser un material de origen orgánico, esta expuesta a una serie de ataques, bien sea por organismos biológicos como bacterias, hongos, insectos, perforadores marinos e incluso animales superiores, o por causa no biológica, como el fuego, desgaste mecánico y acción a la intemperie.

1.3.1 Agentes destructores de origen vegetal

1.3.1.1 Hongos

Son formas inferiores de plantas carentes de clorofila, que viven en forma saprofita o parasita, por su incapacidad de producir por si solo sus alimentos. Algunas especies de hongos se han especializado en alimentarse de la materia orgánica de los árboles muertos es decir de la madera, causándoles una coloración, como es el caso de los hongos denominados cromógenos, o bien pudrición, como es el caso de los hongos de pudrición. Las esporas se producen dentro de los cuerpos fructíferos de los hongos, y para su germinación se necesita un sustrato (madera) y condiciones adecuadas, como humedad, temperatura, oxígeno y alimento.

1.3.2 Agentes destructores de origen animal

Los principales insectos destructores de madera son termites y carcomas. Los termitas (hormigas blancas) están ampliamente extendidos por los países tropicales y subtropicales y unas 50 de las 2000 especies existentes causan los mayores daños. Las termitas necesitan un ambiente casi saturado de humedad para vivir, así, cuando dejan su nidada en el suelo, construyen galerías de abrigo. Estas proveen una señal visible de su ataque a las estructuras. La temperatura óptima está entre 26°C y 30°C pero, mientras que algunas termitas

tropicales requieren temperaturas entre 20°C y 22°C, los que viven en climas templados pueden soportar bajas temperaturas cercanas al punto de congelación.

La mayoría de las especies de termitas destructores de la madera viven en el suelo (subterráneos), anidando tanto en éste como en la madera atacada. Algunas especies, sin embargo, pueden vivir fuera del suelo, causando serios daños a las construcciones de madera y a los muebles.

Las termitas dañan a la madera royéndola para hacer agujeros o galerías en ella hasta que el miembro queda reducido a poco más que una concha. La madera más blanda de primavera es normalmente la preferida. La deterioración puede tener lugar muy rápidamente, lo cual significa que una vigilancia constante es necesaria para asegurarse de la protección de las especies no tratadas.

Las especies más importantes de carcomas de la madera son: *Cerambycidae* (longicarnios), *Anobiidae* (anóbidos o carcomas), *Bostrychidae* y *Lyctidae* (lictos). La destrucción de la madera es causada mecánicamente por la larva que hace galerías a través de la madera y vive de ésta. La destrucción varía, porque una generación desde el huevo a la forma adulta suele tardar de varias semanas a algunos años, dependiendo de la especie, del alimento y de las condiciones climáticas.

Muchas de estas especies necesitan humedad por encima del punto de saturación de las fibras. Otras se desarrollan bajo condiciones más secas, éstas son las que más dañan a la madera. Las humedades más bajas necesarias se encuentran entre el 8 y el 12 por ciento, dependiendo de la especie. La temperatura óptima para muchas especies es de 26°C a 30°C. Las

temperaturas superiores a 36°C son letales para todas las especies, pero el tiempo crítico de exposición puede variar de una a otra.

1.3.2.1 Termitas subterráneas

Se alimentan de la celulosa, que encuentran en la madera o cualquiera de sus derivados (papel, cartón, aglomerado, etc...)

El termitero suele estar situado en el subsuelo y encontrarse a más de 40 metros del lugar en que se detectan sus señales.

Tienen fototropismo negativo (huyen de la luz), por lo que acceden a la madera de las casas (vigas, marcos de puertas y ventanas, zócalos, muebles adosados, etc....) desde el interior y atravesando muros y paredes. En algunos casos, en paredes muy duras o cuando precisan intercambios de humedad y/o temperatura, salen al exterior de los muros, formando unos túneles característicos, compuestos de arena y excrementos cementados por saliva. (Popularmente conocidas por "lágrimas").

La alimentación del termitero se produce por trofalaxia (estómago social), que consiste en transportar el alimento en el estómago y transmitirlo de un individuo a otro a través de la boca-boca o ano-boca. Este comportamiento sirve también para transmitir sustancias (feromonas) que regulan la composición y comportamiento de la comunidad.

1.3.2.1.1 Morfología

Las castas sociales se diferencian por su morfología en:

1.3.2.1.2 Obreras

Es la casta más numerosa (90-95% de la colonia) y la que se encarga de la búsqueda de nutrientes, de alimentar al resto de las castas (vía trofalaxia), cuidar de larvas y huevos, así como de la construcción del termitero. Se creía que no tenían capacidad reproductora, pero estudios recientes han demostrado que pueden mudar a castas reproductoras (pareja real, protoadultos...) o bien convertirse en soldados.

Figura 6. Termitas obreras



Fuente: Néstor Mora

1.3.2.1.3 Soldados

Tienen como función la protección del termitero de sus enemigos naturales, como por ejemplo las hormigas. Tampoco tienen capacidad reproductora.

Figura 7. Termitas soldados



Fuente: Néstor Mora

1.3.2.1.4 Pareja real

Es la única casta con capacidad reproductora en activo del termitero, son los responsables de incrementar la población. Esta casta emite sustancias hormonales (feromonas) que regulan el funcionamiento interno del termitero (desde el número de obreras a la inhibición del desarrollo de los reproductores suplementarios). La reina prácticamente no se mueve, es alimentada por las obreras, produce los huevos de la colonia y la feromonas necesarias para el equilibrio del termitero

Figura 8. Pareja real



Fuente: Néstor Mora

1.3.2.1.5 Reproductores suplementarios

Los reproductores suplementarios son fértiles en potencia. Tienen su capacidad reproductora inhibida por la influencia hormonal que ejerce la pareja real del termitero al que pertenecen. Si alguno de los miembros de la pareja real se debilita (por vejez o enfermedad) finalizan su desarrollo rápidamente y le sustituyen.

La influencia hormonal también puede verse interrumpida por una interrupción de la comunicación de una parte de la colonia con su núcleo central (interrupción causada, por ejemplo, por un tratamiento químico convencional). Si los reproductores suplementarios están acompañados por un número suficiente de obreras que les ayuden, pueden formar un nuevo termitero

completamente independiente del original. Cuando este termitero se encuentra por encima del nivel del suelo (por ejemplo en el interior de una casa, generalmente en una viga) se denomina termitero aéreo.

Figura 9. Reproductores suplementarios



Fuente: Néstor Mora

1.3.2.1.6 Reproductores primarios

Estos individuos se encargan de la proliferación de las colonias de termitas subterráneas, ya que son las futuras reinas de una nueva colonia.

En la época favorable del año (en función de la humedad y la temperatura) salen volando (vuelos nupciales). Las hembras se desprenden de las alas emitiendo feromona sexual. Los machos atraídos por el mensaje químico las siguen (tandem-running). Una vez aparejados, buscan un hábitat favorable para realizar la puesta de los huevos y convertir-se en pareja real. De los huevos, surgen las primeras larvas que son alimentadas por sus padres con la musculatura de las alas de la que se han desprendido antes de la cópula. Las primeras larvas se transforman en obreras, que rápidamente iniciarán la búsqueda del alimento y acondicionarán los diferentes espacios que requiere un termitero.

Mientras, la hembra de la pareja real desarrolla extraordinariamente su abdomen, para poder mantener un elevado ritmo de puesta.

Las obreras alimentan, limpian y cuidan de la pareja real y mediante este contacto transmiten el complejo sistema hormonal que regula el interior del termitero.

No todos los individuos del termitero se alimentan de la misma forma. Unos cuantos se dedican a su búsqueda y al hallarlo lo digieren y transportan en su tracto intestinal. El resto de individuos que no se alimentan directamente de la madera, lo hacen mediante la trofalaxia: el alimento se regurgita (vía boca-boca o ano-boca) y compartido con los individuos que precisan alimentos. Esta transmisión de alimentos proporciona al termitero una doble ventaja: por un lado se maximiza el aprovechamiento de energía y por el otro se reparten de forma homogénea las hormonas de la pareja real.

Una vez se ha conseguido un elevado número de obreras aparecen los primeros soldados y, posteriormente los reproductores suplementarios.

Figura 10. Reproductores primarios



Fuente: Néstor Mora

1.3.2.2. Síntomas de la termita subterránea

Es una especie bastante discreta en comparación a otras especies que “demuestran” sus rastros. Hay distintas síntomas que pueden rebelar actividad termítica aunque no es imprescindible sufrirlos todos ni de forma simultánea. También hay síntomas (sobretudo a lo que hace referencia a daños estructurales) que pueden ser iguales o parecidos a otras afectaciones no relacionadas con las termitas.

1.3.2.3. Restos en pared

La termita subterránea no es prolífica en rastros (hace chimeneas o lágrimas) de “barro” pero generalmente de forma escondida (entre elementos de madera y obra, en el interior de techos, en lugares oscuros y húmedos, dentro del yeso, en viviendas abandonadas...). A veces se envalentonan y demuestran su actividad sin tapujos e incluso de forma insistente. Alguna vez, estos rastros pueden colgar del techo. Otras simplemente puede tratarse de un minúsculo agujero en el yeso con un poco de barro. A menudo cuando rompes esos “canales” o grumos de barro, se pueden apreciar pequeños insectos de color claro (son obreras y soldados). A veces los grumos de “barro” son mayores y llenas de insectos oscuros y alados (en zonas particularmente cálidas y húmedas – son los reproductores primarios-).

1.3.2.4. Daños en madera funcional

Es muy común encontrarse daños en marcos de puertas y ventanas, parquets y arrimaderos. Aparentemente la madera puede parecer sana pero al aplicar una cierta presión se hunde mostrando un hueco (la parte de la madera devorada – dejando la madera en forma de finas hojas y una especie de barro seco pegado -). La capa externa ha sido respetada por las termitas para resguardarse de la luz y la falta de humedad. En pavimentos de madera, pueden apreciarse

movimientos, cambios de coloración, hinchamiento del barniz o hasta el hundimiento del elemento.

Figura 11. Daños en madera funcional



Fuente: Néstor Mora

1.3.2.5. Daños en madera estructural

Debilitamiento estructural general (aunque no necesariamente motivado por una ataque de termitas), canales de barro en las vigas, huecos en el interior de las vigas (igual que en la madera funcional), destrucción de apoyos de las vigas de madera (la madera puede parecer sana sin signos aparentes y al escarbar el apoyo, se puede detectar un “barro seco elaborado”). Caída de pequeños insectos de color claro, salida de insectos oscuros y alados.

Figura 12. Daños en madera estructural



Fuente: Néstor Mora

1.3.2.6. Daños en librerías y papeles

Papeles y libros deshechos o bien perforados con toda una serie de galerías, dejando residuos pegados de “barro”. Pequeños insectos de color claro.

1.3.2.7. Daños en muebles

Muebles aparentemente sanos que se desmoronan, cajones que no abren o no se pueden cerrar, canales en juntas del mueble, fondo del mueble hundido, con rastros aparentes de “pudrición”. Pequeños insectos de color claro. A veces agrupaciones de “barro” llenas de insectos oscuros y alados (en zonas particularmente húmedas).

La importancia de esta plaga radica en el potencial daño que causa en la madera y especialmente en las viviendas. Este insecto es muy agresivo según el nivel de daño que provoca en las distintas construcciones comprometiendo seriamente la calidad y plusvalía de éstas. El alto grado de adaptabilidad de la termita a diferente tipo de suelos y climas ha logrado que actualmente se encuentre en la Región Metropolitana, y mas difundida actualmente en la zona

sur de nuestro país, sin embargo los pronósticos de los investigadores señalan que se extenderá en todo el país, comprometiendo fundamentalmente el mercado inmobiliario y maderero. La termita también se ha transformado en un problema social al incidir directamente en la calidad de vida de los usuarios de viviendas. A partir del año 2000, comienzan a desarrollarse metodologías químicas muy eficientes, seguras y económicas, ampliamente conocidas en Norteamérica, Europa y otros continentes. El sistema contempla el uso de termiticidas específicos aplicados como barreras químicas en pre y post - construcción, cuyos resultados aseguran una protección antitermita por 5 a 25 años. Por otra parte, a nivel mundial, el uso de cebos específicos podría llegar a convertirse en la mejor solución antitermita, por sí sola o en combinación con las barreras químicas. Actualmente no existe una legislación adecuada que contemple viviendas libres de termitas subterráneas.

1.4 La colonia

Está constituida por 3 castas: reproductores primarios y secundarios, soldados y obreras, siendo estas últimas las que representan la mayor proporción de individuos y las que se encargan de alimentar a toda la colonia.

1.4.1 Tamaño de la colonia

Una colonia madura puede estar constituida por unas 60.000 obreras, pudiendo incluso llegar al millón de individuos, las que están permanentemente desplazándose en busca de su alimento, cubriendo superficies de 280 a 1.100 metros cuadrados, en una hectárea pueden coexistir 2 ó 3 colonias. La obrera vive 1 a 2 años, mientras que la reina puede vivir varios años, produciendo alrededor de 5.000 a 10.000 huevos anualmente. La prolongada vida de los individuos en una colonia es un factor importante a considerar, potencialmente se puede sostener que las colonias son inmortales, puesto que existen

antecedentes de colonias que han alcanzado edades comprendidas entre los 40 y los 100 años.

La Termita se desplaza en el perfil del suelo, alcanzando profundidades de hasta 50 metros, sin embargo el mayor desplazamiento lo realizan en los primeros 30 centímetros, la localización en general es por arriba de la napa freática y de las formaciones rocosas.

1.4.2 Época de vuelo

El enjambre de reproductores alados normalmente vuelan una vez al año, a inicios de la primavera (Agosto, Septiembre y Octubre); bajo condiciones ideales pueden producirse unos pocos alados después de 3 ó 4 años desde su establecimiento. El uso de insecticidas comunes es eficaz para su eliminación, e impedir el avance a otros lugares no infestados. Las formas aladas vuelan débilmente durante un corto período y su trayecto no supera los 2 a 3 metros; en el enjambre alado ocurre elevada mortalidad, pero unos pocos logran sobrevivir para formar nuevas colonias.

1.4.3 Trofalaxis

Corresponde al proceso por el cual ocurre el intercambio de nutrientes y transferencia de alimentos entre miembros de la colonia, principalmente obreras. La trofalaxis permite hacer un uso eficiente de los nutrientes, el reconocimiento de miembros dentro de la colonia, distribución de un químico para la regulación de castas y la transferencia de protozoos para la digestión de la celulosa. El conocimiento de este proceso ha guiado a los científicos a descubrir productos (cebos específicos) que interfieren y/o intervienen en el proceso de síntesis de quitina (inhibidores y reguladores del crecimiento de los insectos), o bloqueando el sistema metabólico de estos insectos, con el fin de lograr la disminución de la población de termitas.

La Comunicación más importante en la colonia es química, vía feromonas. También los hacen por sonidos, siendo los soldados y obreras que emiten sonidos al golpear sus cabezas contra el túnel, la vibración es detectada por otros, que a su vez van a hacer lo mismo, de esta manera se pone en alerta a toda la colonia.

1.4.4 Las vías de acceso a las edificaciones

En Guatemala no existen edificaciones a prueba de termita subterránea, puesto que son capaces de ingresar a todas las construcciones (incluyendo las más sólidas de ladrillo tendido y concreto), por espacios tan pequeños como de 1 a 2 milímetros, situación que se presenta en la unión del radier con todas las paredes (punto de expansión), como también en todos aquellos elementos que atraviesan los radieres (cañerías de gas o agua, desagües y ductos de alcantarillados y sistemas de ventilación, tuberías de electricidad y tv cable, tinas de baño, etc.). Es así que, desde estos lugares, son capaces de acceder a todos las estructuras que contengan celulosa, dañando en primer lugar los guardapolvos; los marcos de puertas y ventanas; los muebles empotrados de cocina, baño y closet (especialmente aquellos fabricados de masisa, melanina u otros conglomerados celulósicos), radieres con instalación de pisos flotantes, parquet o entablados. Son capaces de transitar por las paredes sin ser detectadas, al desplazar el yeso que se utiliza en los revestimientos y terminaciones de los muros antes de ser pintados, consiguiendo de esta manera ingresar a las tabiquerías o paneles de vulcanita o internit, o entrar directamente a la planta alta o techumbres. De esta forma, esta termita se ha podido encontrar en edificios de varios pisos, y casas sólidas de más de dos pisos. La utilización de la madera en la construcción es una práctica normal, existen casas 100% de maderas y otras muy sólidas que la usan al menos un 20% del total de la construcción (techumbres y terminaciones). Sin embargo, no menos del 50% lo constituyen materiales celulósicos como parte del mobiliario

de la vivienda (closet, muebles empotrados y muebles en general). De esto se desprende la importancia del uso de madera impregnada de buena calidad.

1.4.5 Vías de acceso a las viviendas

Condiciones medioambientales favorables al establecimiento de la termita subterránea. Requieren de condiciones ambientales específicas. Un ambiente húmedo o un suelo húmedo es suficiente. Estos insectos son de cuerpo blando, y pierden agua rápidamente cuando están expuestos al aire seco. Por esta razón, las termitas construyen unos túneles de barro para protegerse del medio exterior. Estos túneles sirven para proveer un medio cerrado, mantener el ambiente húmedo y protegerlos de sus enemigos naturales (especialmente las hormigas). Durante el otoño, éstas se mueven más abajo donde las condiciones de humedad y temperatura sean óptimas, durante la primavera suben buscando condiciones más frescas. Si las condiciones de temperatura y humedad son ideales, las termitas pueden permanecer en la parte superior durante todo el año. Como regla general, las termitas subterráneas encuentran todas las condiciones favorables en las construcciones que proveen alimento y una humedad y temperatura estable durante todo el año (calefaccionadas en invierno y frescas en verano). El tipo de suelo también contribuye a su florecimiento, estas prefieren suelos más livianos, franco a arenosos, más que los arcillosos o suelos pesados o duros, sin embargo pueden sobrevivir en muchos tipos de suelos.

La disponibilidad de alimentos es otro factor importante a considerar. Estas prefieren maderas blandas (como el pino y el álamo) que contengan un 20 a 30 % de humedad. Con una colonia compuesta de 60.000 obreros, en condiciones ambientales ideales, estas pueden consumir 5 gramos de madera por día. Entonces, un pedazo de madera de 30 CMS. de largo, por 2 x 4 CMS de pino, demorará 118 días en consumirlo completamente. Al no encontrar su

alimento favorito, pueden consumir otros tipos de maderas inclusive la de árboles vivos o cualquier otro material que contenga celulosa (papeles, cartones, etc.).

1.4.6 Inspección

Todo control debe comenzar con una buena inspección que nos proveerá oportunamente de todas las acciones a seguir. Se debe contar al menos con un desatornillador y una linterna para efectuar la inspección, que nos permitirá obtener la siguiente información:

1.4.7 Diagnóstico exacto

En ocasiones la infestación es obvia, pero otras veces puede ser muy dificultosa y va a requerir mucho esfuerzo, conocimiento de la situación, uso de técnicas especializadas y manejo de la información adecuada.

1.4.8 Identificación correcta

El especialista debe conocer e identificar el tipo de termita (idealmente debe colectarse para su identificación). Los signos evidentes de termita subterránea es la presencia de enjambre de reproductores alados o de alas sueltas en el piso, los túneles o galerías de barro y el daño a la madera. Es frecuente confundir a la termita subterránea con otros insectos xilófagos (que se alimentan de celulosa) que requieren de tratamientos y control muy distintos a los recomendados para termita subterránea.

1.5 Metodologías de control de termitas subterráneas

1.5.1 Cebos específicos

Su metodología está basada en la eliminación de las colonias de termitas subterráneas a través de la colocación de cebos específicos que contienen un

tóxico que actúa a un nivel preciso del insecto, el que se divide de acuerdo a su modo de acción en dos tipos:

1.5.2 Inhibidores metabólicos o neurotóxicos.

Reguladores del crecimiento de los Insectos (I.G.Rs). El uso de cebos contempla la instalación de estaciones en el suelo (patios) cada 3 a 5 metros y alrededor de estructuras afectadas. De esta manera las termitas subterráneas, ubican las estaciones y se alimentan de madera dispuesta en ellas. En las estaciones activas, esto es en aquellas que presentan termitas vivas, se reemplaza la madera por un cebo de celulosa impregnado con el ingrediente activo. Las termitas se alimentan del cebo, lo cual les causa una mortalidad retardada. El modo de acción es lento (3 a 6 meses), y es trasladado por las obreras, mediante la trofalaxis, es transferido a los reproductores y los restantes miembros de la colonia que no han estado en contacto directo con el cebo. Con esto se consigue una alta mortalidad de termitas, sin haber sido detectado el ingrediente activo por parte de todo el termitero. La técnica de cebos tóxicos bien utilizada reduce drásticamente las cantidades de insecticidas, como son los termiticidas aplicados al suelo como barrera tóxica en los tratamientos preventivos. (Su, 1991).

1.5.3 Barreras químicas

Las barreras químicas son altamente efectivas y han sido utilizadas por muchos años en todo el mundo, tanto en tratamientos preventivos, como curativos contra los ataques de termita subterránea (pre y post construcción). Los resultados de investigaciones uso comercial de estos productos han demostrado que el uso de termiticidas disponibles a nivel mundial permiten colocar barreras químicas efectivas durante períodos de 5 a 20 años. Ejemplo de lo anterior, es la Cipermetrina al 25%, formulada como termiticida - insecticida y que ha demostrado exitosos resultados en USA por mucho tiempo,

siendo muy efectiva en todo tipo de suelos y PH además de tener un muy buen perfil ambiental y toxicológico. La duración de la efectividad del termiticida dependerá en gran medida de las concentraciones aplicadas, la calidad del principio activo y su formulación, calidad de aplicación del producto y del ambiente en el cual están insertos.

