

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**



**EFICACIA DE DOS COMPUESTOS BÓRICOS EN  
LA PRESERVACIÓN DE MADERA DE *Pinus  
oocarpa* PROVENIENTE DE UNA  
PLANTACIÓN EN OXAPAMPA - PERÚ**

Presentado por:

**Douglas Alejandro Farje Morote**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO FORESTAL

---

Lima - Perú  
2018

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para calificar la sustentación del Trabajo de Tesis, presentado por el ex-alumno de la Facultad de Ciencias Forestales, Bach.

**DOUGLAS ALEJANDRO FARJE MOROTE**, intitulado “EFICACIA DE DOS COMPUESTOS BÓRICOS EN LA PRESERVACIÓN DE MADERA DE *PINUS OOCARPA* PROVENIENTE DE UNA PLANTACIÓN EN OXAPAMPA - PERÚ”.

Oídas las respuestas a las observaciones formuladas, lo declaramos:

.....

con el calificativo de .....

En consecuencia queda en condición de ser considerado APTO y recibir el título de INGENIERO FORESTAL.

La Molina, 7 de agosto de 2017

.....  
Mg. Sc. Miguel Meléndez Cárdenas  
Presidente

.....  
Lic. Deysi Guzmán Loayza  
Miembro

.....  
Mg. Sc. Julio Canchucaya Rojas  
Miembro

Ing. Martín Araujo Flores  
Asesor

## *DEDICATORIA*

*A mi madre Violeta Morote Espinoza, gracias por todo el amor que me has dado desde el día en que nací, por tu apoyo incondicional, tus consejos en diferentes aspectos de mi vida, por enseñarme con el ejemplo, y por no alejarte de mí a pesar de mis errores.*

*A mis abuelos, Luis Morote Gamboa y Rosa Espinoza Hudson, por todo el amor que me dieron, por cuidarme, y darme una familia.*

*A mi tío Carlos Hernández Espinoza, por todo el cariño que me dio, todos los recuerdos alegres a su lado, por considerarme su hijo y por apoyarme en mis decisiones.*

*A mi tía Mery Valencia Mostajo, por su cariño, consejos, por apoyarme en mis decisiones y quererme como a un hijo.*

*A mi hijo Sebastian, por tu amor, por darme momentos de alegría, ayudarme a ser una mejor persona y demostrarme que podemos superar los momentos difíciles en la vida*

## AGRADECIMIENTOS

*Quiero expresar mi más sincero agradecimiento:*

*A los profesores Martín Araujo Flores (mi patrocinador) y Florencio Trujillo por el apoyo, orientación, consejos, paciencia y tiempo brindado para la realización de mi tesis.*

*A los profesores Miguel Meléndez Cárdenas, Julio Canchucaja, Deysi Guzmán Loayza y Enrique Gonzáles Mora, por compartir sus conocimientos y recomendaciones sobre el tema.*

*Al profesor Milo Bozovich Granados, por el apoyo, consejos y brindarme la información para acceder a la recolección de madera proveniente de una plantación en Oxapampa.*

*Al Sr. Orlando Medrano, por la donación de tablas de madera de la especie Pinus oocarpa.*

*Al Sr. Jaime Borja Navarro por su colaboración en la realización de los ensayos en los laboratorios de Preservación de la Madera y Agentes destructores de la Madera.*

*A mi amigo, el Ing. Alvaro Guerra, por sus consejos, ayuda, paciencia y colaboración en las diferentes etapas de realización de mi tesis, gracias Alvarin.*

*A toda mi familia, por brindarme su apoyo, consejos y hacerme sentir querido por todos.*

*A todas aquellas personas que de manera directa o indirecta contribuyeron a la realización y término de esta investigación.*