1.6 Características de las maderas a ser evaluadas

1.6.1 *Pinus Pseudostrobus Lindl.* (PINO TRISTE)

Es una especie nativa de la familia Pinaceae, alcanza de 15 a 45 metros de altura, con fustes generalmente rectos, a veces ligeramente combados. Crece en bosque húmedo montano sub-tropical, bosque muy húmedo montano bajo sub-tropical y bosque muy húmedo sub-tropical (frío), a altitudes entre 1500 a 3000 msnm., precipitaciones promedio anuales de 800 a 1500 mm, temperaturas entre 12 a 21°C y suelos profundos derivados de material volcánico, ácidos a moderadamente ácidos (pH de 5.5 a 6.5) pero no crece en suelos con problemas de drenaje. Es exigente de luz pero es resistente a la sequía y heladas. Su reproducción es sexual, la semilla se recolecta de enero a febrero y su germinación es de 80 a 95%. Frecuentemente, se asocia con *Pinus ayacahuite*. Tiene relación con la especie *Pinus montezumae* con la cual tiene cruzamiento. La madera es de textura suave y poco resinosa, moderadamente pesada (0.49 a 0.66 gr. /cm³), de mediana a fina. Es muy susceptible al hongo que produce la mancha azul, al ataque de termitas y/o *Lyctus* y su resistencia al biodeterioro es baja. Se usa en construcción, ventanas flexibles, muebles, ebanistería, artesanías, pulpa de papel, chapas y contrachapados, puertas, tejamanil, molduras, cajas acústicas, postes y pilotes (cuando es tratada), paletas, palillos de fósforo, abatelenguas, pisos, tarimas, cancelos, placas de fibra y de astillas, instrumentos musicales.

1.6.1.1 Taxonomía de la planta

Reino: Vegetal Sub Reino: Embryobionta Orden: Pinales Familia: Pinaceae
Sinonimos: Pino triste (Guatemala), Pino blanco (México), Pinabete (Honduras).
División: Pinophyta Clase: Pinopsida Genero: Pinus, Especie: Pseudostrobus
Sinónimos de nombre científico: *Pinus pseudostrobus Lindl*, *Pinus pseudostrobus Lindl. Var. Apulcensis Martínez*, *Pinus pseudostrobus Lindl. Var. Estevezi Martínez*, *Pinus orizabae*, Dimension: De alturas de 15 a 45 m. y diámetros de 40 a 100 cm. (CATIE 1997).

1.6.1.2. Distribución geográfica del árbol

Esta especie se encuentra en los siguientes países, departamentos:

- Por país: Belice, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua,
- Por Departamento: Baja Verapaz, Chimaltenango, Guatemala, Huehuetenango, Jalapa, Quetzaltenango, Quiche, Sacatepéquez, San Marcos, Sololá, Totonicapán.

1.6.1.3. Madera

- Durabilidad: es muy susceptible a la mancha azul y de baja resistencia al biodeterioro y ataque de insectos (Benítez y Montesinos, 1988).
- Resistencia al ataque de termitas: poco resistente.
- Durabilidad al ataque de hongos: poco durable.
- Preservado: es fácil de preservar por cualquier método, ya sea con sustancias hidrosolubles u oleosas (Benítez y Montesinos, 1988).

1.6.2 *Cybistax donnell-smithii* (Rose) Seibert. (PALO BLANCO)

Es una especie nativa de la familia Bignoniácea, prioritaria para proyectos de reforestación del Programa de Incentivos Forestales (PINFOR). Alcanza de 20 a 35 metros de altura, con fuste cilíndrico, recto y ligeramente acanalado. Se distribuye desde el Sudoeste de México hasta el Pacífico de Guatemala, de El Salvador y de Honduras. Crece en bosques húmedos y muy húmedos, en altitudes de 300 hasta 800 msnm., precipitaciones de 1200 a 4000 mm. Anuales, temperatura media entre 21 y 35°C, en suelos fértiles y bien drenados. Se reproduce en forma sexual y porseudotallos, la germinación de las semillas se da a los 12 ó 18 días. La madera es de textura media a gruesa y uniforme; moderadamente pesada, a moderadamente liviana (0.45 a 0.65 gr/cm³), compacta y fuerte; moderadamente resistente al biodeterioro y con moderada resistencia al ataque de insectos; y, también, resistente a la acción del sol, viento y lluvia. Es fácil de trabajar con máquinas y herramientas de carpintería. Se le conoce como caoba blanca y se usa para construcción en general, carpintería, decoración de interiores, paneles, chapas, trabajos de gabinete, ebanistería, carpintería fina, molduras, lambrín y tripay, enchapado de muebles y construcción de interiores.

1.6.2.1 Taxonomía de la planta

REINO: vegetal, SUBREINO: Embryobionta, ORDEN: Scrophulariales, FAMILIA: Bignoniaceae, DIVISION: Magnoliophyta, CLASE: Magnoliopsida, GENERO: *Cybistax*, ESPECIE: *donnell-smithii*, NOMBRE COMUN: palo blanco, SINONIMOS: Palo blanco (Guatemala), Copal (Guatemala), Primavera (México y Honduras), Cortez (Honduras), San Juan (El Salvador), Cortez blanco (El Salvador), San Juan Guayapeño (Honduras), Duranga (México), Flor de zope (Guatemala), San Juan primavera (Honduras)., NOMBRE CIENTÍFICO:

Cybistax donnell-smithii (Rose) Seibert., SINÓNIMOS: *Cybistax donnell-smithii* (Rose) Seibert, *Tabebuia donnell-Smithii* (Rose) Miranda.

1.6.2.2. Distribución geográfica del árbol

Esta planta se encuentra en los siguientes países, departamentos:

- Por país: El Salvador, Guatemala, Honduras, México.
- Por departamento de Guatemala: Chiquimula, Escuintla, Jutiapa, Quetzaltenango, Retalhuleu, San Marcos, Santa Rosa, Suchitepéquez.

1.6.2.3. Madera

- Durabilidad: resistencia al ataque de insectos (Benítez, 1988). es resistente a la acción del sol, viento y lluvia, sin necesidad de películas protectoras como pintura (Echenique).
- Resistencia al ataque de termitas: moderadamente resistentes.
- Resistencia al ataque de hongos: poco durable.
- Preservado: se estima que es una madera moderadamente difícil de preservar por los sistemas de baño caliente-frío y vacío-presión (Benítez y montesino, 1988). el duramen se clasifica como resistente a la absorción de agua (Echenique).

1.6.3 *Swartzia cubensis* (Britt & Willson) Standl. (LLORA SANGRE)

Es una especie nativa de la familia Caesalpinaceae, alcanza de 12 a más metros de altura y diámetros de 0.5 a 1.5 cm, regularmente acanalado. Se distribuye desde México hasta Costa Rica y Cuba. En Guatemala, se encuentra en Petén, Izabal, Alta Verapaz y Quiché. Crece en bosque húmedo subtropical y bosque muy húmedo subtropical, a altitudes de 0 a 600 msnm. La madera es

de textura gruesa, extremadamente pesada (0.86 a 1.18 gr/cm³), se puede trabajar bien con máquina, aunque pueden aparecer problemas por hilo entrecruzado. Se usa en construcciones pesadas, carpintería, gabinetes, revestimientos interiores, ebanistería y tornería en general. Se utiliza para elaboración de postes y durmientes de ferrocarril, el duramen también se usa para construir ejes de carreta y artículos de tornería.

1.6.3.1. Taxonomía de la planta

REINO: vegetal, SUBREINO: Embryobionta, ORDEN: Fabales, FAMILIA: Caesalpinaceae, DIVISION: Magnoliophyta, CLASE: Magnoliopsida, GENERO: Swartzia, ESPECIE: Cubensis, NOMBRE COMUN: sangre, SINONIMOS: Lloro sangre (Guatemala), Corazón azul (Guatemala), Catatox (Guatemala), Buluche (Maya), Sangre (Guatemala), Cátalox (Maya), Costilla de danto (Costa Rica), NOMBRE CIENTIFICO: *Swartzia cubensis* (Britt & Willson) Standl., SINONIMOS: *Swartzia lundellii* Standl, *Swartzia cubensis* (Brito & Willson) Standl.

1.6.3.2. Distribución geográfica del árbol

Esta especie se encuentra en los siguientes países, departamentos:

- Por país: Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Las Antillas, México, Nicaragua.
- Por departamento de Guatemala: Alta Verapaz, Izabal, Petén, Quiché, Sololá.

1.6.3.3 Características de la madera

- Durabilidad: El duramen es muy resistente al ataque de insectos y a la descomposición, pero tiene la desventaja de ser sólo una pequeña parte del corte transversal (Aguilar Cumes, 1992).

- Resistencia al ataque de termitas: resistente.
- Resistencia al ataque de hongos: Información no disponible.
- Preservado: Información no disponible.

2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

2.1 Localización:

La recolección de muestras de termitas se llevó a cabo en granjas Versalles, en Masagua Escuintla. Las maderas fueron proporcionadas por ebanistería “la recolección” avenida Aguilar Bártres zona 11 Guatemala. La parte experimental de la investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Química de la facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Allí se analizarón los datos experimentales para la obtención de resultados.

2.2 Recursos humanos:

Investigador principal: René Santamaría Rojas Herrera.
Asesor: Inga. Telma Maricela Cano Morales.
Asesor: Ing. José Mario Saravia Molina.
Revisor. Ing. Cesar Alfonso García Guerra.

2.3 Recursos materiales:

- a) Probetas de madera de las siguientes especies; pino triste, palo blanco, llora sangre. Las probetas de acuerdo con las normas ASTM, tuvieron las siguientes dimensiones 1 pulgada (25.4 mm) x 0.25 pulgadas (6.4 mm), en la dirección tangencial, albura sin defectos visibles, superficies cepilladas o lijadas y de 4 a 6 anillos/pulgada (2 o 3 anillos/cm).
- b) Agente químico preservante, uso comercial nombre pendiente.
- c) Termitas subterráneas recolectadas de una colonia grande.
- d) Una solución de cloruro de Benzalkonium (1 + 750)
- e) Agua destilada.
- f) Arena blanca o negra, cernida, lavada y esterilizada (tamiz No.6)
- g) Papel mayordomo.

2.4 Equipo

- a) Cuatro recipientes de vidrio o de plástico limpios, con tapones removibles linealmente, 220 a 450 cm³ (8 a 16 oz.), para químicos volátiles, un agujero de 4.8 mm deber ser abierto en el centro del tapón (aproximadamente 3/16 de pulgada).
- b) Una bandeja esmaltada de acero inoxidable o plástico de 0.25m X 0.51m (10 X 20 pulgadas), y una cubeta.
- c) Horno. Se debe contar con un horno de secado, controlado mediante un termostato (60 a 70°C).
- d) Balanza. Debe emplearse una balanza con sensibilidad equivalente a un centésimo de gramo (+0.01).

2.5 Métodos

Se empleó el procedimiento de probeta para el estudio de la resistencia natural de la madera, descrito por la norma ASTM, bajo la designación D3345-74.

El método de impregnación del agente químico del testigo fue por el método de brocha.

2.6 Procedimiento

- 1) Se preparó 24 probetas de madera de cada especie, identificándolas con un número de una manera adecuada.
- 2) Se lavó los recipientes con una solución antiséptica, se secaron y se numeraron.
- 3) Se colocó las probetas de madera en el fondo del recipiente, con un borde inclinado hacia la pared de este.
- 4) Se agregó 200 g. de arena a cada recipiente.

- 5) Se agregó suficiente agua destilada en cada recipiente (hasta saturación). Después de adicionar el agua, se dejó los recipientes toda la noche (temperatura ambiente).
- 6) Se preparó tres recipientes con arena, agua y termitas, pero sin probetas de madera.
- 7) Se pesó 1.5 g. de termitas subterráneas y agregó a cada uno de los recipientes previamente preparados y se tapó cuidadosamente.
- 8) Se selecciono tres de los recipientes al azar y se peso individualmente. Todos los recipientes estuvieron a una temperatura de 25.5 a 27.7°C, por cuatro semanas.
- 9) Después de la primera semana, los recipientes preparados sin probetas de madera, mostraron completa sobrevivencia de termitas.
- 10) Al final de la primera y cuarta semana; se examinó los recipientes anotando la presencia de túneles, posición de termitas (sobre o debajo de la superficie) y mortalidad de termitas (hay o no hay)
- 11) Semanalmente se pesó los recipientes seleccionados al azar, se agrego agua destilada a todos los recipientes si el contenido de humedad de la arena estuvo por debajo del 2% del contenido de humedad original.
- 12) Después del tiempo de experimentación se desmontó los recipientes, se removió y se limpio las probetas de madera, antes y durante el desmontaje se tomo nota del inciso 10. Se descargo la arena y las termitas usadas (no se usaron para exámenes subsecuentes).
- 13) Se examinó y visualizó cada probeta de madera, usando la evaluación indicada en la norma ASTM. (1)

2.7 Evaluaciones

Al final del ensayo se retiraron las probetas de los recipientes separando cuidadosamente las partículas de substrato u otras sustancias adheridas a su superficie, así como también las termitas. Se registró la cantidad de supervivientes, existencia de madera de cría y cada probeta fue examinada visualmente para la valoración del ataque en cuanto a la localización, extensión y profundidad del daño según la siguiente escala de la norma:

2.7.1 Tentativa de ataque,

Arañazos superficiales cuya profundidad no se pueda medir, o ataque hasta 0.5 mm de profundidad, si se restringe a tres zonas de menos de 3 mm de diámetro cada una.

2.7.2 Ataque ligero, ataque superficial (menor a 1 mm) y limitado en extensión a 1/10 de la superficie lateral de la probeta como máximo, o una perforación única de profundidad inferior a 3 mm.

2.7.3 Ataque medio, ataque superficial (mayor a 1 mm) afectando a más de 1/10 de la superficie lateral de la probeta o erosión (de 1 mm a 3 mm) sobre una extensión que no sobrepase 1/10 de la superficie lateral de la probeta, o perforaciones puntuales que no se extiendan en cavernas y de profundidad superior a 3 mm.

2.7.4 Ataque fuerte, erosión sobre una extensión superior a 1/10 de la superficie lateral de la probeta, o ataque penetrante superior a 3 mm. Extendiéndose en cavernas dentro de la masa de la probeta y pudiendo llegar a un estado de destrucción muy avanzado.

2.8 Validez del ensayo

El ensayo es válido si al menos dos de las probetas testigo reciben un examen visual satisfactorio y si las colonias correspondientes tienen al menos un 50% de sobrevivientes.

Las observaciones adicionales extraídas de la ficha de observación semanal, sirvieron para apoyar las conclusiones derivadas de la experiencia.

2.9 Análisis estadístico

2.9.1 Diseño de tratamientos

El efecto de la resistencia natural de las tres especies de maderas, se midió por medio de 5 probetas de cada especie sin tratar y 5 probetas de cada especie tratadas con el agente químico (testigo) y al ataque de termitas.

El efecto de la solución química preservante sobre la resistencia de tres especies de madera al ataque de insectos xilófagos (termitas), se evaluó al someter al tratamiento de brocha, utilizando la solución química preservante, como agente inhibidor al ataque de insectos. De este modo se tuvo 3 especies de madera X 3 especies de madera tratadas = 6 tratamientos, con 5 repeticiones cada uno.

2.9.2 Diseño experimental

El experimento realizado fue unifactorial, con tres niveles del factor de cinco repeticiones cada uno. Se tuvo tres especies de madera, *Pinus pseudostrobus* Lindl. (Pino triste). *Cybistax donnell-smithii* (Rose) Seibert. (Palo Blanco). *Swartzia cubensis* (Britt Willson) Standl. (llora sangre) (6 tratamientos X 5 repeticiones), haciendo 2 tratamientos por especie siendo un total de 30

tratamientos para las tres especies(sin tratar) y las tres especies tratadas (testigos). El modelo estadístico fue:

$$Y_{ij} = \mu + \lambda_i + \epsilon_{ij}$$

Donde Y_{ij} (peso de la madera) es la repuesta medida en la J-esima unidad experimental sometida a la combinación de tratamiento, donde μ es el efecto medio general (peso promedio de la madera) ; λ_i es el efecto i-esimo del tipo de madera utilizada y ϵ_{ij} es el componente del error aleatorio.

El diseño experimental considero un arreglo con distribución aleatorizada.

2.9.3 Variables

Son las variables medidas y para este experimento fueron las siguientes:

2.9.3.1 Variables de respuesta

- Porcentaje en peso de material perdido debido al ataque de las termitas subterráneas, y presencia de túneles.

Porcentaje de pérdida de peso en las maderas (medido en gramos)

	N1	N2	N3	N4	N5
ESPECIE 1					
ESPECIE 1 (TE)					
ESPECIE 2					
ESPECIE 2 (TE)					
ESPECIE 3					
ESPECIE 3 (TE)					

Fuente: Montgomery 1991

PRIMER PASO:

Se procedió a realizar el análisis de varianza para esta distribución que consistió en 6 tratamientos cada uno con 5 repeticiones.

SEGUNDO PASO (análisis post-ANOVA):

Lo que se pretendió hacer en el experimento fue determinar si existe diferencia significativa en la resistencia natural de 3 especies de madera contra el ataque de termitas subterráneas y se utilizó un testigo para cada especie (los testigos fueron maderas de las mismas especies con la diferencia de que estas fueron tratadas con un preservante químico), se hizo el análisis estadístico por comparación de medias siendo el método más indicado, según Montgomery (referencia), “análisis de comparación de medias de intervalos significativos de Duncan”.

TERCER PASO:

Con la comparación de medias, se evaluó las distintas hipótesis planteadas. Siendo las comparaciones de la siguiente forma:

Especie 1 Vrs. Especie 1 (TE)

Especie 2 Vrs. Especie 2 (TE)

Especie 3 Vrs. Especie 3 (TE)

Especie 1 Vrs Especie 2

Especie 1 Vrs Especie 3

Especie 2 Vrs. Especie 3 (entre otras comparaciones que quedaron a criterio del investigador)

2.10 Análisis estadístico (10)

Para interpretar los datos, se aplicó un análisis de varianza para el modelo unifactorial de efectos fijos, conforme lo siguiente:

Tabla VI. Análisis de variancia para la clasificación en una dirección. (Walpole, 1992)

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Calculada f
Tratamientos	SSA	$k - 1$	$s_1^2 = \frac{SSA}{k - 1}$	$\frac{s_1^2}{s^2}$
Error	SSE	$k(n - 1)$	$s^2 = \frac{SSE}{k(n - 1)}$	
Total	SST	$nk - 1$		

Fuente: Montgomery 1991

Las fórmulas para el cálculo de la suma de cuadrados para muestras de iguales tamaños fueron las siguientes:

$$SST = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 - \frac{T_{..}^2}{nk} \quad [\text{Ec. 1}]$$

$$SSA = \frac{\sum_{i=1}^k T_i^2}{n} - \frac{T_{..}^2}{nk} \quad [\text{Ec.2}]$$

$$SSE = SST - SSA \quad [\text{Ec.3}]$$

Los resultados se compararon con un valor de una tabla de F correspondiente a un nivel de significancia α de 5% de error.

3. RESULTADOS

Tabla VII. Pérdida de humedad porcentual de los 30 tratamientos de maderas, durante el período experimental de aproximadamente 1 año.

Maderas	Inicio	120 días	210 días	330 días
Pino 1	13.767	13.249	13.089	12.990
Pino 2	13.406	13.091	12.741	11.092
Pino 3	13.223	12.968	11.545	7.165
Pino 4	12.555	12.443	11.284	11.041
Pino 5	13.493	13.285	12.387	11.883
Pino Tratado 1	12.306	12.185	11.945	11.138
Pino Tratado 2	13.574	12.364	12.347	12.308
Pino Tratado 3	13.416	12.999	12.849	12.582
Pino Tratado 4	13.006	12.721	12.401	12.329
Pino Tratado 5	13.621	13.330	12.649	12.612
Palo Blanco 1	11.128	10.708	9.363	8.935
Palo Blanco 2	13.768	12.171	11.949	9.295
Palo Blanco 3	13.847	12.436	11.458	11.167
Palo Blanco 4	13.926	12.840	12.581	12.342
Palo Blanco 5	13.790	12.341	11.079	10.767
Palo B. Tratado 1	13.913	13.419	13.353	13.266
Palo B. Tratado 2	13.866	13.424	10.880	10.362
Palo B. Tratado 3	13.971	13.851	13.122	13.012
Palo B. Tratado 4	13.890	13.784	13.521	12.935
Palo B. Tratado 5	13.510	13.268	12.803	11.127
Palo Sangre 1	13.380	13.119	13.059	12.987
Palo Sangre 2	14.440	14.316	14.262	14.201
Palo Sangre 3	14.257	14.169	14.057	14.039
Palo Sangre 4	14.395	14.165	14.095	13.996
Palo Sangre 5	14.780	14.735	14.706	14.683
Palo S. Tratado 1	13.111	13.017	12.988	12.898
Palo S. Tratado 2	13.846	13.747	13.403	13.344
Palo S. Tratado 3	14.386	14.286	13.748	13.754
Palo S. Tratado 4	14.863	14.840	14.799	14.752
Palo S. Tratado 5	14.658	14.598	14.436	14.388

Fuente: Análisis experimental

Tabla VIII. Pérdida de humedad en comparación con la pérdida de masa.

MADERA	CH inicio de ensayo		CH 120 días		CH 210 días		CH 330 días	
	%	g.	%	g.	%	g.	%	g
P1	13.767	0.292	13.249	0.399	13.089	0.534	12.990	0.634
P1T	12.306	0.261	12.185	0.276	11.945	0.278	11.138	0.318
PROM	13.036	0.277	12.717	0.338	12.517	0.406	12.064	0.476
P2	13.406	0.283	13.091	0.458	12.741	0.481	11.092	0.524
P2T	13.574	0.406	12.364	0.411	12.347	0.414	12.308	0.419
PROM	13.490	0.345	12.728	0.435	12.544	0.448	11.700	0.472
P3	13.223	0.272	12.968	0.406	11.545	0.471	7.165	0.541
P3T	13.416	0.293	12.999	0.310	12.849	0.312	12.582	0.315
PROM	13.319	0.283	12.983	0.358	12.197	0.392	9.873	0.428
P4	12.555	0.283	12.443	0.333	11.284	0.430	11.041	0.562
P4T	13.006	0.283	12.721	0.303	12.401	0.304	12.329	0.313
PROM	12.780	0.283	12.582	0.318	11.842	0.367	11.685	0.438
P5	13.493	0.304	13.285	0.321	12.387	0.407	11.883	0.592
P5T	13.621	0.281	13.330	0.301	12.649	0.302	12.612	0.303
PROM	13.557	0.293	13.308	0.311	12.518	0.355	12.248	0.448
PB1	11.128	0.224	10.708	0.412	9.363	0.561	8.935	0.688
PB1T	13.913	0.283	13.419	0.292	13.353	0.295	13.266	0.406
PROM	12.521	0.254	12.064	0.352	11.358	0.428	11.100	0.547
PB2	13.768	0.308	12.171	0.469	11.949	0.638	9.295	0.744
PB2T	13.866	0.307	13.424	0.363	10.880	0.412	10.362	0.406
PROM	13.817	0.308	12.797	0.416	11.415	0.525	9.829	0.575
PB3	13.847	0.311	12.436	0.542	11.458	0.685	11.167	0.838
PB3T	13.971	0.323	13.851	0.328	13.122	0.339	13.012	0.400
PROM	13.909	0.317	13.144	0.435	12.290	0.512	12.090	0.619
PB4	13.926	0.293	12.840	0.407	12.581	0.617	12.342	0.790
PB4T	13.890	0.326	13.784	0.333	13.521	0.345	12.935	0.422
PROM	13.908	0.310	13.312	0.370	13.051	0.481	12.638	0.606
PB5	13.790	0.294	12.341	0.406	11.079	0.591	10.767	0.748
PB5T	13.510	0.306	13.268	0.317	12.803	0.324	11.127	0.396
PROM	13.650	0.300	12.805	0.362	11.941	0.458	10.947	0.572
PS1	13.380	0.304	13.119	0.325	13.059	0.328	12.987	0.329
PS1T	13.111	0.327	13.017	0.329	12.988	0.330	12.898	0.333
PROM	13.246	0.316	13.068	0.327	13.023	0.329	12.943	0.331
PS2	14.440	0.351	14.316	0.360	14.262	0.371	14.201	0.374
PS2T	13.846	0.349	13.747	0.356	13.403	0.362	13.344	0.363
PROM	14.143	0.350	14.032	0.358	13.832	0.367	13.773	0.369
PS3	14.257	0.351	14.169	0.360	14.057	0.371	14.039	0.374
PS3T	14.386	0.349	14.286	0.356	13.748	0.362	13.754	0.363
PROM	14.321	0.350	14.227	0.358	13.903	0.367	13.896	0.369
PS4	14.395	0.358	14.165	0.360	14.095	0.366	13.996	0.367
PS4T	14.863	0.353	14.840	0.355	14.799	0.360	14.752	0.364
PROM	14.629	0.356	14.502	0.358	14.447	0.363	14.374	0.366
PS5	14.780	0.363	14.735	0.367	14.706	0.368	14.683	0.370
PS5T	14.658	0.349	14.598	0.351	14.436	0.354	14.388	0.358
PROM	14.719	0.356	14.666	0.359	14.571	0.361	14.536	0.364

Fuente: Análisis experimental

Tabla IX. Pérdida de masa en gramos de todos los tratamientos de madera, durante la fase experimental.

Maderas	Inicio	120 días	210 días	330 días
Pino 1	0.292	0.399	0.534	0.634
Pino 2	0.283	0.458	0.481	0.524
Pino 3	0.272	0.406	0.471	0.541
Pino 4	0.283	0.333	0.43	0.562
Pino 5	0.304	0.321	0.407	0.592
Pino Tratado 1	0.261	0.276	0.278	0.318
Pino Tratado 2	0.406	0.411	0.414	0.419
Pino Tratado 3	0.293	0.31	0.312	0.315
Pino Tratado 4	0.283	0.303	0.304	0.313
Pino Tratado 5	0.281	0.301	0.302	0.303
Palo Blanco 1	0.224	0.412	0.561	0.688
Palo Blanco 2	0.308	0.469	0.638	0.744
Palo Blanco 3	0.311	0.542	0.685	0.838
Palo Blanco 4	0.293	0.407	0.617	0.79
Palo Blanco 5	0.294	0.406	0.591	0.748
Palo B. Tratado 1	0.283	0.292	0.295	0.406
Palo B. Tratado 2	0.307	0.363	0.412	0.406
Palo B. Tratado 3	0.323	0.328	0.339	0.4
Palo B. Tratado 4	0.326	0.333	0.345	0.422
Palo B. Tratado 5	0.306	0.317	0.324	0.396
Palo Sangre 1	0.304	0.325	0.328	0.329
Palo Sangre 2	0.347	0.368	0.371	0.373
Palo Sangre 3	0.351	0.36	0.371	0.374
Palo Sangre 4	0.358	0.36	0.366	0.367
Palo Sangre 5	0.363	0.367	0.368	0.37
Palo S. Tratado 1	0.327	0.329	0.33	0.333
Palo S. Tratado 2	0.346	0.347	0.354	0.356
Palo S. Tratado 3	0.349	0.356	0.362	0.363
Palo S. Tratado 4	0.353	0.355	0.36	0.364
Palo S. Tratado 5	0.349	0.351	0.354	0.358

Fuente: Análisis experimental

Tabla X. Promedios de porcentajes de pérdida de masa para todos los tratamientos, durante la experimentación.

Código madera	120 DIAS	210 DIAS	330 DIAS	PROMEDIO	Clasificación
P	20.596	26.418	33.818	26.944	C
PT	16.006	16.227	16.853	16.362	B
PB	23.983	36.385	49.853	36.74	C
PBT	16.972	18.008	21.526	18.836	B
PS	17.182	17.51	17.638	17.443	B
PST	16.654	16.888	17.06	16.867	B

Fuente: Análisis experimental

Tabla XI. Porcentaje de pérdida de masa de cada tratamiento por repeticiones.

MADERAS	N1	N2	N3	N4	N5
Pino	21.815	25.055	22.745	16.895	16.470
Pino Tratado	14.839	15.899	16.393	16.006	16.891
Palo Blanco	23.030	24.313	28.010	22.474	22.089
Palo Blanco Tratado	16.676	19.035	16.491	16.477	16.182
Palo sangre	16.514	17.899	17.054	16.909	17.535
Palo sangre Tratado	15.182	16.117	17.140	17.557	17.274

MADERAS	N1	N2	N3	N4	N5
Pino	31.010	29.099	28.528	22.384	21.066
Pino Tratado	15.068	16.047	16.649	16.231	17.140
Palo Blanco	35.041	36.086	40.200	36.358	34.241
Palo Blanco Tratado	16.935	22.258	17.087	17.130	16.632
Palo sangre	16.846	18.231	17.650	17.207	17.616
Palo sangre Tratado	15.242	16.450	17.488	17.822	17.438

MADERAS	N1	N2	N3	N4	N5
Pino	39.950	32.147	34.111	30.811	32.069
Pino Tratado	17.254	16.259	16.827	16.720	17.206
Palo Blanco	47.383	46.529	53.684	53.127	48.540
Palo Blanco Tratado	23.347	22.531	20.274	21.079	20.402
Palo sangre	16.924	18.356	17.886	17.303	17.720
Palo sangre Tratado	15.388	16.597	17.587	18.065	17.662

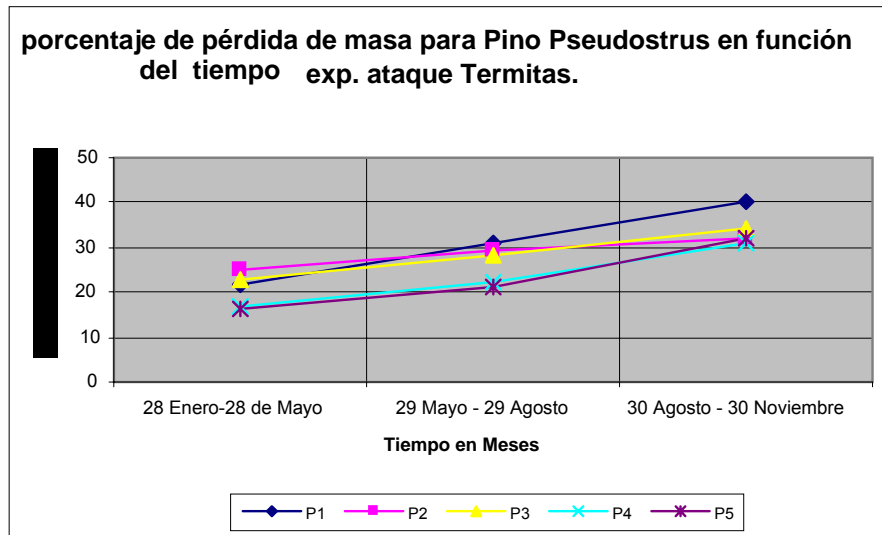
Fuente: Análisis experimental

Tabla XII. Datos recolectados de pérdida de masa, humedad, dureza, durante toda la experimentación.

nombre madera	cod	Ene-07										28 de enero al 28 mayo 2007										29 de Mayo al 29 de Agosto										30 de Agosto al 30 Noviembre									
		P1(g)	P2(g)	% hum.	Dur.Kgf	P3(g)	P4(g)	%hum.	%masa	Dur.Kgf	P5(g)	P6(g)	%hum.	%masa	Dur.Kgf	P7(g)	P8(g)	%hum.	%masa	Dur.Kgf	P9(g)	P10(g)	%hum.	%masa	Dur.Kgf																
Pino 1	P1	2.12	1.829	13.767	330	1.99	1.72	13.249	21.82	321	1.83	1.59	13.09	31.01	297	1.709	1.49	13	39.95	221																					
Pino 2	P2	2.11	1.828	13.406	338	1.9	1.65	13.091	25.05	320	1.87	1.63	12.74	29.1	308	1.785	1.59	11.1	32.15	234																					
Pino 3	P3	2.06	1.785	13.223	341	1.9	1.65	12.968	22.75	323	1.79	1.59	11.54	28.53	306	1.633	1.52	7.16	34.11	224																					
Pino 4	P4	2.25	1.971	12.555	332	2.19	1.92	12.443	16.89	324	2.06	1.82	11.28	22.38	299	1.902	1.69	11	30.81	211																					
Pino 5	P5	2.25	1.949	13.493	331	2.23	1.93	13.285	16.47	320	2.11	1.85	12.39	21.07	294	1.885	1.66	11.9	32.07	201																					
Pino Tratado 1	P1T	2.12	1.86	12.308	338	2.1	1.85	12.185	14.84	323	2.09	1.84	11.94	15.07	296	2.029	1.8	11.1	17.25	208																					
Pino Tratado 2	P2T	2.99	2.585	13.574	336	2.94	2.58	12.364	15.9	321	2.94	2.58	12.35	16.05	300	2.933	2.57	12.3	16.26	214																					
Pino Tratado 3	P3T	2.18	1.891	13.416	343	2.15	1.87	12.999	16.39	323	2.15	1.87	12.85	16.65	299	2.138	1.87	12.6	16.83	207																					
Pino Tratado 4	P4T	2.18	1.893	13.006	341	2.15	1.87	12.721	16.01	326	2.14	1.87	12.4	16.23	304	2.125	1.86	12.3	16.72	222																					
Pino Tratado 5	P5T	2.06	1.782	13.621	341	2.03	1.76	13.33	16.89	321	2.02	1.76	12.65	17.14	297	2.014	1.76	12.6	17.21	219																					
Palo Blanco 1	PB1	2.01	1.789	11.128	299	1.79	1.6	10.708	23.03	288	1.6	1.45	9.363	35.04	229	1.455	1.33	8.93	47.38	197																					
Palo Blanco 2	PB2	2.24	1.929	13.768	312	2.01	1.77	12.171	24.31	291	1.82	1.6	11.95	36.09	237	1.646	1.49	9.3	46.53	201																					
Palo Blanco 3	PB3	2.25	1.935	13.847	321	1.95	1.7	12.436	28.01	304	1.76	1.56	11.46	40.2	250	1.585	1.41	11.2	53.68	214																					
Palo Blanco 4	PB4	2.1	1.811	13.926	317	1.95	1.7	12.84	22.47	296	1.7	1.49	12.58	36.36	241	1.499	1.31	12.3	53.13	199																					
Palo Blanco 5	PB5	2.13	1.838	13.79	307	1.97	1.73	12.341	22.09	289	1.73	1.54	11.08	34.24	244	1.551	1.38	10.8	48.54	205																					
Palo B. Tratado 1	PB1T	2.03	1.751	13.913	300	2.01	1.74	13.419	16.68	282	2.01	1.74	13.35	16.93	229	1.877	1.63	13.3	23.35	201																					
Palo B. Tratado 2	PB2T	2.21	1.907	13.866	297	2.14	1.85	13.424	19.04	284	2.02	1.8	10.88	22.26	233	2.017	1.81	10.4	22.53	205																					
Palo B. Tratado 3	PB3T	2.31	1.989	13.971	321	2.3	1.98	13.851	16.49	297	2.27	1.97	13.12	17.09	241	2.198	1.91	13	20.27	199																					
Palo B. Tratado 4	PB4T	2.35	2.021	13.89	315	2.34	2.01	13.784	16.48	290	2.32	2	13.52	17.13	243	2.211	1.93	12.9	21.08	203																					
Palo B. Tratado 5	PB5T	2.27	1.959	13.51	310	2.25	1.95	13.268	16.18	281	2.23	1.94	12.8	16.63	237	2.103	1.87	11.1	20.4	198																					
Palo Sangre 1	S1	2.27	1.968	13.38	561	2.24	1.95	13.119	16.51	555	2.24	1.94	13.06	16.85	497	2.233	1.94	13	16.92	443																					
Palo Sangre 2	S2	2.4	2.056	14.44	571	2.38	2.04	14.316	17.9	562	2.37	2.03	14.26	18.23	512	2.366	2.03	14.2	18.36	446																					
Palo Sangre 3	S3	2.46	2.111	14.257	559	2.45	2.1	14.169	17.05	551	2.43	2.09	14.06	17.65	504	2.429	2.09	14	17.89	465																					
Palo Sangre 4	S4	2.49	2.129	14.395	551	2.48	2.13	14.165	16.91	543	2.47	2.12	14.09	17.21	494	2.465	2.12	14	17.3	410																					
Palo Sangre 5	S5	2.46	2.093	14.78	577	2.45	2.09	14.735	17.53	564	2.45	2.09	14.71	17.62	509	2.445	2.09	14.7	17.72	443																					
Palo S. Tratado 1	S1T	2.49	2.167	13.111	565	2.49	2.17	13.017	15.18	553	2.49	2.16	12.99	15.24	501	2.481	2.16	12.9	15.39	459																					
Palo S. Tratado 2	S2T	2.5	2.153	13.846	582	2.5	2.15	13.747	16.12	551	2.48	2.15	13.4	16.45	499	2.473	2.14	13.3	16.6	437																					
Palo S. Tratado 3	S3T	2.43	2.077	14.386	561	2.42	2.07	14.286	17.14	552	2.39	2.06	13.75	17.49	501	2.392	2.06	13.8	17.59	440																					
Palo S. Tratado 4	S4T	2.38	2.022	14.863	560	2.37	2.02	14.84	17.56	548	2.37	2.02	14.8	17.82	495	2.359	2.01	14.8	18.06	441																					
Palo S. Tratado 5	S5T	2.38	2.032	14.658	570	2.38	2.03	14.598	17.27	557	2.37	2.03	14.44	17.44	502	2.363	2.02	14.4	17.66	454																					

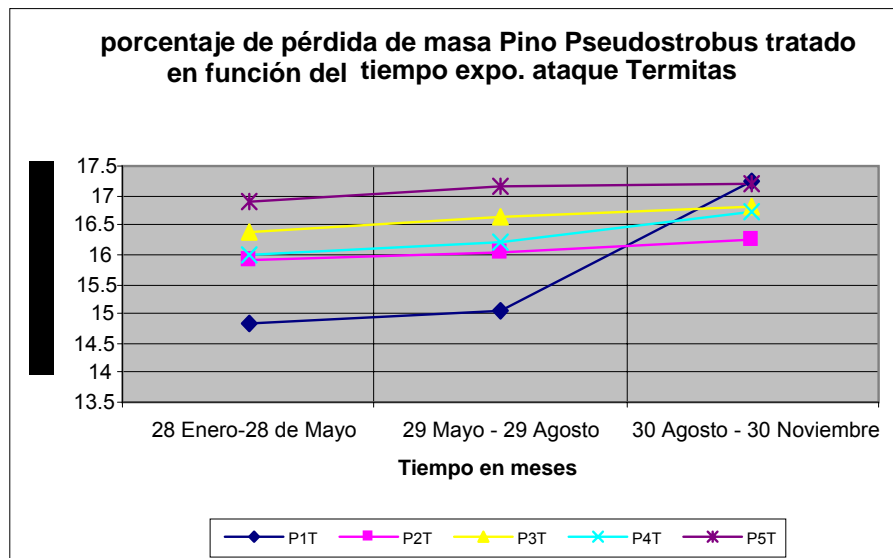
Fuente: Analisis experimental

Figura 13. Porcentaje de pérdida de masa de Pino Pseudostrobus durante el tiempo de experimentación de ataque de las Termitas.



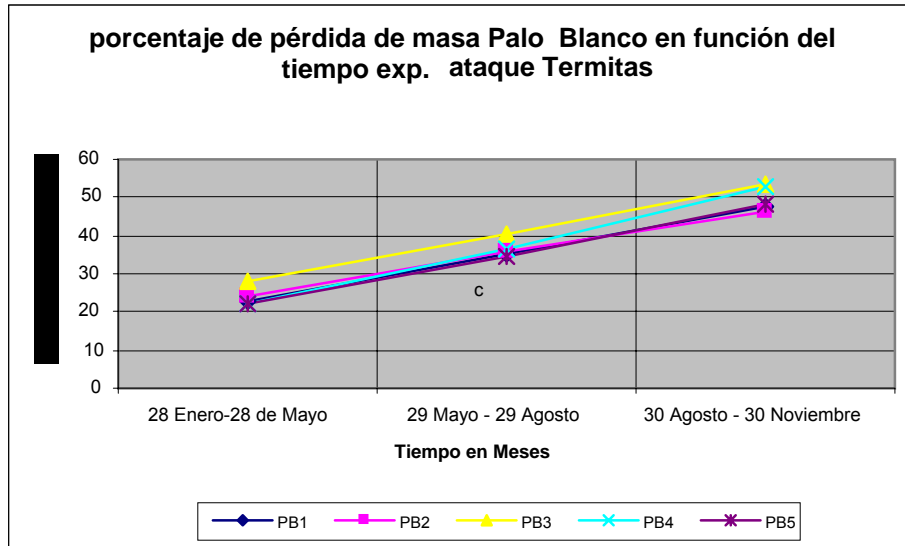
Fuente: Análisis experimental

Figura 14. Porcentaje de pérdida de masa de Pino Pseudostrobus Tratado (Blanco) durante el tiempo de experimentación de ataque de las Termitas.



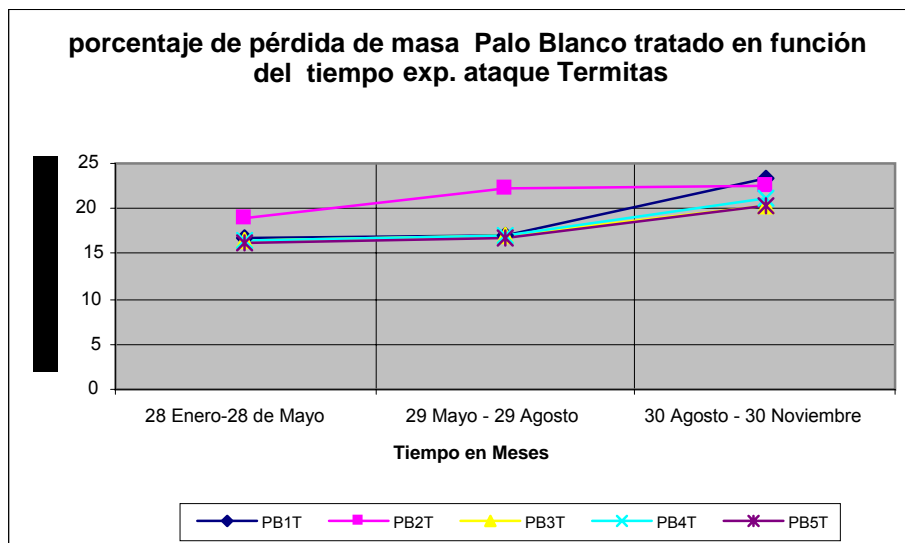
Fuente: Análisis experimental

Figura 15. Porcentaje de pérdida de masa de Palo Blanco durante el tiempo de experimentación de ataque de las Termitas.