## *RESUMEN*

Se determinó la eficacia del Octoborato de sodio y la mezcla de Ácido bórico y Bórax como preservantes para el control de termitas de madera seca *Cryptotermes brevis* (Walker, 1853) en el tratamiento de madera de *Pinus oocarpa* Schilde ex Schltdl proveniente de una plantación del distrito de Oxapampa, mediante las técnicas inmersión prolongada y de vacío-presión en autoclave. Utilizando como referencia la norma ASTM D 3345, se realizó una prueba de ingestión forzada con termitas a probetas impregnadas con ambos preservantes a diferentes retenciones. Los resultados mostraron que las maderas de albura y duramen de *P. oocarpa* son susceptibles al ataque de termitas de madera seca, y se determinó la retención límite tóxica para ambos preservantes, siendo esta de  $4\text{kg/m}^3$ . Además, se realizaron pruebas de preservación por vacío-presión en autoclave, empleando magnitudes de presión de 60, 90 y 120 PSI y tiempos de aplicación de la presión de 10, 20 y 30 minutos, encontrándose que en la madera de albura, todos los tratamientos fueron efectivos. Sin embargo, en la madera de duramen, los tratamientos efectivos fueron la mezcla de Ácido bórico-Bórax aplicada a la presión de 60 PSI durante 30 minutos, a las presiones de 90 y 120 PSI durante 10, 20 y 30 minutos y el Octoborato de sodio aplicado a la presión de 120 PSI durante 20 y 30 minutos. Así mismo, se realizaron pruebas de preservación por inmersión prolongada, empleando tiempos de inmersión de 2, 4, 8, 16, 32, 64 y 96 horas, encontrándose que el tiempo mínimo de inmersión necesario para lograr una retención de  $4\text{kg/m}^3$  en la madera de albura fue de 64 horas con ambos preservantes, en cambio para la madera de duramen, el tiempo mínimo de inmersión necesario fue de 96 horas, en ambos compuestos bóricos.

**Palabras claves:** Preservación, *Pinus oocarpa*, boro, comején

# ÍNDICE GENERAL

	Página
<b>I. Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>II. Revisión de Literatura</b> .....	<b>3</b>
<b>1. Descripción de la especie</b> .....	<b>3</b>
1.1. Características generales de la especie.....	3
1.2. Distribución geográfica ecológica.....	3
1.3. Características anatómicas y propiedades físicas.....	4
1.4. Composición química.....	5
1.5. Durabilidad natural.....	6
1.6. Usos.....	6
1.7. Antecedentes de plantaciones de <i>P. oocarpa</i> en el Perú.....	6
<b>2. Generalidades</b> .....	<b>8</b>
2.1. Durabilidad natural.....	8
2.2. Agentes destructores de la madera de origen biológico.....	10
2.2.1. Hongos.....	10
2.2.2. Agentes destructores de origen animal.....	11
2.3. Las termitas.....	11
2.3.1. Termitas de madera seca.....	18
2.4. Métodos de preservación de la madera.....	22
2.4.1. Métodos de tratamientos sin presión.....	23
2.4.2. Métodos de tratamiento con presión.....	24
2.5. Preservantes de madera.....	25
2.5.1. Preservantes bóricos.....	26
<b>3. Antecedentes en preservación con compuestos bóricos</b> .....	<b>28</b>
<b>III. Materiales y Métodos</b> .....	<b>31</b>
<b>1. Lugar de ejecución</b> .....	<b>31</b>
<b>2. Madera</b> .....	<b>31</b>
<b>3. Preservante</b> .....	<b>32</b>
<b>4. Reactivos</b> .....	<b>32</b>
<b>5. Termitas</b> .....	<b>32</b>
<b>6. Equipos y herramientas</b> .....	<b>32</b>
<b>7. Metodología y procedimiento</b> .....	<b>33</b>
7.1. Procedimiento.....	33
7.1.1. Ensayo de resistencia al ataque de termitas de madera seca.....	36
7.1.2. Ensayo de valor eficaz para los preservantes en prueba.....	38
7.1.3. Ensayo de preservación por vacío-presión.....	41
7.1.4. Ensayo de preservación por inmersión prolongada.....	45
7.2. Análisis estadístico.....	48
7.2.1. Para el ensayo de resistencia al ataque de termitas de madera seca.....	48
7.2.2. Para el ensayo de valor eficaz de los preservantes en prueba.....	48
7.2.3. Para el ensayo de preservación por vacío-presión.....	49
7.2.4. Para el ensayo de preservación por inmersión prolongada.....	50
<b>IV. Resultados y discusión</b> .....	<b>53</b>
<b>1. Ensayo de resistencia al ataque de termitas de madera seca</b> .....	<b>53</b>
<b>2. Ensayo de valor eficaz para los preservantes en prueba</b> .....	<b>56</b>
<b>3. Ensayo de preservación por vacío-presión</b> .....	<b>64</b>
<b>4. Ensayo de preservación por inmersión prolongada</b> .....	<b>75</b>

<b>5. Análisis estadístico de los resultados.</b> .....	<b>83</b>
5.1. Análisis estadístico del ensayo de resistencia al ataque de termitas de madera seca.	83
5.2. Análisis estadístico del ensayo de valor eficaz para los preservantes en prueba. ....	84
5.3. Análisis estadístico del ensayo de preservación por vacío-presión.....	86
5.3.1. Para madera de albura.....	86
5.3.2. Para madera de duramen.....	89
5.4. Análisis estadístico del ensayo de preservación por inmersión prolongada. ....	92
5.4.1. Para madera de albura.....	92
5.4.2. Para madera de duramen.....	94
<b>V. Conclusiones</b> .....	<b>97</b>
<b>VI. Recomendaciones</b> .....	<b>99</b>
<b>VII. Referencias bibliográficas</b> .....	<b>101</b>
<b>VIII. Anexos</b> .....	<b>111</b>

## Índice de tablas

	Página
Tabla 1:	Propiedades físicas de la especie <i>P. oocarpa</i> ..... 5
Tabla 2:	Composición química de la especie <i>P. oocarpa</i> ..... 5
Tabla 3:	Clasificación de la madera basada en los daños ocasionados por el ataque de termitas. .... 37
Tabla 4:	Categorías de clasificación para la mortalidad de termitas. .... 37
Tabla 5:	Combinaciones de concentración y tiempo de inmersión para obtener las retenciones deseadas para el ensayo de valor eficaz ..... 39
Tabla 6:	Diseño experimental para el ensayo de valor eficaz utilizando termitas de madera seca ..... 41
Tabla 7:	Composición de los compuestos bóricos..... 42
Tabla 8:	Diseño experimental para el ensayo de preservación por vacío- presión ..... 43
Tabla 9:	Diseño experimental para el ensayo de preservación por inmersión prolongada 47
Tabla 10:	Tratamientos para la prueba estadística del ensayo de preservación por vacío- presión..... 50
Tabla 11:	Tratamientos para la prueba estadística del ensayo de preservación por inmersión prolongada ..... 51
Tabla 12:	Daño ocasionado y mortalidad de termitas en probetas de albura y duramen de <i>P. oocarpa</i> . .... 53
Tabla 13:	Daño ocasionado en probetas de albura de <i>P. oocarpa</i> sin preservar e impregnadas con dos compuestos bóricos a diferentes retenciones. .... 57
Tabla 14:	Mortalidad de termitas en probetas de albura de <i>P. oocarpa</i> sin preservar e impregnadas con dos compuestos bóricos a diferentes retenciones. .... 59
Tabla 15:	Retención promedio de la mezcla de Ácido bórico-Bórax en madera de <i>P. oocarpa</i> por el método de preservación por vacío-presión..... 65
Tabla 16:	Retención promedio del Octoborato de sodio en madera de <i>P. oocarpa</i> por el método de preservación por vacío-presión..... 67
Tabla 17:	Penetración de los compuestos bóricos por el método de vacío-presión en madera de albura de <i>P. oocarpa</i> . .... 70
Tabla 18:	Penetración de los compuestos bóricos por el método de vacío-presión en madera de duramen de <i>P. oocarpa</i> . .... 71
Tabla 19:	Retención promedio de los compuestos bóricos por el método de preservación por inmersión prolongada en madera de <i>P. oocarpa</i> . .... 76
Tabla 20:	Penetración de los compuestos bóricos por el método de inmersión prolongada en madera de <i>P. oocarpa</i> . .... 79