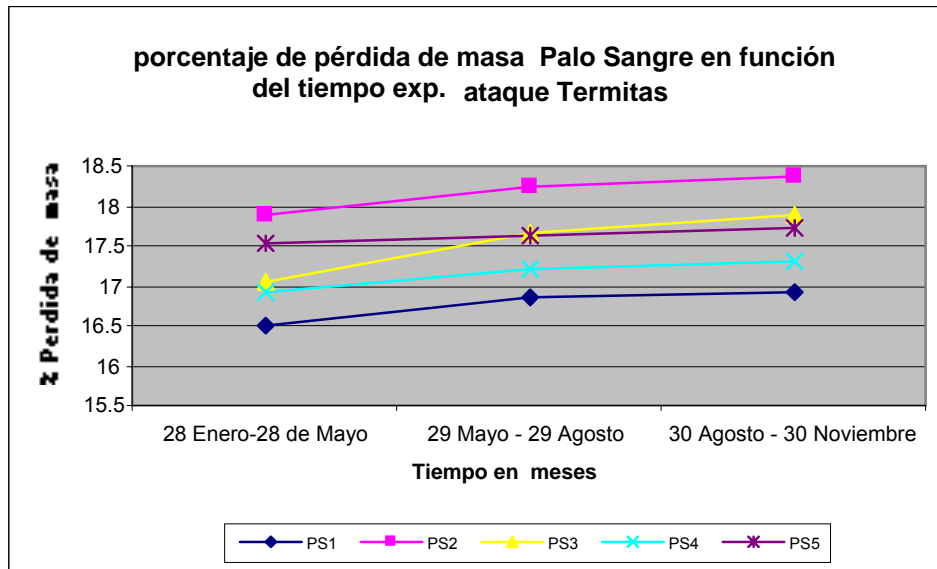
Fuente: Análisis experimental

Figura 16. Porcentaje de pérdida de masa de Palo Blanco (Blanco) durante el tiempo de experimentación de ataque de las Termitas.



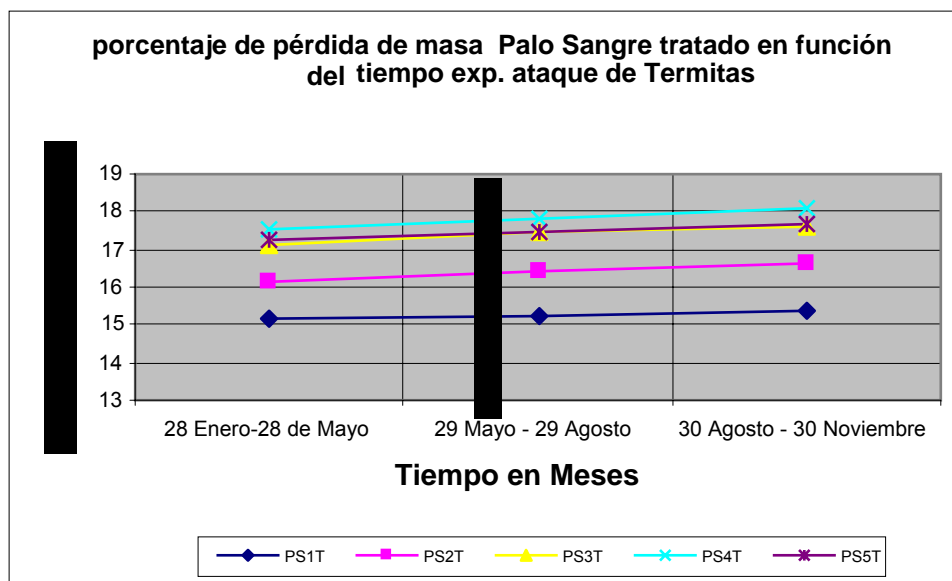
Fuente: Análisis experimental

Figura 17. Porcentaje de pérdida de masa de Palo Sangre durante el tiempo de experimentación de ataque de las Termitas.



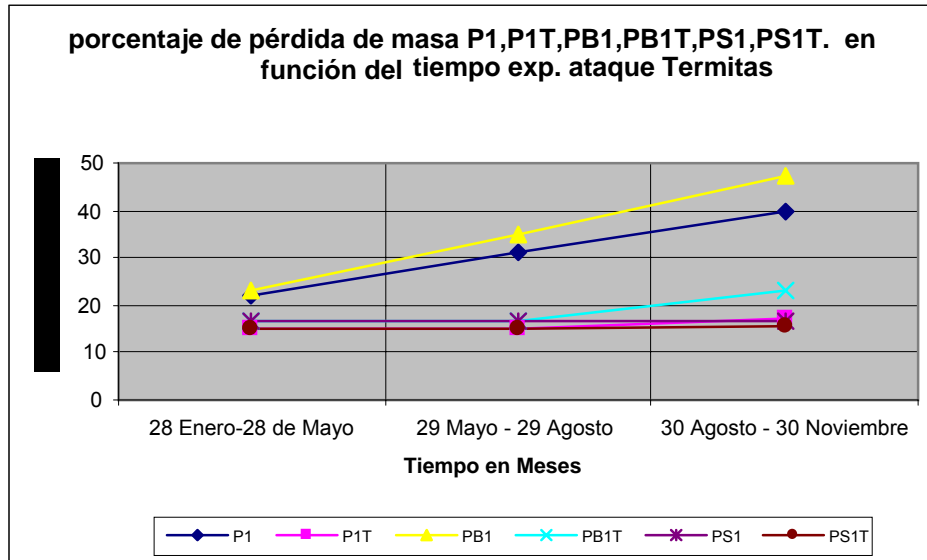
Fuente: Análisis experimental

Figura 18. Porcentaje de pérdida de masa de Palo Sangre tratado (blanco) durante el tiempo de experimentación de ataque de las Termitas.



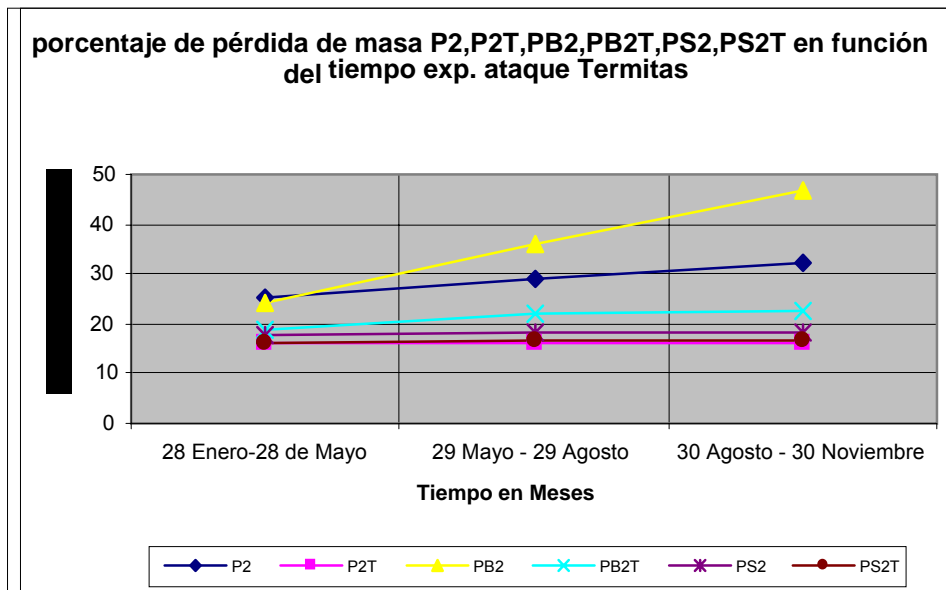
Fuente: Análisis experimental

Figura 19. Porcentaje de pérdida de masa de las tres especies y sus respectivos testigos para N1, durante el tiempo de experimentación de ataque de las Termitas.



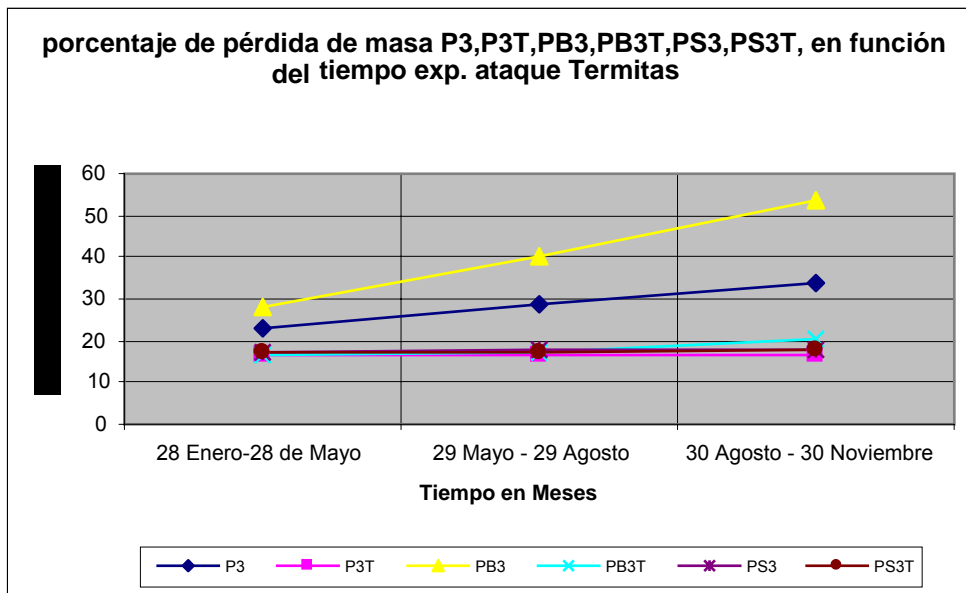
Fuente: Análisis experimental

Figura 20. Porcentaje de pérdida de masa de las tres especies y sus respectivos testigos para N2, durante el tiempo de experimentación de ataque de las Termitas.



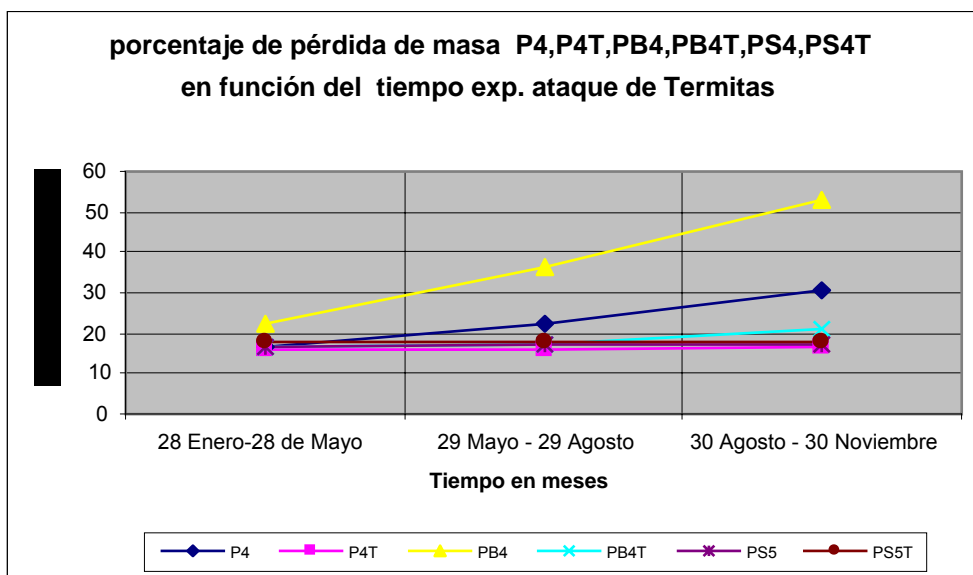
Fuente: Análisis experimental

Figura 21. Porcentaje de pérdida de masa de las tres especies y sus respectivos testigos para N3, durante el tiempo de experimentación de ataque de las Termitas.



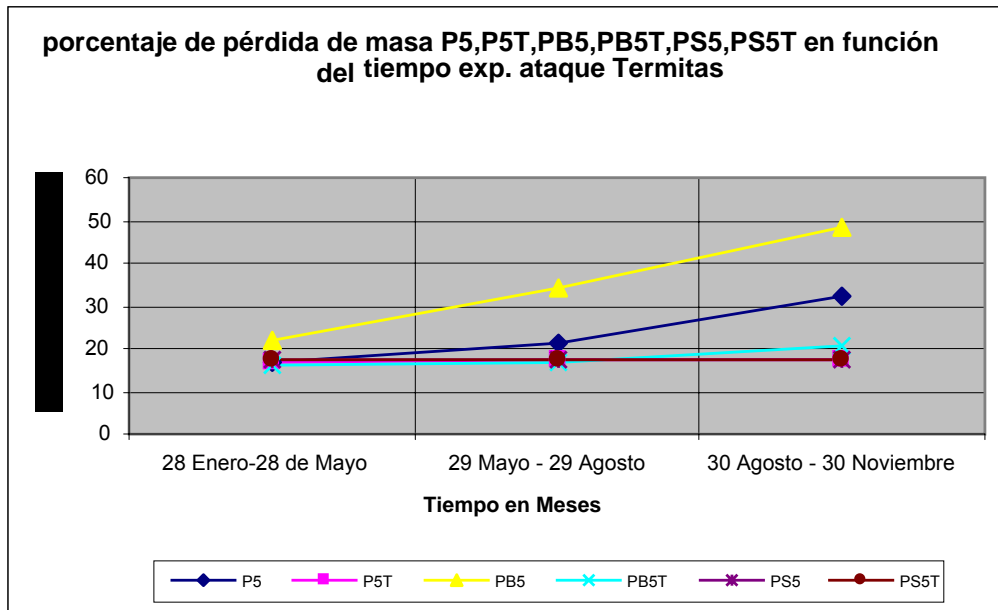
Fuente: Análisis experimental

Figura 22. Porcentaje de pérdida de masa de las tres especies y sus respectivos testigos para N4, durante el tiempo de experimentación de ataque de las Termitas.



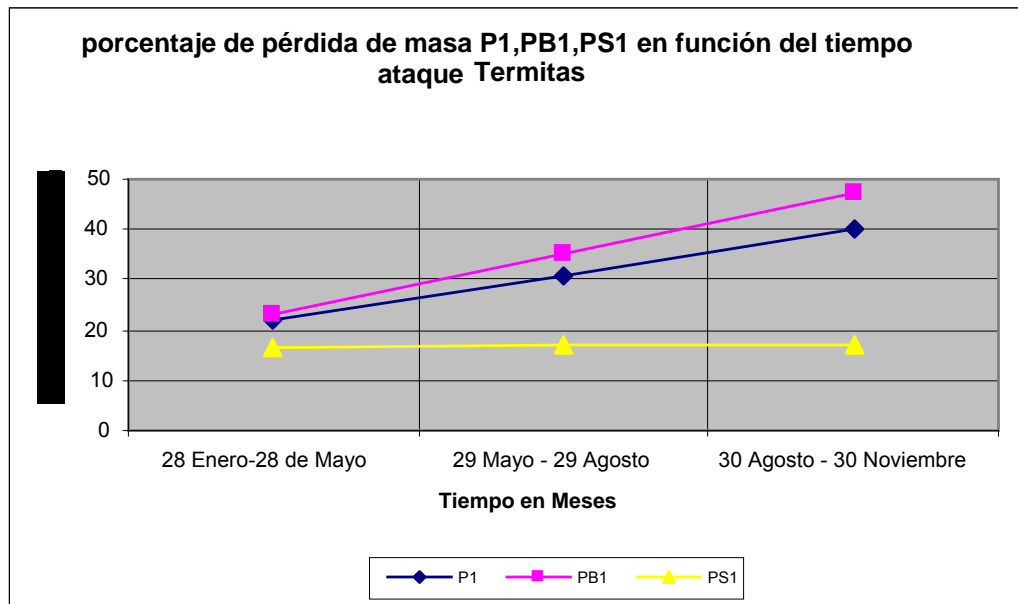
Fuente: Análisis experimental

Figura 23. Porcentaje de pérdida de masa de las tres especies y sus respectivos testigos para N5, durante el tiempo de experimentación de ataque de las Termitas.



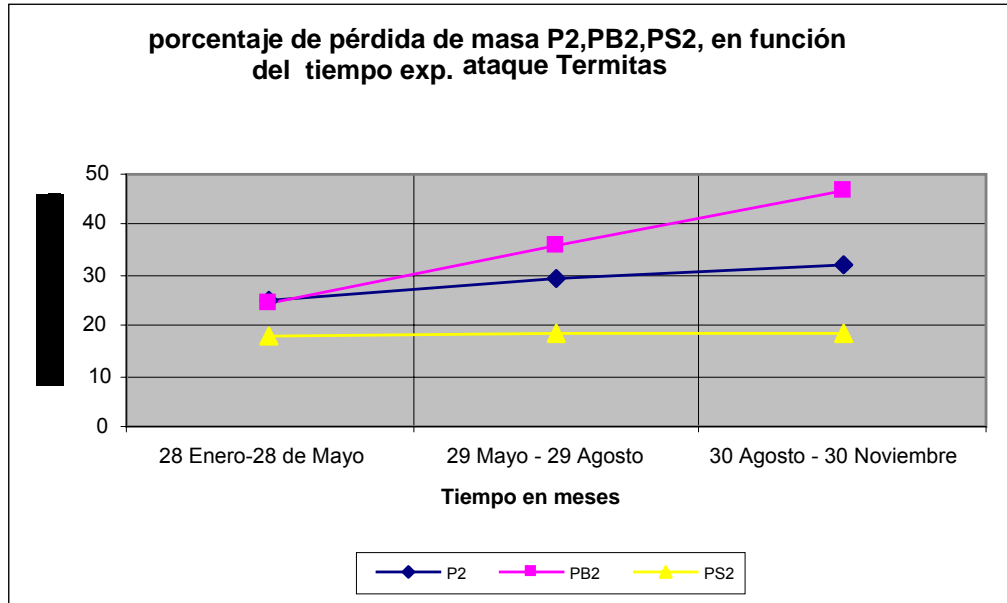
Fuente: Análisis experimental

Figura 24. Porcentaje de pérdida de masa de las tres especies para N1, durante el tiempo de experimentación de ataque de las Termitas.



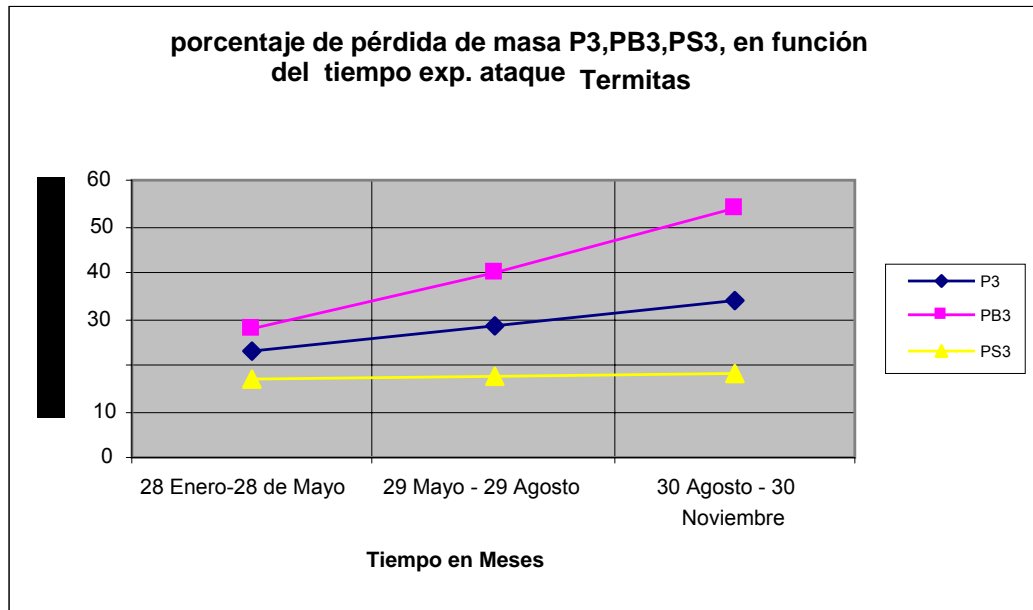
Fuente: Análisis experimental

Figura 25. Porcentaje de pérdida de masa de las tres especies para N2, durante el tiempo de experimentación de ataque de las Termitas.