Tabla 21:	Requisitos previos para el peso de termitas muertas del ensayo de valor eficaz de los preservantes en prueba.....	84
Tabla 22:	Análisis de variancia para el peso de termitas muertas del ensayo de valor eficaz de los preservantes en prueba.....	85
Tabla 23:	Prueba de Tukey para el ensayo de valor eficaz de los preservantes en prueba. .	86
Tabla 24:	Requisitos previos para la retención del ensayo de preservación por vacío-presión para madera de albura de <i>P. oocarpa</i> . ....	86
Tabla 25:	Análisis de variancia para la retención del ensayo de preservación por vacío-presión para madera de albura de <i>P. oocarpa</i> . ....	87
Tabla 26:	Prueba de Tukey del ensayo de preservación por vacío-presión para madera de albura de <i>P. oocarpa</i> . ....	88
Tabla 27:	Requisitos previos para la retención del ensayo de preservación por vacío-presión para madera de duramen de <i>P. oocarpa</i> . ....	89
Tabla 28:	Análisis de variancia para la retención del ensayo de preservación por vacío-presión para madera de duramen de <i>P. oocarpa</i> . ....	90
Tabla 29:	Prueba de Tukey del ensayo de preservación por vacío-presión para madera de duramen de <i>P. oocarpa</i> . ....	91
Tabla 30:	Requisitos previos para la retención del ensayo de preservación por inmersión prolongada para madera de albura de <i>P. oocarpa</i> . ....	92
Tabla 31:	Análisis de variancia para la retención del ensayo de preservación por inmersión prolongada para madera de albura de <i>P. oocarpa</i> .....	93
Tabla 32:	Prueba de Tukey para el ensayo de preservación por inmersión prolongada para madera de albura de <i>P. oocarpa</i> . ....	93
Tabla 33:	Requisitos previos para la retención del ensayo de preservación por inmersión prolongada para madera de duramen de <i>P. oocarpa</i> . ....	94
Tabla 34:	Análisis de variancia para la retención del ensayo de preservación por inmersión prolongada para madera de duramen de <i>P. oocarpa</i> . ....	95
Tabla 35:	Prueba de Tukey para el ensayo de preservación por inmersión prolongada para la madera de duramen de <i>P. oocarpa</i> . ....	95

## Índice de figuras

	Página
Figura 1: Colonia de <i>Cryptotermes brevis</i> . .....	14
Figura 2: Adulto reproductor alado de <i>Cryptotermes brevis</i> . .....	14
Figura 3: Viga con galerías de <i>Cryptotermes brevis</i> . .....	16
Figura 4: Ciclo de vida de <i>Cryptotermes brevis</i> . .....	19
Figura 5: Excremento de <i>Cryptotermes brevis</i> . .....	20
Figura 6: Vivienda dañada por el ataque de <i>Cryptotermes brevis</i> . .....	21
Figura 7: Tipos de penetración de preservante en la madera. .....	23
Figura 8: Diagrama de operaciones de los ensayos de preservación. ....	34
Figura 9: Diagrama de operaciones del ensayo de valor eficaz y resistencia al ataque de termitas de madera seca .....	35
Figura 10: Daño ocasionado en probetas de albura de <i>P. oocarpa</i> . .....	55
Figura 11: Daño ocasionado en probetas de duramen de <i>P. oocarpa</i> . .....	56
Figura 12: Daño ocasionado en probetas de albura de <i>P. oocarpa</i> sin preservar y con retención de 1 kg/m <sup>3</sup> de la mezcla de Ácido bórico-Bórax. ....	61
Figura 13: Daño ocasionado en probetas de albura de <i>P. oocarpa</i> con 2 y 3 kg/m <sup>3</sup> de retención de la mezcla de Ácido bórico-Bórax. ....	62
Figura 14: Daño ocasionado en probetas de albura de <i>P. oocarpa</i> con 4 kg/m <sup>3</sup> de retención de la mezcla de Ácido bórico-Bórax. ....	62
Figura 15: Daño ocasionado en probetas de albura de <i>P. oocarpa</i> sin preservar y con retención de 1 kg/m <sup>3</sup> de Octoborato de sodio. ....	63
Figura 16: Daño ocasionado en probetas de albura de <i>P. oocarpa</i> con 2 y 3 kg/m <sup>3</sup> de retención de Octoborato de sodio. ....	63
Figura 17: Daño ocasionado en probetas de albura de <i>P. oocarpa</i> con 4 kg/m <sup>3</sup> de retención de Octoborato de sodio. ....	64
Figura 18: Retención promedio de la mezcla de Ácido bórico-bórax en madera de <i>P. oocarpa</i> por el método de preservación por vacío-presión. ....	64
Figura 19: Retención promedio del Octoborato de sodio en madera de <i>P. oocarpa</i> por el método de preservación por vacío-presión. ....	66
Figura 20: Penetración de compuestos bóricos en madera de <i>P. oocarpa</i> impregnada por vacío-presión a 60 PSI. ....	72
Figura 21: Penetración de compuestos bóricos en madera de <i>P. oocarpa</i> impregnada por vacío-presión a 90 PSI. ....	73
Figura 22: Penetración de compuestos bóricos en madera de <i>P. oocarpa</i> impregnada por vacío-presión a 120 PSI. ....	74

Figura 23:	Retención promedio de los compuestos bóricos por el método de preservación por inmersión prolongada en madera de <i>P. oocarpa</i> . .....	75
Figura 24:	Penetración de compuestos bóricos en madera de <i>P. oocarpa</i> impregnada por el método de inmersión prolongada a 2, 4 y 8 horas.....	81
Figura 25:	Penetración de compuestos bóricos en madera de <i>P. oocarpa</i> impregnada por el método de inmersión prolongada a 16, 32 y 64 horas.....	82
Figura 26:	Penetración de compuestos bóricos en madera de <i>P. oocarpa</i> impregnada por el método de inmersión prolongada a 96 horas. ....	83