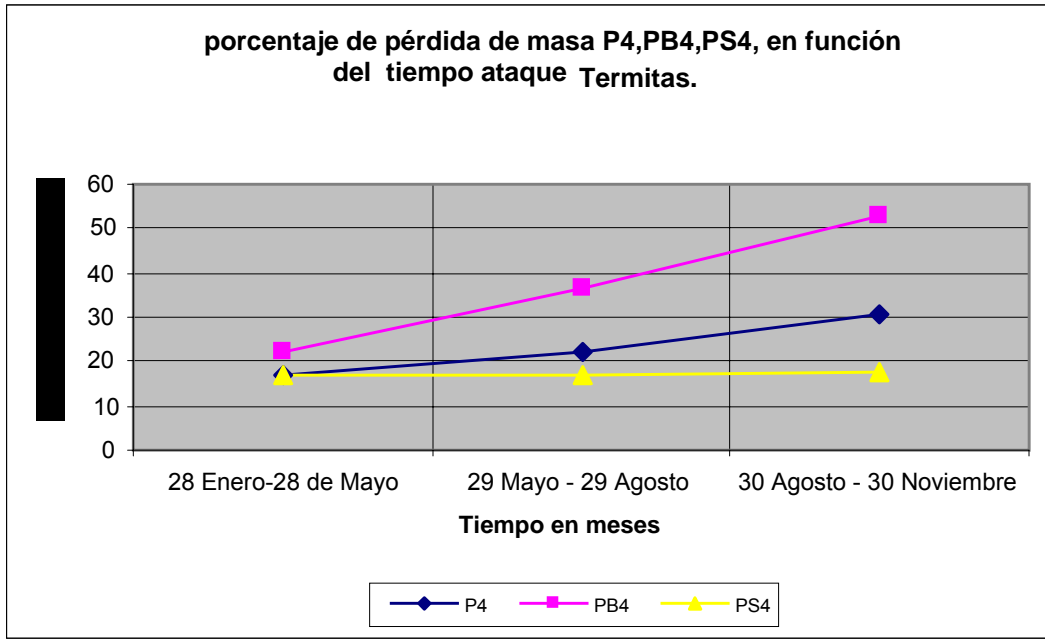
Fuente: Análisis experimental

Figura 26. Porcentaje de pérdida de masa de las tres especies para N3, durante el tiempo de experimentación de ataque de las Termitas.



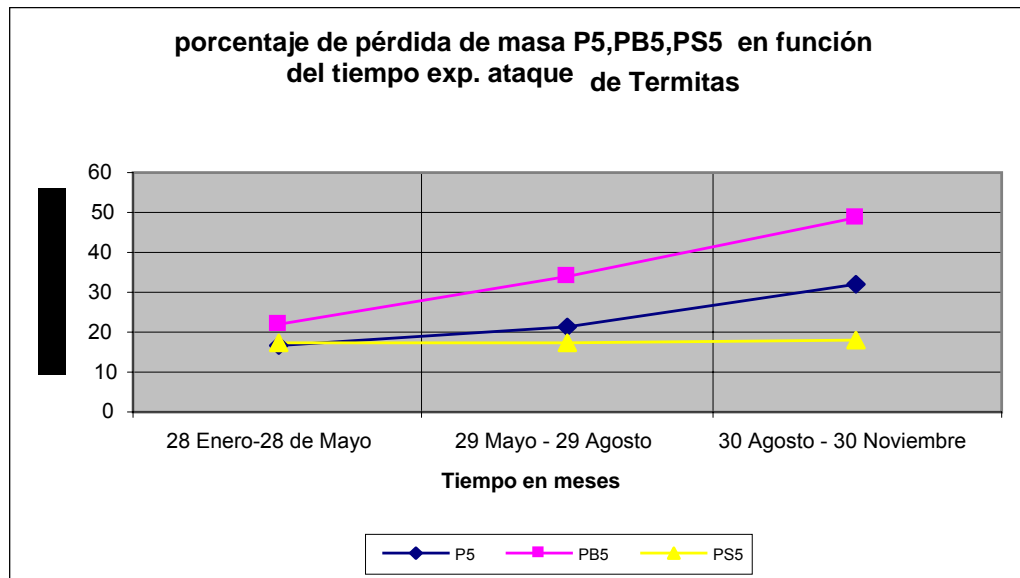
Fuente: Análisis experimental

Figura 27. Porcentaje de pérdida de masa de las tres especies para N4, durante el tiempo de experimentación de ataque de las Termitas.



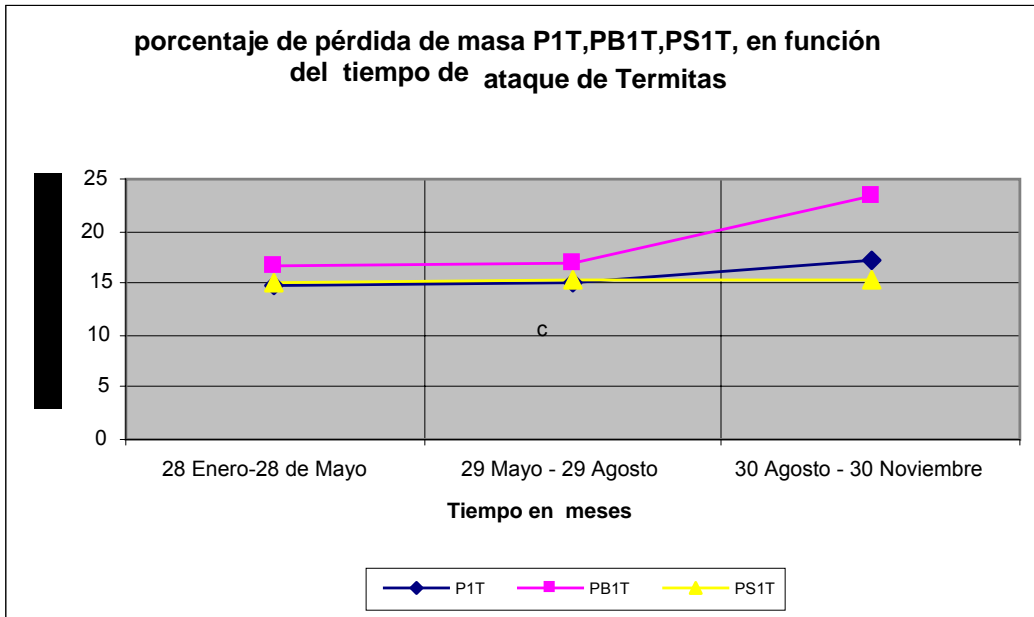
Fuente: Análisis experimental

Figura 28. Porcentaje de pérdida de masa de las tres especies para N5, durante el tiempo de experimentación de ataque de las Termitas.



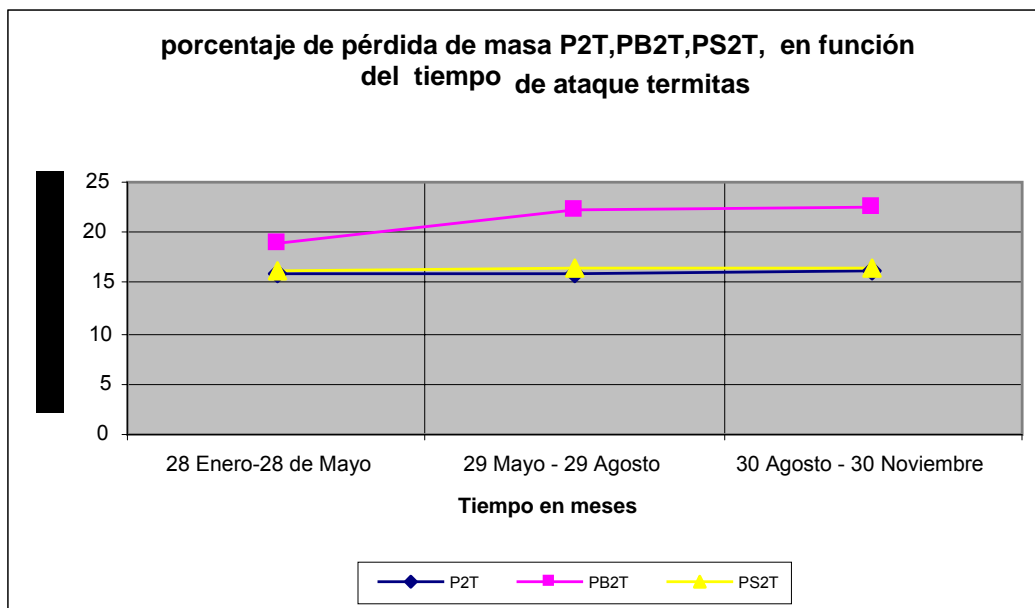
Fuente: Análisis experimental

Figura 29. Porcentaje de pérdida de masa de las tres especies tratadas para N1, durante el tiempo de experimentación de ataque de las Termitas.



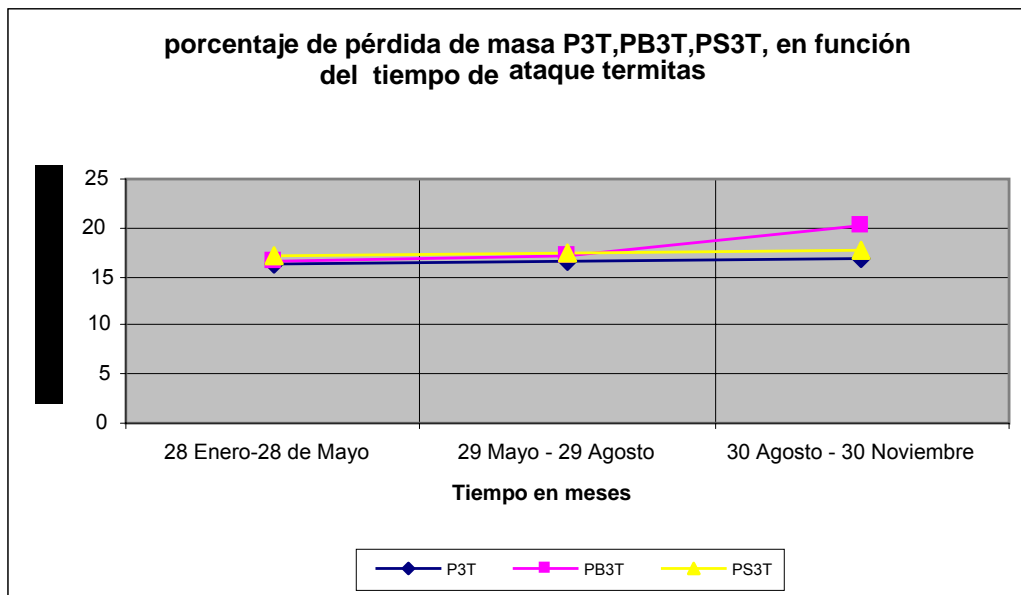
Fuente: Análisis experimental

Figura 30. Porcentaje de pérdida de masa de las tres especies tratadas para N2, durante el tiempo de experimentación de ataque de las Termitas.



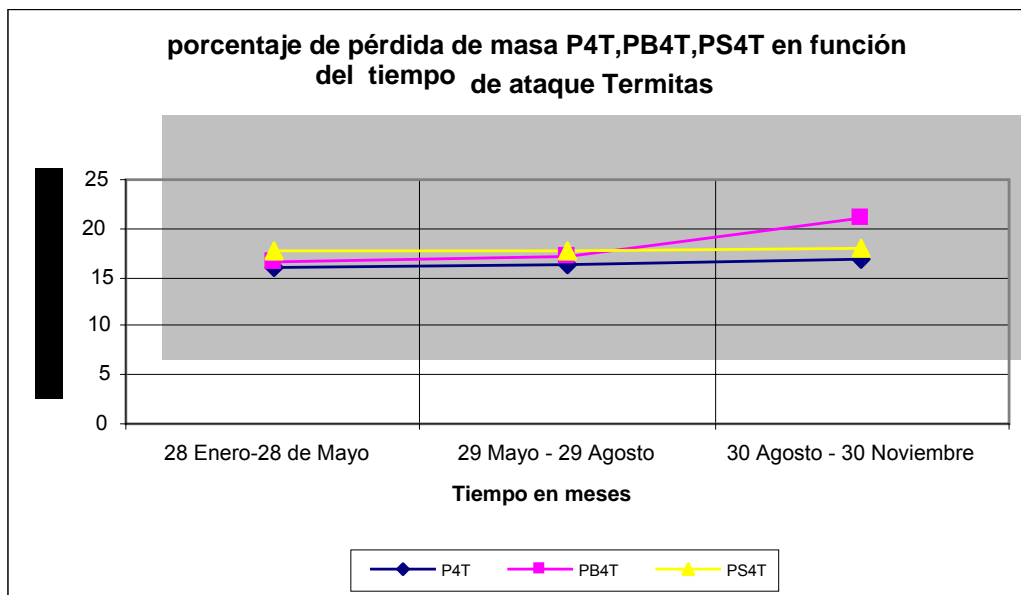
Fuente: Análisis experimental

Figura 31. Porcentaje de pérdida de masa de las tres especies tratadas para N3, durante el tiempo de experimentación de ataque de las Termitas.



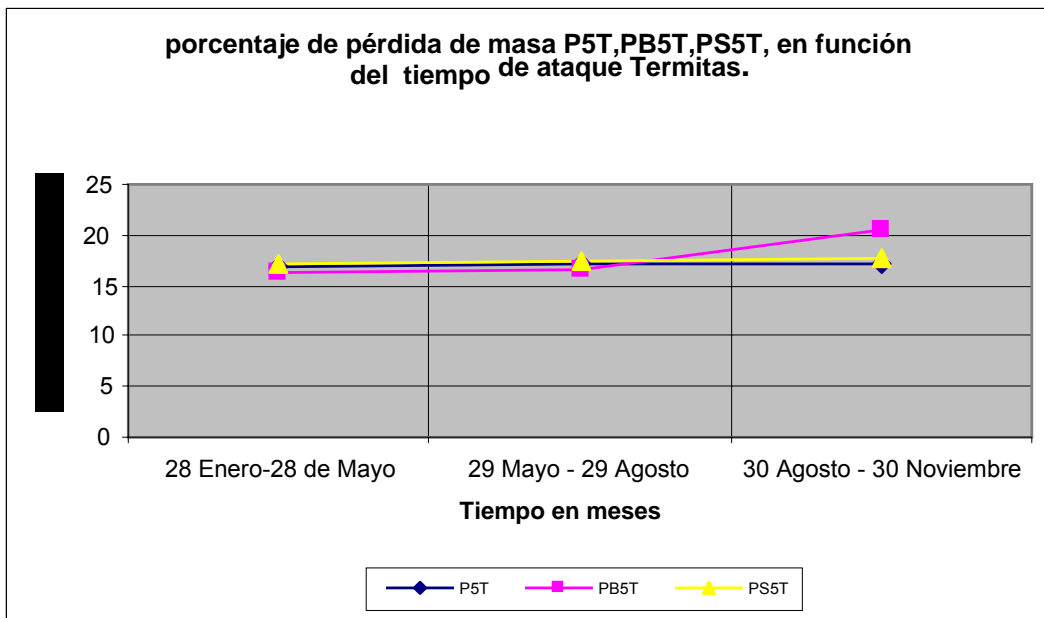
Fuente: Análisis experimental

Figura 32. Porcentaje de pérdida de masa de las tres especies tratadas para N4, durante el tiempo de experimentación de ataque de las Termitas.



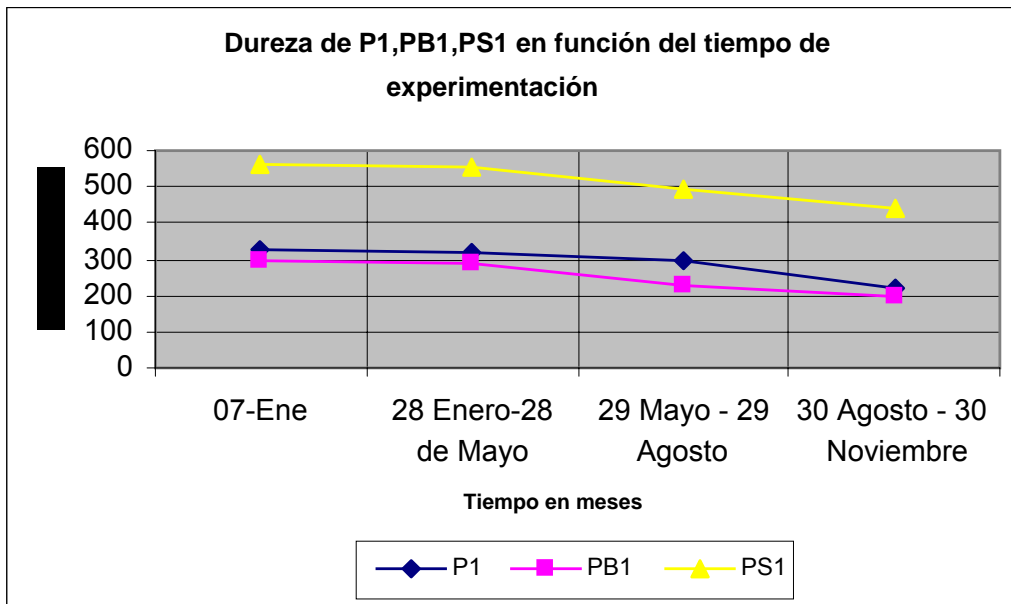
Fuente: Análisis experimental

Figura 33. Porcentaje de pérdida de masa de las tres especies tratadas para N5, durante el tiempo de experimentación de ataque de las Termitas.



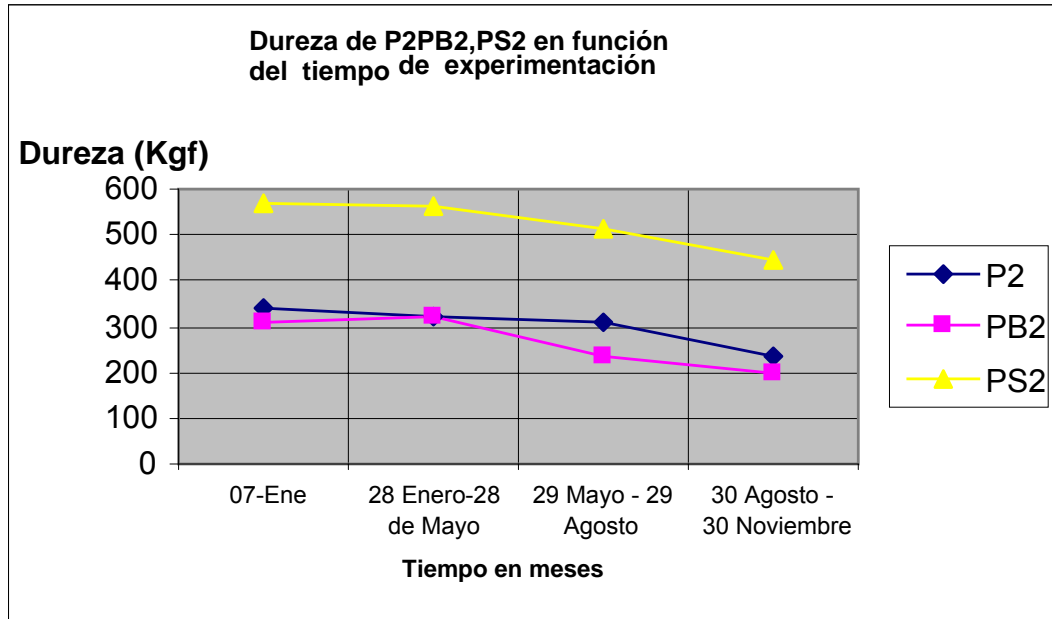
Fuente: Análisis experimental

Figura 34. Dureza de las tres especies para N1, durante el tiempo de experimentación de ataque de las Termitas.



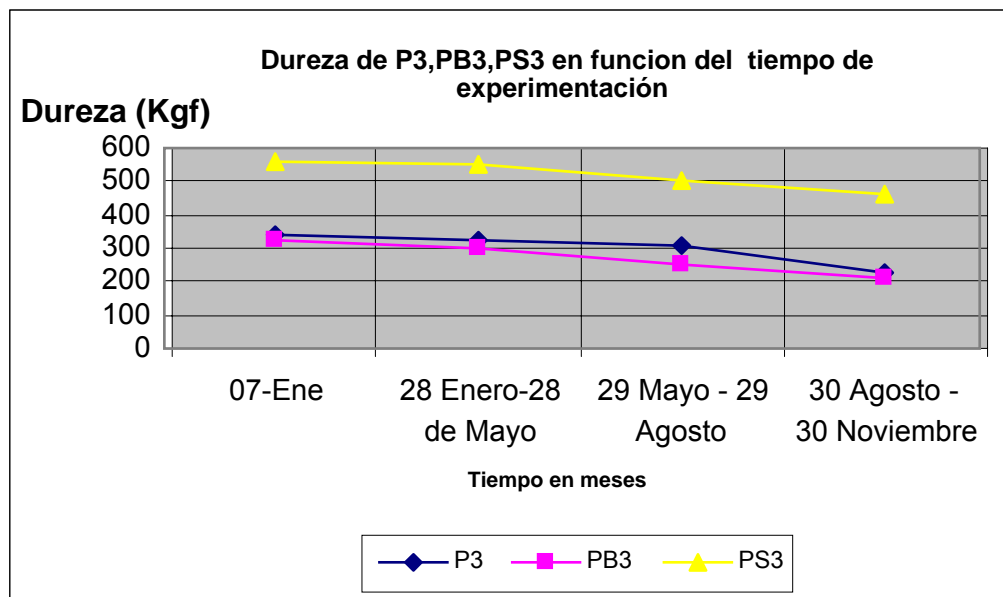
Fuente: Análisis experimental

Figura 35. Dureza de las tres especies para N2, durante el tiempo de experimentación de ataque de las Termitas.