## Índice de anexos

	Página
Anexo 1	Valores de concentración de los compuestos bóricos y tiempos de inmersión para obtener diferentes retenciones en probetas de albura de <i>P. oocarpa</i> para el ensayo de valor eficaz. .... 111
Anexo 2	Probetas de albura de <i>P. oocarpa</i> preservadas con la mezcla de ácido bórico-bórax para obtener las diferentes retenciones a ser usadas en el ensayo de valor eficaz. .... 112
Anexo 3	Probetas de albura de <i>P. oocarpa</i> preservadas con octoborato de sodio para obtener las diferentes retenciones a ser usadas en el ensayo de valor eficaz. .... 114
Anexo 4	Daño ocasionado y mortalidad de <i>Cryptotermes brevis</i> en probetas de albura de <i>P. oocarpa</i> preservadas con la mezcla de ácido bórico-bórax a diferentes retenciones. .... 116
Anexo 5	Daño ocasionado y mortalidad de <i>Cryptotermes brevis</i> en probetas de albura de <i>P. oocarpa</i> preservadas con octoborato de sodio a diferentes retenciones.... 118
Anexo 6	Daño ocasionado y mortalidad de <i>Cryptotermes brevis</i> en probetas de duramen de <i>P. oocarpa</i> . .... 120
Anexo 7	Retención en probetas de albura y duramen de <i>P. oocarpa</i> utilizadas en el ensayo preliminar para el metodo de vacío-presión..... 121
Anexo 8	Retención en probetas de albura y duramen de <i>P. oocarpa</i> utilizadas en el ensayo preliminar para el metodo de inmersión prolongada. .... 122
Anexo 9	Retención y tipo de penetración de la mezcla de ácido bórico-bórax por el metodo de vacío-presión en probetas de albura de <i>P. oocarpa</i> . .... 123
Anexo 10	Retención y tipo de penetración de octoborato de sodio por el metodo de vacío-presión en probetas de albura de <i>P. oocarpa</i> . .... 125
Anexo 11	Retención y tipo de penetración de la mezcla de ácido bórico-bórax por el metodo de vacío-presión en probetas de duramen de <i>P. oocarpa</i> . .... 127
Anexo 12	Retención y tipo de penetración de octoborato de sodio por el metodo de vacío-presión en probetas de duramen de <i>P. oocarpa</i> . .... 129
Anexo 13	Retención y tipo de penetración de la mezcla de ácido bórico-bórax por el metodo inmersión prolongada en probetas de albura de <i>P. oocarpa</i> . .... 131
Anexo 14	Retención y tipo de penetración de octoborato de sodio por el metodo de inmersión prolongada en probetas de albura de <i>P. oocarpa</i> . .... 133
Anexo 15	Retención y tipo de penetración de la mezcla de ácido bórico-bórax por el metodo inmersión prolongada en probetas de duramen de <i>P. oocarpa</i> . .... 135
Anexo 16	Retención y tipo de penetración de octoborato de sodio por el metodo de inmersión prolongada en probetas de duramen de <i>P. oocarpa</i> . .... 137

Anexo 17	Elaboración de las tablas de concentraciones con sus respectivas densidades para cada compuesto bórico.....	139
Anexo 18	Obtención de las densidades a diferentes temperaturas para cada compuesto bórico. ....	143
Anexo 19	Cálculo de la concentración de los compuestos bóricos para la temperatura de 17 °C.....	145
Anexo 20	Cálculo del volumen de agua a agregarse a la solución preservadora de ácido bórico-bórax para obtener una concentración de 3%.....	147
Anexo 21	Cálculo del volumen de agua a agregarse a la solución preservadora de octoborato de sodio para obtener una concentración de 3%.....	148
Anexo 22	Análisis estadístico del ensayo de valor eficaz de los preservantes en prueba...	149
Anexo 23	Análisis estadístico del ensayo de resistencia al ataque de termitas de madera seca.....	150
Anexo 24	Análisis estadístico del ensayo de preservación por vacío-presión para madera de albura de <i>P. oocarpa</i> . ....	151
Anexo 25	Análisis estadístico del ensayo de preservación por vacío-presión para madera de duramen de <i>P. oocarpa</i> . ....	153
Anexo 26	Análisis estadístico del ensayo de preservación por inmersión prolongada para madera de albura de <i>P. oocarpa</i> . ....	155
Anexo 27	Análisis estadístico del ensayo de preservación por inmersión prolongada para madera de duramen de <i>P. oocarpa</i> . ....	157
Anexo 28	Constancia de determinación botánica del herbario forestal de la facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina.....	159
Anexo 29	Constancia de servicio de identificación del museo de entomología Klaus Raven Büler del departamento de entomología de la Universidad Nacional Agraria La Molina. ....	160

## I. INTRODUCCIÓN

La reforestación en la Selva Central del Perú se inició en 1977, cuando los concesionarios e industriales madereros de Oxapampa tuvieron la iniciativa de crear los Comités Pro-Reforestación. Desde entonces varios organismos públicos y privados han realizado diversos trabajos de investigación forestal, entre ellos se puede mencionar al proyecto peruano – alemán “Desarrollo Forestal y Agroforestal en Selva Central”, que tuvo entre las especies seleccionadas a *Pinus oocarpa* Schilde ex Schltl, por ser de rápido crecimiento y de alta productividad, y además porque la zona cumple con los requerimientos edafoclimáticos para la instalación de plantaciones de esta especie.