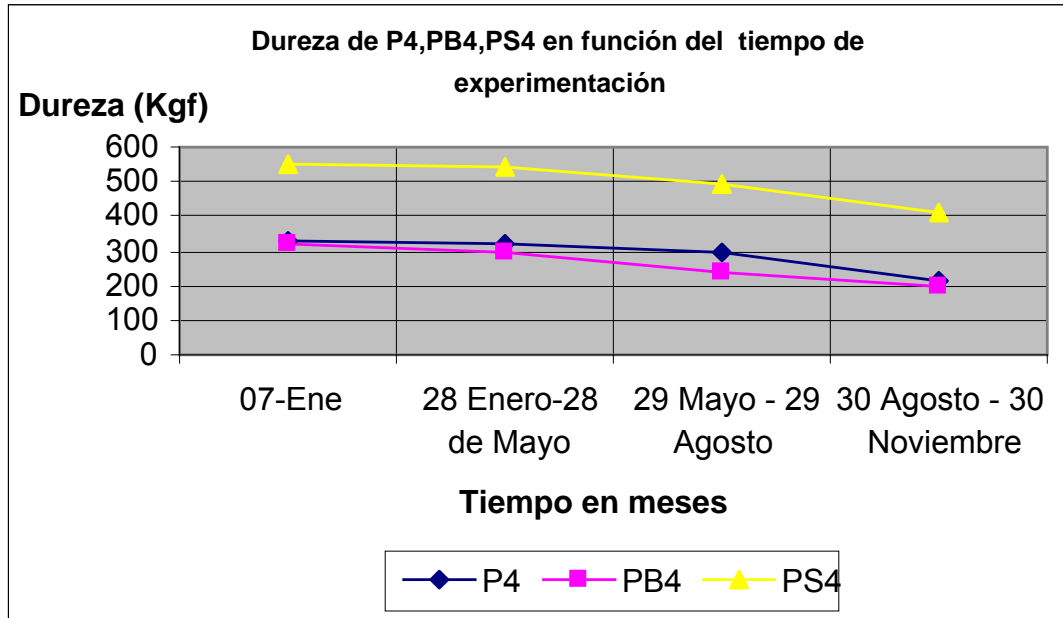
Fuente: Análisis experimental

Figura 36. Dureza de las tres especies para N3, durante el tiempo de experimentación de ataque de las Termitas.



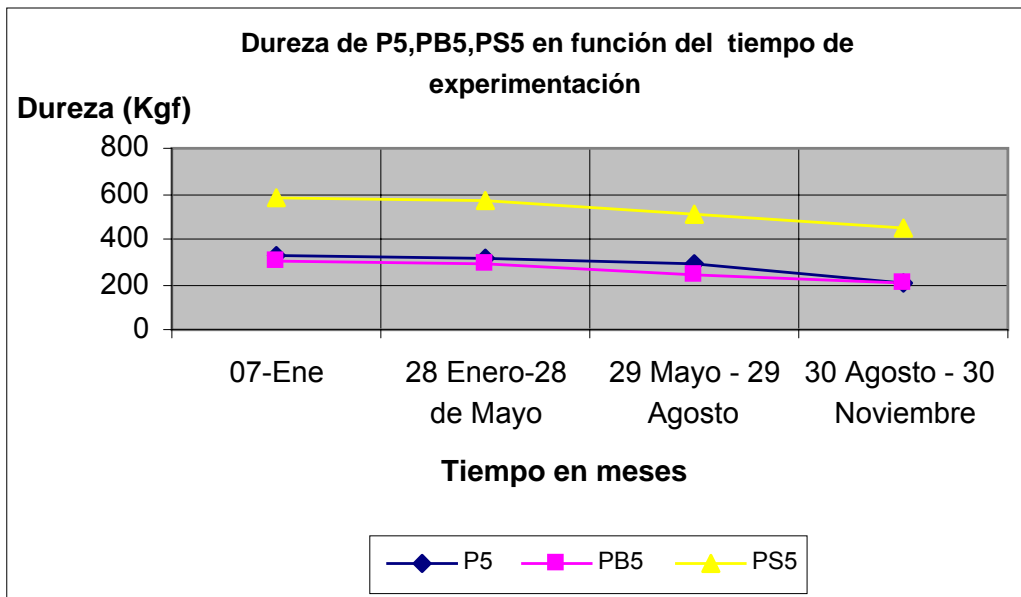
Fuente: Análisis experimental

Figura 37. Dureza de las tres especies para N4, durante el tiempo de experimentación de ataque de las Termitas.



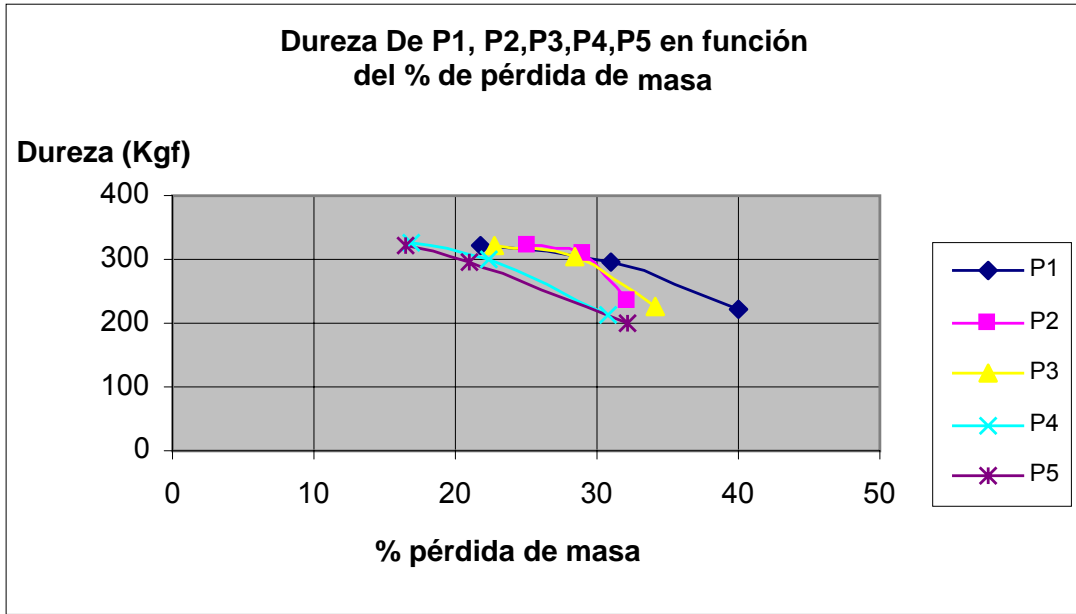
Fuente: Análisis experimental

Figura 38. Dureza de las tres especies para N5, durante el tiempo de experimentación de ataque de las Termitas.



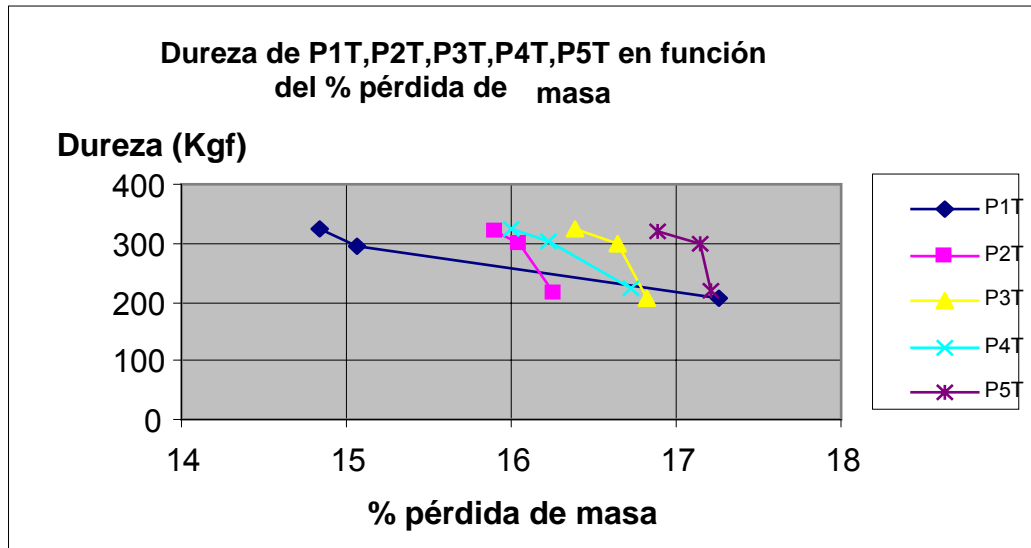
Fuente: Análisis experimental

Figura 39. Dureza de Pinus Pseudostrobus en relación al Porcentaje de pérdida de masa, durante tiempo de ataque de Termitas Subterráneas.



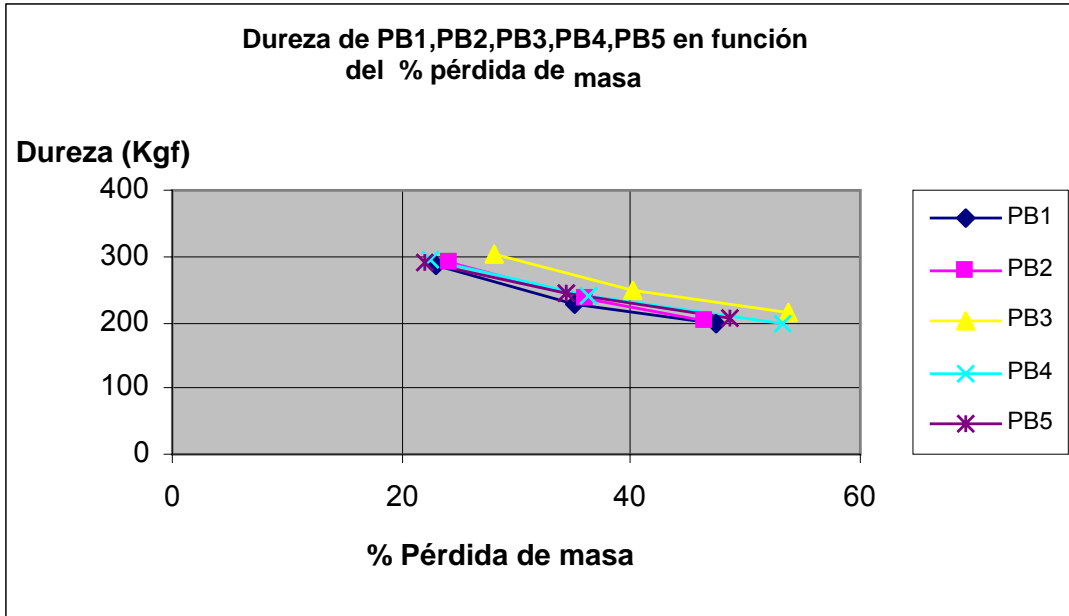
Fuente: Análisis experimental

Figura 40. Dureza de Pinus Pseudostrobus tratado (Blanco) en relación al Porcentaje de pérdida de masa, durante tiempo de ataque de Termitas Subterráneas.



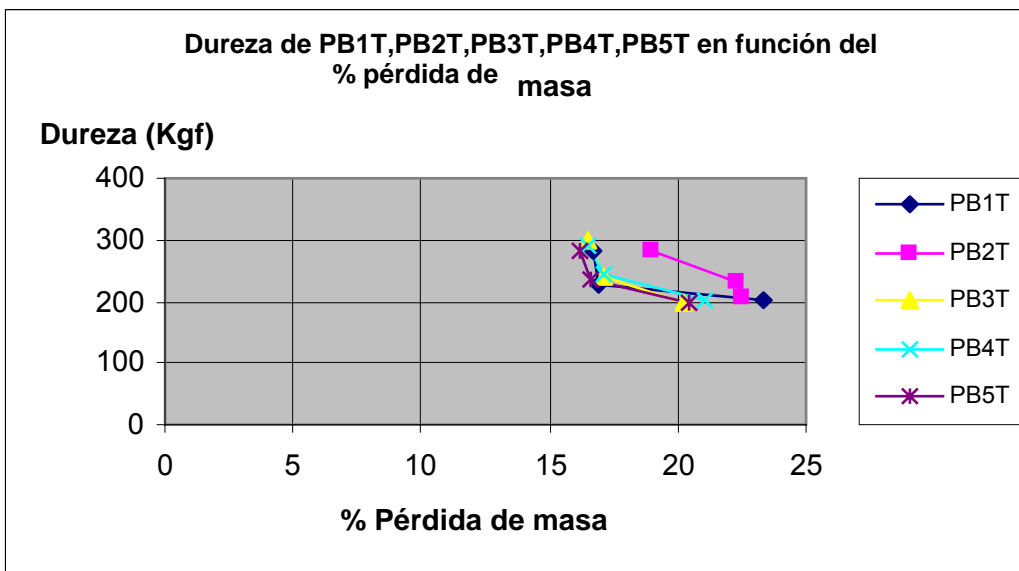
Fuente: Análisis experimental

Figura 41. Dureza de Palo Blanco en relación al porcentaje de pérdida de masa, durante tiempo de ataque de Termitas Subterráneas.



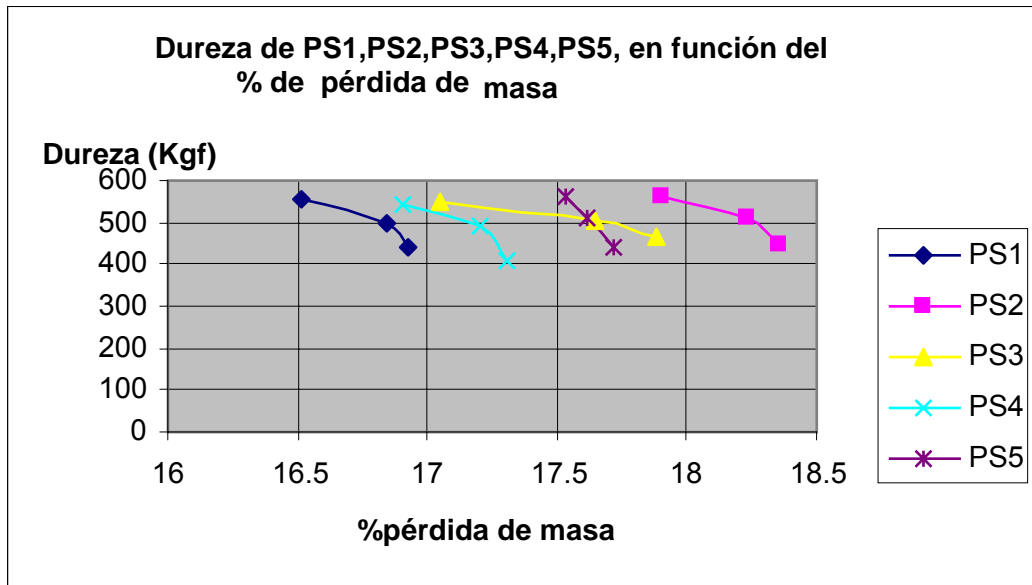
Fuente: Análisis experimental

Figura 42. Dureza de Palo Blanco tratado (Blanco) en relación al porcentaje de pérdida de masa, durante tiempo de ataque de Termitas Subterráneas.



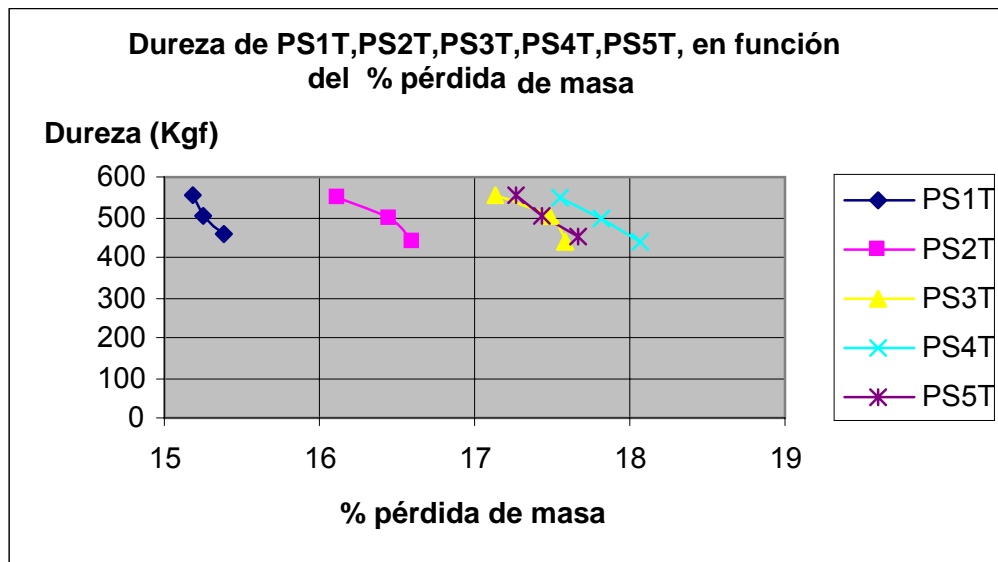
Fuente: Análisis experimental

Figura 43. Dureza de Palo Sangre en relación al porcentaje de pérdida de masa, durante tiempo de ataque de Termitas Subterráneas.



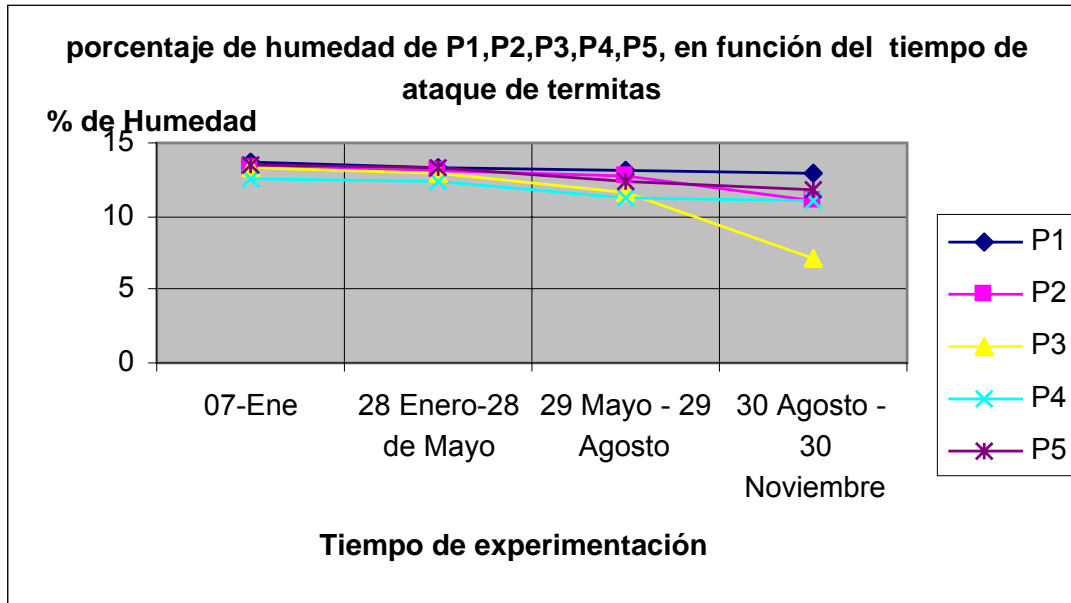
Fuente: Análisis experimental

Figura 44. Dureza de Palo Sangre tratado (Blanco) en relación al porcentaje de pérdida de masa, durante tiempo de ataque de Termitas Subterráneas.



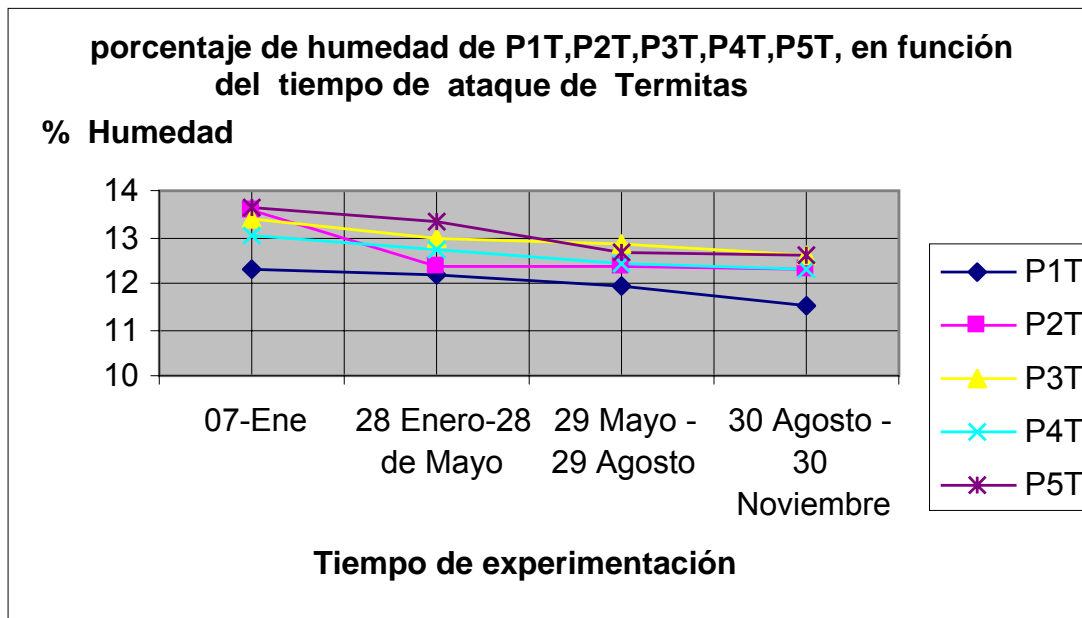
Fuente: Análisis experimental

Figura 45. Porcentaje de humedad para Pinus Pseudostrobus durante el tiempo de ataque de las Termitas.



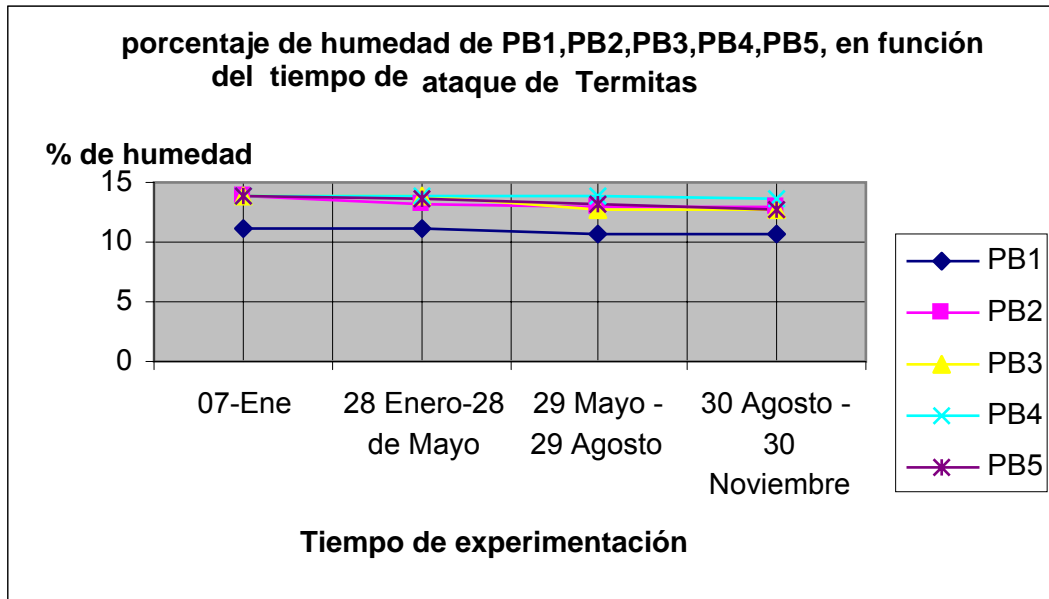
Fuente: Análisis experimental

Figura 46. Porcentaje de humedad para Pinus Pseudostrobus tratado (Blanco) durante el tiempo de ataque de las Termitas.



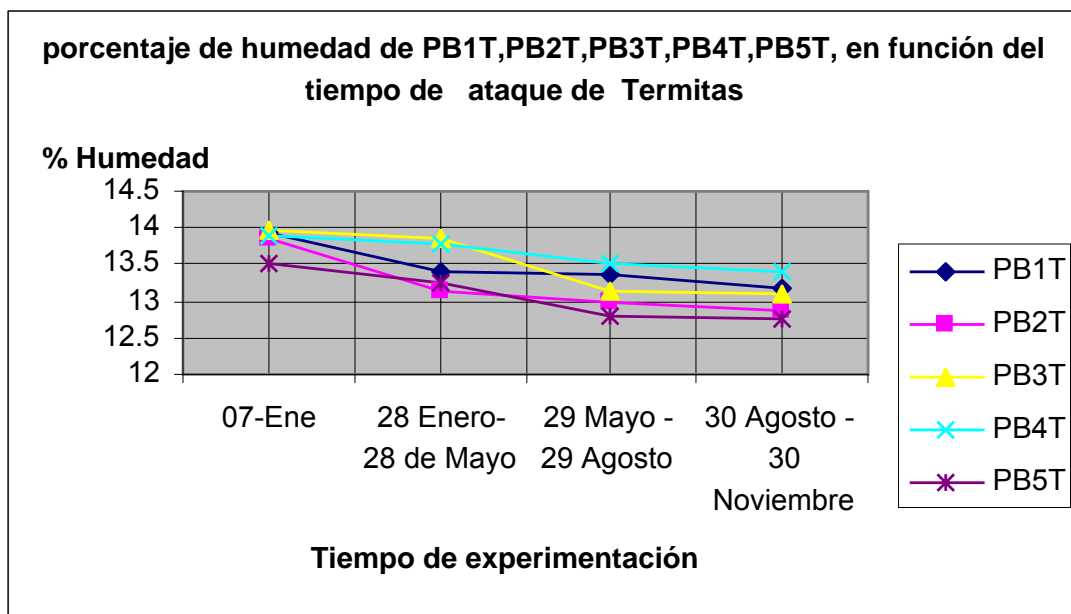
Fuente: Análisis experimental

Figura 47. Porcentaje de humedad para Palo Blanco durante el tiempo de ataque de las Termitas.



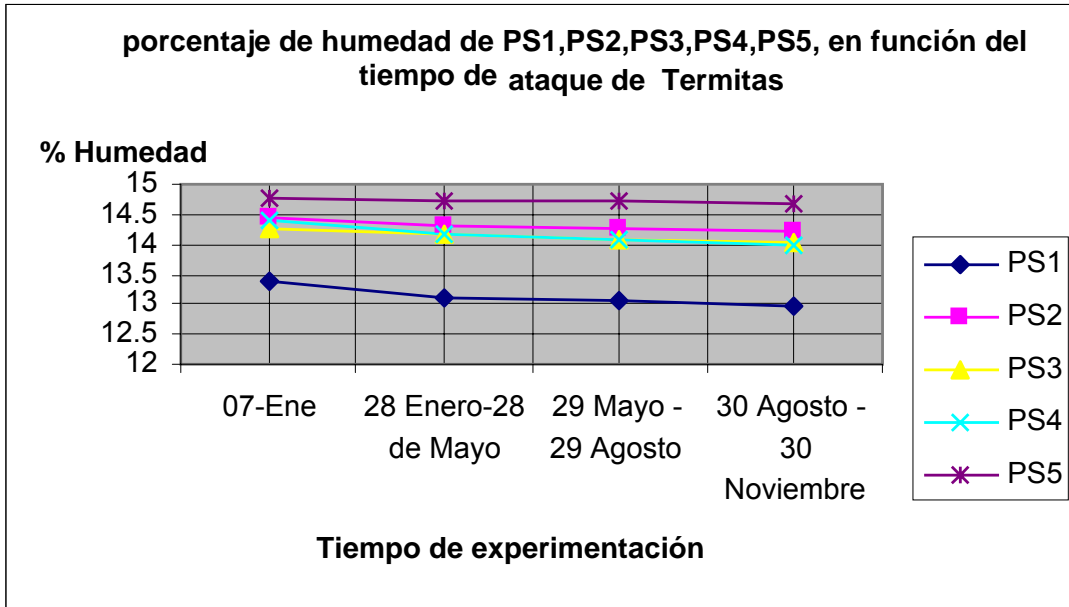
Fuente: Análisis experimental

Figura 48. Porcentaje de humedad para Palo Blanco tratado (Blanco) Durante el tiempo de ataque de las Termitas.



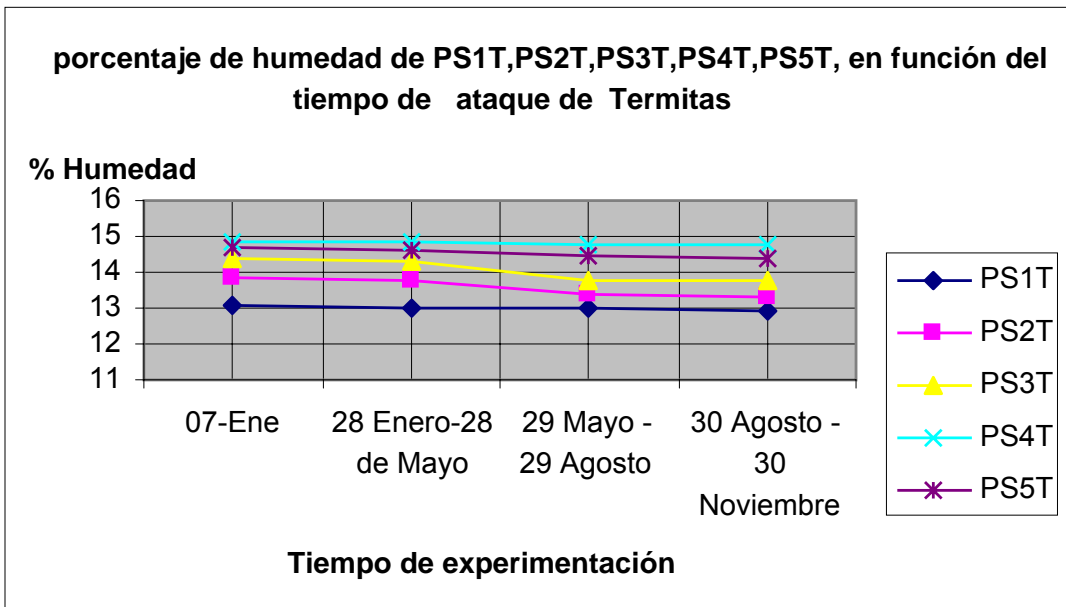
Fuente: Análisis experimental

Figura 49. Porcentaje de humedad para Palo Sangre durante el tiempo de ataque de las Termitas.



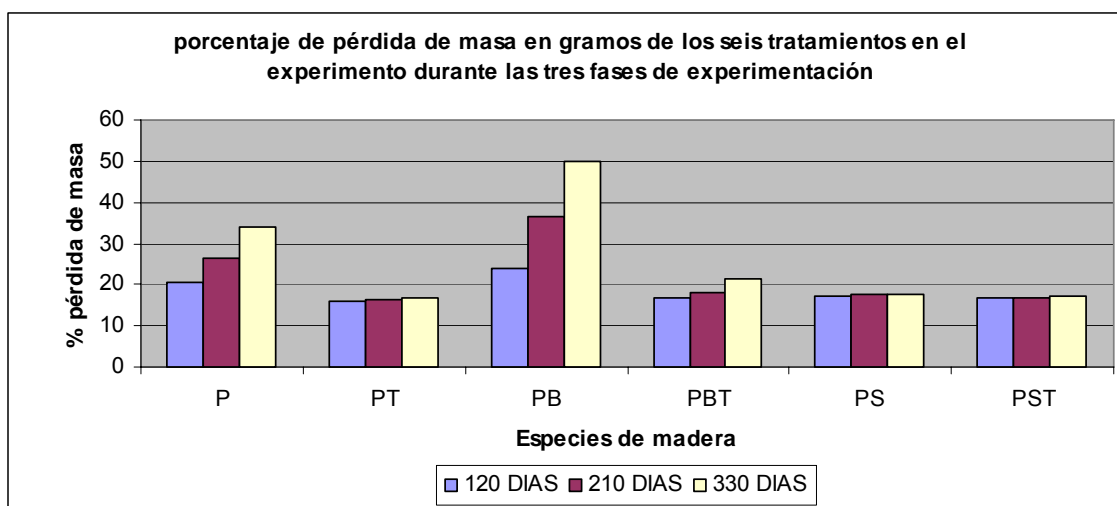
Fuente: Análisis experimental

Figura 50. Porcentaje de humedad para Palo Sangre tratado (Blanco) Durante el tiempo de ataque de las Termitas.



Fuente: Análisis experimental

Figura 51. Pérdida de masa de todos los tratamientos durante las tres fases de experimentación.



Fuente: Análisis experimental

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La existencia de preferencias alimenticias en pruebas de selección con diferentes maderas, ha sido demostrada en condiciones de campo y laboratorio, tanto con termitas subterráneas, como con termitas de madera seca; y se atribuye principalmente a la presencia de extractivos tóxicos o repelentes a estos organismos.

Para que dichas preferencias se manifiesten, las condiciones de sobrevivencia de las termitas y la duración de la prueba deben ser adecuadas. La naturaleza de las pruebas aquí empleadas, así como la infestación de las cajas, sugieren que las condiciones de sobrevivencia de las termitas fue satisfactorio. Considerando el ataque sobre la madera de referencia, la duración de la prueba se extendió mucho tiempo, mas de los tres meses que exigía la norma, esto se debió a varios factores como principal, la sobrevivencia de las termitas así como la recaudación de estas y los análisis de peso de las probetas durante el tiempo para que estos fueran representativos.

La progresiva alteración de la anatomía de la madera, producto del ataque afecta sus características físicas, químicas y mecánicas, consecuentemente es esperable un comportamiento diferencial respecto de la retención de humedad que esta pueda presentar. En igualdad de condiciones ambientales las tres especies de madera investigadas demostraron retener menor cantidad de agua en su seno cuanto más atacada estuviese.

Tabla XIII. Pérdida porcentual de humedad en las tres especies de maderas experimentales.

	Inicio	120 días	210 días	330 días
Pino 1	13.767091	13.24937028	13.0887185	12.9900527
Palo Blanco 1	11.1276701	10.70831009	9.36329588	8.9347079
Palo Sangre 1	13.3802817	13.11914324	13.059034	12.987013

Fuente: Análisis experimental

En la Tabla XIII, podemos apreciar la pérdida de humedad porcentual en uno de los 6 tratamientos de las maderas, los otros resultados los podemos observar en la tabla VIII

Los niveles de contenido de humedad promedio en madera para cada momento de evaluación fueron de 0.276 g. al inicio, 0.271 g. a los 120 días, 0.257 g. a los 210 días y 0.251 g. a los 330 días, para las muestras de pino y pino tratado. Los demás datos se pueden observar en la tabla VIII. Toda la experimentación se trabajó con una humedad relativa de entre 74 – 78% de humedad relativa y una temperatura de entre 20 a 28 grados centígrados, como variables no controladas.

Después de 13 meses de exposición en el campo, el desarrollo de las pruebas de laboratorio, pueden considerarse satisfactorias. Las termitas presentes fueron identificadas como (*Heterotermes sp*). Los recipientes donde se encontraban las probetas cumplieron el objetivo para el cual fueron diseñados, pues constituyeron una excelente vía de acceso para las termitas, numerosos tramos presentaron galerías y un buen número de éstos quedaron reducidos a las capas de madera más externas y otros fueron totalmente destruidos. La tasa de mortalidad de termitas se tuvo en promedio 37.48 g. Durante toda la experimentación, a los 220 días se notó una mejora gradual en la supervivencia de las termitas, logrando establecer un hábitat para ellas, fue notorio en que maderas se mantenían las termitas con mayor afluencia, en las

figuras 53 – 56, se ilustra la clasificación que se les dio a las maderas por su resistencia, y en las 3 pruebas hubo una clara preferencia por la madera de Palo blanco.

Puesto que en condiciones de campo no es posible controlar el número de organismos en cada prueba, sería necesario manipular su duración. Para lo cual es muy importante contar con una madera susceptible. Los resultados sugieren, que la duración de la prueba debe darse hasta que la madera visualmente o por cálculos de pérdida de masa alcance el máximo daño, según algunos investigadores venezolanos y chilenos como Ing. Néstor Mora.

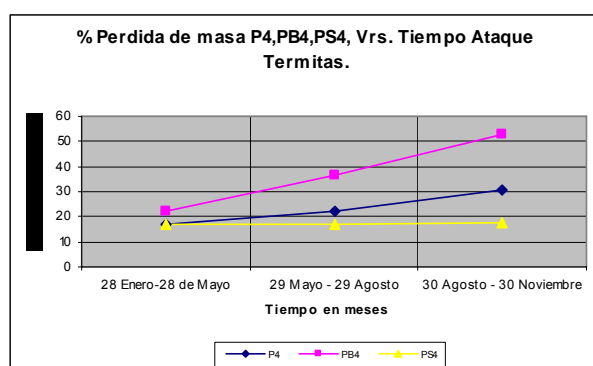
No obstante que existe variabilidad en el grado de ataque para algunas especies por las causas antes mencionadas, es posible ofrecer órdenes de resistencia para las maderas estudiadas. Los resultados permiten señalar de manera preliminar que de las maderas estudiadas, el duramen de las *Swartzia cubensis* (Britt & Willson) Standl. (LLORA SANGRE), es mas resistente al ataque de *Heterotermes* sp. que el de las especie *Pseudostrobus Lindl.* (PINO TRISTE), *Cybistax donnell-smithii* (Rose) Seibert. (PALO BLANCO) .

Las pruebas I, II y III cumplieron con los criterios de la metodología. Para estas pruebas el análisis de varianza confirmó que existen diferencias significativas en la resistencia de las maderas a las termitas (Tabla .XIV). y por medio de las pruebas de comparación de medias de Duncan se estableció que entre algunos tratamientos no existen diferencias significativas, (Tabla XV).

En las pruebas I, II y III la madera de *Cybistax donnell-smithii* (Rose) Seibert. (PALO BLANCO) fue la que experimentó el mayor ataque en comparación a las otras maderas. Como se puede observar en la figura 15, que corresponde al tratamiento No. 4, 14 y 24, que se encuentra en la prueba No.II

y III respectivamente, en las figuras de la 13 a la 18 se demuestra la misma tendencia. Estas gráficas corresponden a la comparación de pérdida de peso de las tres especies al natural (sin tratamiento), que demuestra la resistencia natural de cada una de ellas a lo largo de la experimentación.

Figura 27. Porcentaje de pérdida de masa para P4,PB4,PS4 vrs. en función del tiempo de ataque de Termitas.



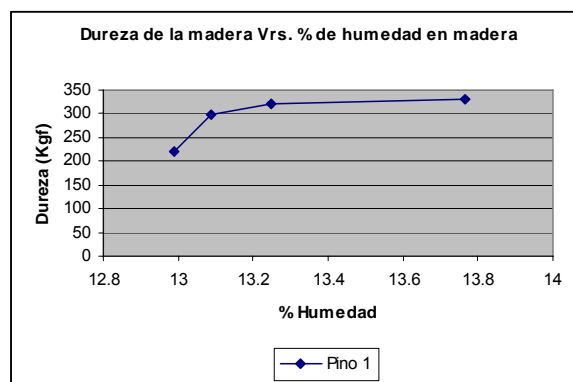
Fuente: Análisis experimental

En la prueba II Y III, PB3 Y PB4, respectivamente fueron las que experimentaron mayor ataque, los bloques de esta madera fueron totalmente destruidos, (pero en la prueba I sufrió un daño menor (Tabla XI). En promedio dicha madera fue clasificada como No resistente Según Mora (Tabla I), clase “D”, lo cual concuerda con nuestras observaciones previas. Cinco repeticiones de las maderas se evaluaron en otras dos pruebas, para determinar si los resultados eran reproducibles. *Pinus Pseudostrobus Lindl.* (PINO TRISTE), *Cybistax donnell-smithii (Rose) Seibert.* (PALO BLANCO), *Swartzia cubensis (Britt & Willson) Standl.* (LLORA SANGRE), presentaron valores similares en ambas pruebas (Tabla XI). La especie *Pseudostrobus Lindl.* fue clasificada como moderadamente resistente, Clase “C” teniendo un 26.94% de promedio en pérdida de masa, mientras que la prueba testigo (blanco) para esta especie se clasificó como Resistente, Clase “B” teniendo un 16.36% de promedio en pérdida de masa. (Tabla X). La especie de *Cybistax donnell-smithii (Rose)*

Seibert, fue clasificada como No Resistente, Clase “D” teniendo un 36.74% en promedio de pérdida de masa (Tabla X), su respectivo testigo (Blanco) presentó un 18.83% en promedio de pérdida de masa, (Tabla .X) , que es un poco mayor en comparación a los testigos de las otras dos especies, sin embargo se clasificó como Resistente, en la prueba I la PBT1 presentó un 23.34% de pérdida de masa pudiéndose clasificar a esta en particular como Moderadamente Resistente.(Tabla X),

A medida que la humedad en las tres especies disminuye se observó que la dureza también lo hace proporcionalmente, este fue otro factor importante en la determinación de pérdida I de masa. La madera entre mas dura sea, es mas difícil de penetrar por la termita, Llegando solamente a dañar parte del Cambium de la madera. (Figura 52), cuando la humedad en la madera se retiene disminuye la dureza afectando notablemente la resistencia natural de la albura en el tronco. Como se puede observar en la figura 34 Se compara la humedad del tratamiento P1 con su dureza en (Kgf) durante la experimentación, vale la pena hacer notar que la tendencia para todos los demás tratamientos fueron exactamente los mismos. Observar tabla XII.

Figura 52. Dureza de P1 vs. % de humedad de P1, durante toda la experimentación.



Fuente: Análisis experimental

En las pruebas I, II y III la madera de *Swartzia cubensis* (Britt & Willson) Standl. (LLORA SANGRE), fue clasificada como Resistente, Clase "C" teniendo un 17.44 % de pérdida de masa promedio, su respectivo testigo (blanco) presentó un 16.86% de pérdida de masa en promedio al final de la experimentación, que es menor en comparación a los testigos de las otras dos especies, sin embargo a todos los testigos de las distintas especies se les clasificó como Resistente, Clase "C" ya que todas estuvieron dentro de los rangos de la tabla I. En la prueba I la PST1 presentó un 15.39% (ver Tabla XII) de pérdida de masa que fue la menos atacada de todas las maderas. Esto fue debido a varios factores pero entre los más importantes se puede decir que ésta es la más dura entre las especies experimentadas (ver Tabla XII), la dureza del palo sangre se vio afectada durante la experimentación en un 21% (ver Tabla XII) con respecto a su dureza inicial, en comparación a la dureza de las otras especies que tuvo una pérdida de dureza de hasta 39% con respecto a su dureza inicial. Según los estudios de esta madera que aparecen en la descripción de la especie se tiene que la mayor parte de sus químicos naturales se encuentran en parte más exterior de la albura, y la densidad de esta madera es mayor que las de las otras especies en estudio. Dentro de los estudios realizados por profesionales del INAB se describe que esta madera es la más resistente en comparación con las otras especies, y se confirman dichos resultados en este trabajo. Dentro de las comparaciones múltiples de Duncan se determina que NO existe diferencia significativa en: PS. Vrs PT, PS. Vrs. PST, PST. Vrs. PT. y se podría decir que las maderas tratadas con Pentaclorofenol tienen un comportamiento igual en resistencia natural en comparación con la madera de la especie llora sangre. Tabla XV

Los resultados obtenidos después de la impregnación del químico preservante en las maderas fue bastante bueno. Se usó como preservante químico el pentaclorofenol que según estudios de la Inga. Claudia Vivas es el

más eficiente como preservante. A raíz de la utilización del preservante, las maderas no son atacadas directamente por las termitas, por lo que el contenido de humedad y dureza natural no se ve afectado, según los estudios realizados en este trabajo. La mayoría de las maderas tratadas químicamente arrojó datos muy parecidos a la madera de Palo Sangre sin tratar, es por eso que los resultados en las comparaciones de medias de Duncan aparece que no existen diferencias significativas entre: PS. Vrs PT, PS. Vrs. PST, PST. Vrs. PT (ver tabla XV)

CONCLUSIONES

1. El orden decreciente de resistencia natural de las especies estudiadas es: Palo Sangre › Pino Triste › Palo Blanco.
2. El análisis Post-Anova determinó la no existencia de diferencias significativas en la resistencia natural de las tres especies estudiadas.
3. Con base al criterio del profesor Néstor Mora, la clasificación de resistencia natural decreciente de las especies estudiadas es Palo Sangre “B”, Pino Triste “C” y Palo Blanco “C”.
4. La confiabilidad de los resultados obtenidos del presente estudio están respaldados por la aplicación de la norma ASTM3345-74.

RECOMENDACIONES

1. Para conocer la tasa real de pérdida de masa de la madera provocada por estos insectos, se recomienda hacer estudios de la composición química de la madera residual, con el objetivo de determinar las pérdidas exactas de lignina, celulosa.
2. Hacer este estudio con otros niveles de las variables analizadas, es decir, diferentes temperaturas, contenidos de humedad inicial de la madera, etc., con el fin de conocer el comportamiento de las termitas en rangos más amplios de estas variables.
3. Aislar bien el lugar en donde se va a hacer la experimentación, regularmente las termitas tratan de salir del recipiente cuando no se acomodan al hábitat en el que se encuentran. Poner los recipientes en donde se encuentran las probetas dentro de otro recipiente más grande y con agua para evitar una infestación de termitas en los alrededores.
4. Hacer estudios en campo con mayor tiempo de ataque por parte de las termitas.
5. Dentro de los recipientes con probetas es bueno agregar partes del termitero natural de donde se extrajeron las termitas con el fin de que las termitas se vayan acomodando al nuevo sistema.
6. Observar constantemente humedad, temperatura, tasa de mortandad de termitas en los recipientes que contienen las probetas de maderas.

7. Se debe impregnar moderadamente el químico preservante en las maderas como establece la norma, de lo contrario este químico mata directamente a las termitas.

8. La temperatura del horno debe manejarse adecuadamente, según lo establecido, ya que de lo contrario cuando las probetas sean ingresadas para extraer la humedad, pueden ser extraídos los químicos preservantes naturales de las maderas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANNUAL Book of ASTM standards. U.S.A. 1992. Volumen 0404. Sección
2. Beal, R.H. 1976. *Resistance of tropical woods to subterranean termites*. Pp. 67-74. In: J.D. Bultman, ed. Proceedings of a Workshop on the Biodeterioration of Tropical Woods: Chemical Basis for Natural resistance. Naval Res. Lab. Dep. Of The Navy. 2 Washington, D.C.
3. Carter, F. L. y R.H. Beal. 1982. *Termite responses to susceptible pine wood treated with antitermitic wood extracts*. The International Journal of Wood Preservation 2:185-191
4. Carter, F. L., R.H. Beal y J.D. Bultman. 1975. *Extraction of antitermitic substances from 23 tropical hardwoods*. Wood Science 8: 406- 410.
5. Carter, F.L. y C.R.R. Camargo. 1983. *Testing antitermitic properties of Brazilian Woods and extracts*. Wood and Fiber Science 15:350-357. Carter, F.L. y R.V. Smythe. 1974. *Feeding and survival responses of **Reticulitermes flavipes** (Kollar) to extractives of wood from 11 coniferous genera*. Holzforschung 28: 41-45
6. Eaton, y Hale. **Wood decay pest and protection**. U.S.A.: Chapman and Hall1993. p. 257-271.
7. Ebeling, W. 1968. *Termites. Identification, biology and control of termites attacking buildings*. University of California, Division of Agricultural Sciences. Manual 38. EUA. Howick, C.D. y J.W. Creffield. 1983. *A rapid field bioassay group on wood preservation*. IRG/WP Document 1188.

8. Hibitts, John. **Daños causados por termitas y hongos en la madera de construcción**. Guatemala: Litio Arte, sa. P. 12-32.
9. Mendenhall, W. 1982. *Introducción a la probabilidad y estadística*. Wadsworth International/Iberoamérica. Belmont, CA. EUA. Novelo, R. A. 1978. *La vegetación de la Estación Biológica El Morro de la Mancha, Veracruz*. *Biótica* 3:9-23.
10. Montgomery, Douglas. **Diseño y análisis de experimentos**. México: Ibero América, 1991. (4): 56-72.
11. Pérez M., V., G. Bárcenas P. y R. Echenique M. 1981. *Prevención y control de daño por termitas en estructuras con madera*. La Madera y su Uso en la Construcción No. 7, INIREBLACITEMA, Xalapa, Ver.
12. Pérez M., V. y R. Echenique M. 1983. *Zonas en México donde se presentan termitas que dañan estructuras*. Reporte final de actividades presentado al Fondo de Operaciones de Descuento Bancario a la Vivienda (FOVI), Banco de México.
13. Rust, M.K. y D.A. Reiersen. 1977. *Using wood extracts to determine the feeding preferences of the western drywood termite **Incisitermes minor** (agen)*. *Journal of Chemical Ecology* 3:391-399.
14. Scheffrahn, R.H. 1991. *Allelochemical resistance of wood to termites*. *Sociobiology* 19(1): 257-281.}

BIBLIOGRAFÍA

1. PEREZ M., V., G. Segura W. y J.L. Brunhuber M. 1984. *Resistencia natural de 18 especies de maderas mexicanas contra el ataque de termitas de madera seca, **Cryptotermes bervis**, Walker (Kalotermitidae, Isóptera)*. I Congreso Mexicano de Patología Forestal, 26-29 Septiembre de 1984, Durango, Dgo. México.
2. MALDONADO Ordóñez, Oscar Armando. 1969 Estudio comparativo de la durabilidad de cinco especies de maderas del Petén, Guatemala, y determinación de la concentración óptima de soluciones de pentaclorofenol para su tratamiento. Trabajo de graduación de Ingeniero Químico de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
3. WILLIAMS, R.M.C. 1973 *Evaluation of field and laboratory methods for testing termite resistance of timber and building material in Ghana, with relevant biological studies*. Centre for Overseas Pest Research, Tropical Pest Bulletin 3. Londres.
4. Williams, R.M.C. 1980. *A visit to Mexico to advise on the termite research program at INIREB (LACITEMA) Xalapa, Veracruz, 7-29 November 1980* Report CVR/81/5. Manuscript of limited distribution. Centre for Overseas Pest Research. Londres.

APÉNDICE

Tabla XIV “ resultados de ANOVA”

Fuente de variacion	Sum a de Cuadrados	Grados de Libertad	Media de Cuadrados	F o
Clases de maderas	44 17.47	5	883.49	191.53
Error	110.71	24	4.61	
Total	4528.18	29		

Fuente: Análisis experimental

El análisis de varianza se resume en la tabla, hay que notar que la media de cuadrados entre tratamientos (883.49) es mucho mayor que la media de cuadrados dentro del tratamiento (4.61). Esto indica que es improbable que las medias de tratamientos sean iguales. Mas formalmente es posible calcular F, o sea $F_o = 883.498/4.61 = 191.53$ y compararla con $F_{\infty} 5,24$, como $F_{01,5,24} = 3.90$. Ver tabla libro Montgomery. Por lo que debe rechazarse Hoy concluir que las medias de tratamientos difieren, en otras palabras, el tipo de madera y la preservación química de las probetas afectan significativamente su resistencia natural media.

Se aplica la prueba de intervalos múltiples de Duncan a los datos anteriormente calculados, hay que recordar que el error $Mse = 4.61$, $N=30$ $n=5$, y que el error tiene 24 grados de libertad. Organizando los promedios de tratamiento en orden ascendente se tiene:

Y4=	16.85
Y6=	17.06
Y3=	17.64
Y5=	21.53
Y1=	33.82
Y2=	49.85

El error estándar de cada promedio es $S_{yi} = \sqrt{(4.61/5)} = 0.96$ usando la Tabla VII del apéndice del libro de Montgomery , $\alpha = 0.05$ para 24 grados de libertad no hay, interpolamos entre 20 y 30 grados de libertad y se tienen los siguientes datos $r_{0.05}(2,24) = 2.90$, $r_{0.05}(3,24) = 3.05$, $r_{0.05}(4,24) = 3.14$, $r_{0.05}(5,24) = 3.22$, $r_{0.05}(6,24) = 3.26$, $r_{0.05}(7,24) = 3.30$, así los rangos mínimos significativos son:

R2=	2.90 - 0.96 =	2.78
R3=	3.05 - 0.96 =	2.93
R4=	3.14 - 0.96 =	3.01
R5=	3.22 - 0.96 =	3.09
R6=	3.26 - 0.96 =	3.13

En la siguiente tabla se muestra la comparación de medias entre todos los tratamientos del experimento.

Tabla XV. Análisis de comparación de tratamientos

Palo Blanco Vrs. Pino Tratado	Y2 Vrs. Y4 =	49.85	16.85	33	>	3.13(R6)
Palo Blanco Vrs. Palo Sangre Tratado	Y2 Vrs. Y6 =	49.85	17.06	32.79	>	3.09(R5)
Palo Blanco Vrs. Palo Sangre	Y2 Vrs. Y3 =	49.85	17.64	32.21	>	3.01(R4)
Palo Blanco Vrs. Palo Blanco Tratado	Y2 Vrs. Y5 =	49.85	21.53	28.32	>	2.93(R3)
Palo Blanco Vrs. Pino	Y2 Vrs. Y1 =	49.85	33.82	16.03	>	2.78(R2)
Pino Vrs. Pino Tratado	Y1 Vrs. Y4 =	33.82	16.85	16.97	>	3.09(R5)
Pino Vrs. Palo Sangre Tratado	Y1 Vrs. Y6 =	33.82	17.06	16.76	>	3.01(R4)
Pino Vrs. Palo Sangre	Y1 Vrs. Y3 =	33.82	17.64	16.18	>	2.93(R3)
Pino Vrs. Palo blanco Tratado	Y1 Vrs. Y5 =	33.82	21.53	12.29	>	2.78(R2)
Palo Blanco Tratado Vrs. Pino Tratado	Y5 Vrs. Y4 =	21.53	16.85	4.68	>	3.01(R4)
Palo Blanco Tratado Vrs. Palo Sangre Tratado	Y5 Vrs. Y6 =	21.53	17.06	4.47	>	2.93(R3)
Palo Blanco Tratado Vrs. Palo Sangre	Y5 Vrs. Y3 =	21.53	17.64	3.89	>	2.78(R2)
Palo Sangre Vrs. Pino Tratado	Y3 Vrs. Y4 =	17.64	16.85	0.79	<	2.93(R3)
Palo Sangre Vrs. Palo Sangre Tratado	Y3 Vrs. Y6 =	17.64	17.06	0.58	<	2.78(R2)
Palo Sangre Tratado Vrs. Pino Tratado	Y6 Vrs. Y4 =	17.06	16.85	0.21	<	2.78(R2)

Fuente: Análisis experimental

A partir de este análisis se observa que existe diferencia significativa entre todas las parejas de medias excepto entre las que están de color en el cuadro.

ANEXOS

Figura 53. Clasificación de las maderas en las pruebas I, II, III, según tabla I.

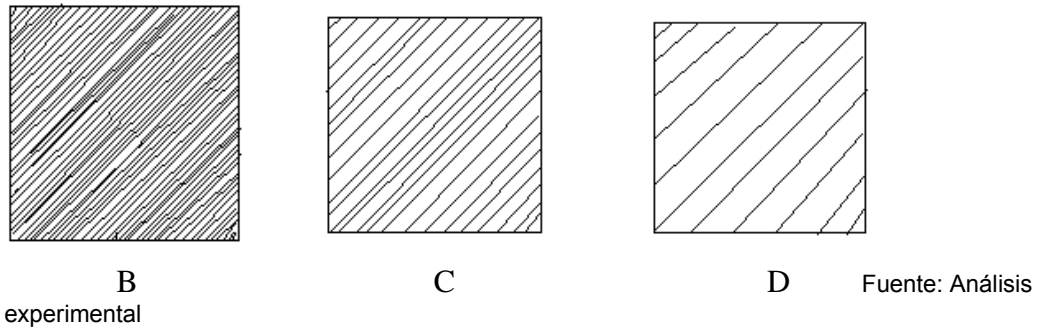
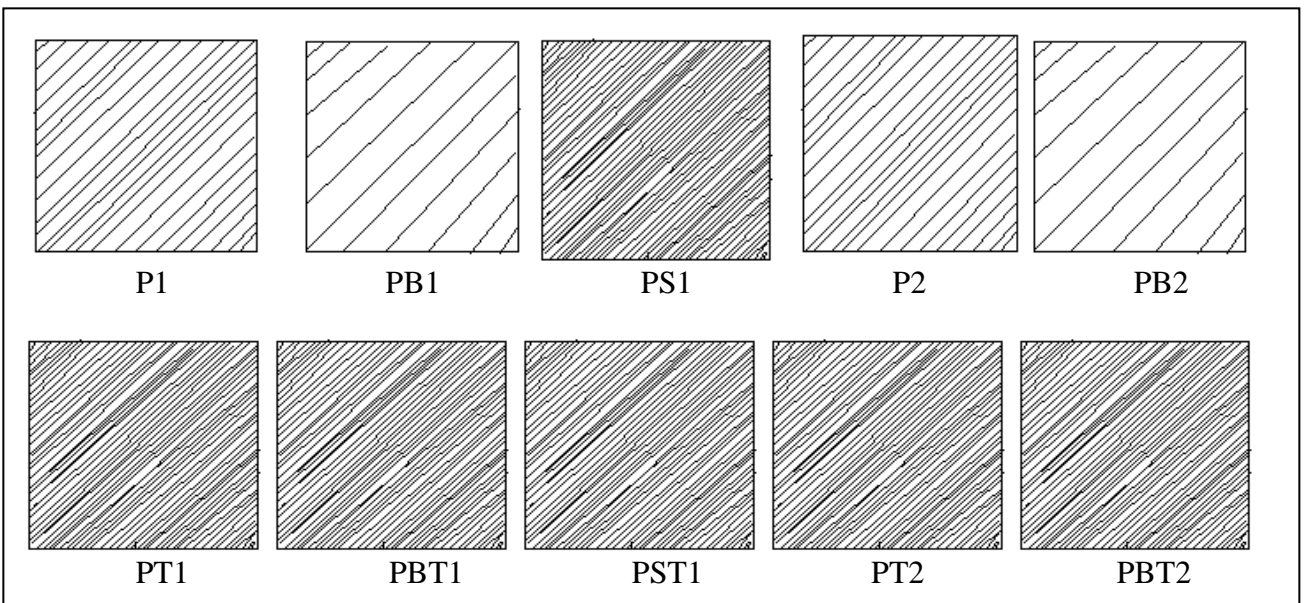
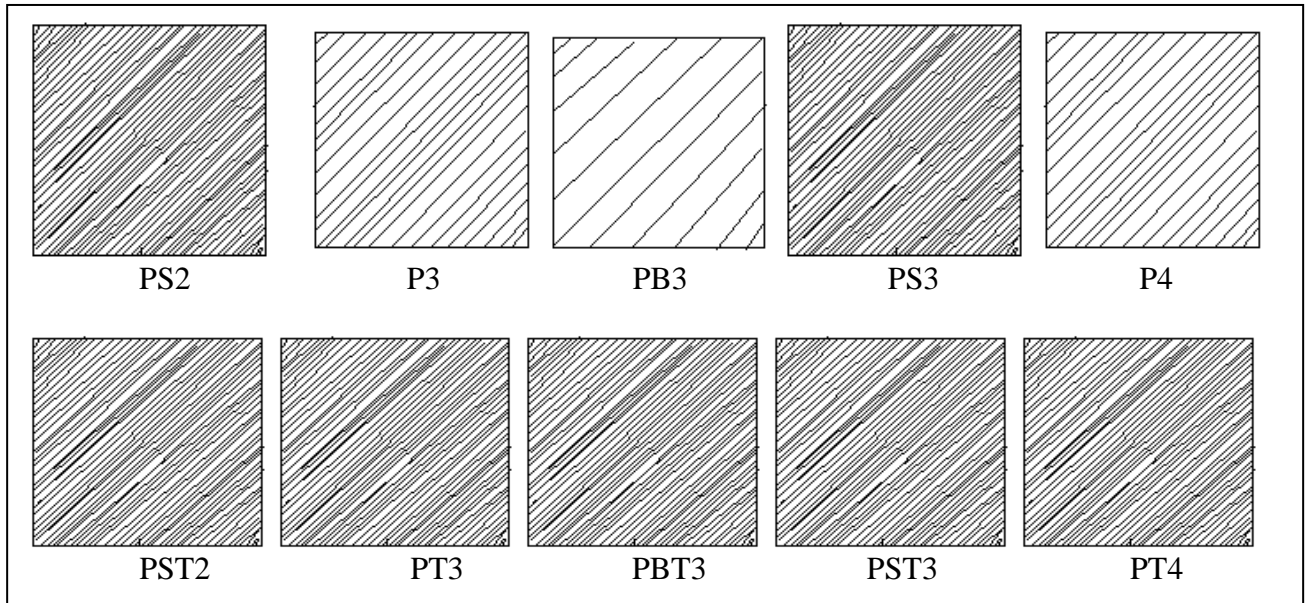


Figura 54. Clasificación de maderas en prueba I



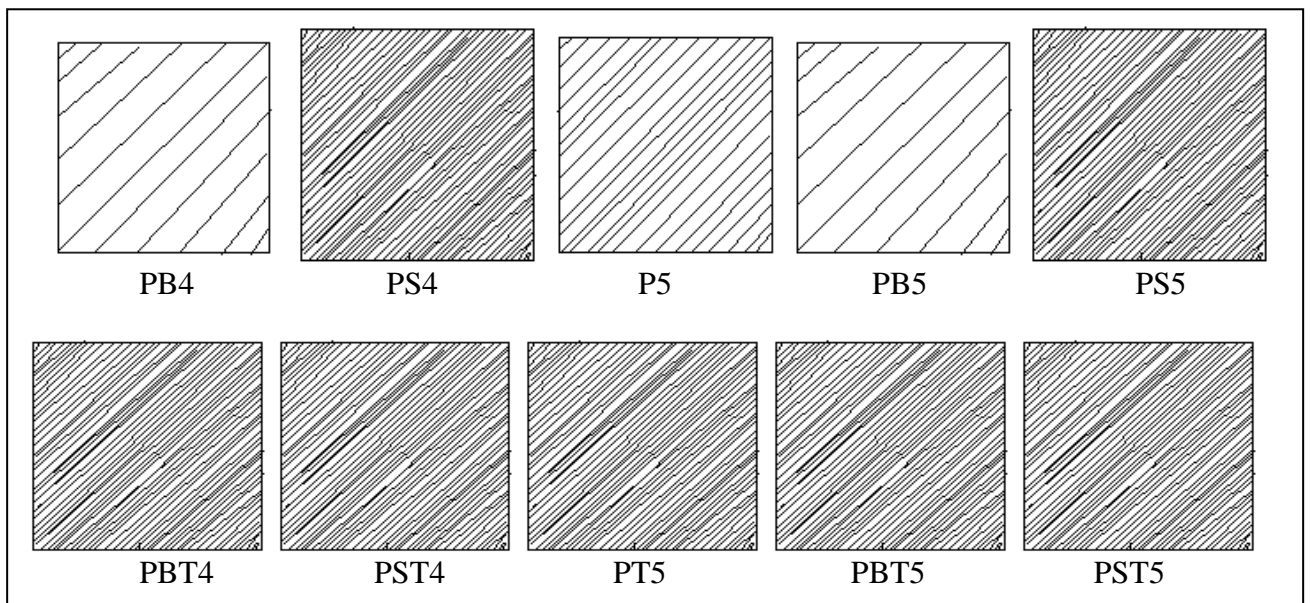
Fuente: Análisis experimental

Figura 55. Clasificación de maderas en prueba II



Fuente: Análisis experimental

Figura 56. Clasificación de las maderas en prueba III



Fuente: Análisis experimental