La madera de *P. oocarpa* es susceptible al ataque de insectos xilófagos como las termitas de madera seca, ya sea en interiores como en exteriores, razón por la cual la posibilidad de uso de esta especie en la industria forestal se ve afectada.

Por consiguiente, es necesario realizar estudios para determinar un método de preservación eficaz, con el propósito de que la información generada sea aprovechada por la industria forestal nacional, que busca incrementar la vida útil de los productos maderables, además de darle un valor agregado.

En la presente investigación se plantea evaluar el uso de Octoborato sodio y una mezcla de Ácido bórico y Bórax como preservantes en el tratamiento de madera de *P. oocarpa* proveniente de una plantación en el distrito de Oxapampa, de manera que sea resistente al ataque de termitas de madera seca, utilizando como especie de prueba a *Cryptotermes brevis* Walker, bajo condiciones controladas de laboratorio.



## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 1. DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIES

#### 1.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ESPECIE

**Nombre científico:** *Pinus oocarpa* Schilde ex Schltdl.

**Nombre común:** Pino, Pino ocote, Ocote

**Sinónimos botánicos:** *Pinus oocarpoides* Lindl. Ex Loudon

Según Engler citado por Riveros (2008), *Pinus oocarpa* se ubica taxonómicamente en:

Reino : Plantae

División : Pinophyta

Clase : Pinopsida

Orden : Pinales

Familia : Pinaceae

Género : *Pinus*

Especie : *Pinus oocarpa* Schiede

#### 1.2. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA ECOLÓGICA.

Salazar *et al.* (2000), menciona que el *P. oocarpa* se distribuye naturalmente desde los 28° N en el noroeste de México hasta los 12° N en Nicaragua. Las mayores existencias continuas de esta especie se hallan en los altiplanos centrales de América Central, desde el noroeste de Nicaragua pasando por Honduras, el norte de El Salvador y el centro de Guatemala hasta los 18° N en el sur de México. Su rango altitudinal varía entre los 600 y 1200 msnm, con precipitaciones mínimas de 650 mm y una época seca de cinco a seis meses, con temperaturas de 13 a 23°C.

Ofi-Catie (2003), señala que el *P. oocarpa* en forma natural se extiende desde México hasta el noreste de Nicaragua, además en Guatemala, Honduras, Nicaragua y El Salvador representa la especie dominante de los bosques de pino. En plantaciones se encuentra a pequeña escala en Costa Rica y a nivel de ensayos en muchos otros países del trópico y subtropical. En condiciones naturales se encuentra creciendo sobre suelos erosionados, delgados, arenosos, bien drenados, ácidos a neutros (pH de 4,5 a 6,8), de baja fertilidad, derivados de materiales de origen volcánico antiguo, con un alto contenido de cuarzo.

### **1.3. CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS.**

Ofi-Catie (2003), menciona que la madera es moderadamente pesada (0,42- 0,60 g/cm<sup>3</sup>), de textura fina, brillo mediano a alto. Muestra una ligera diferencia entre la albura, de color amarillo cremoso, y el duramen, de color café pálido. El vetado es pronunciado debido a que los anillos de crecimiento son típicamente visibles. Presenta un olor característico (debido a la resina) pero no presenta sabor.

Madrigal, Martínez y Ochoa citados por Bernabé (2008), señalan las siguientes características macroscópicas: Los canales resiníferos, visibles a simple vista, son muy notorios, se localizan principalmente en la madera temprana y están presentes en un promedio de 26,8 por cm<sup>2</sup>. Los anillos de crecimiento bien delimitados por la transición abrupta y con 0,3 a 0,4 cm de grosor, los radios visibles a simple vista. En la albura, la madera temprana es de color amarillo pajizo y la madera tardía castaño amarillento, en el duramen castaño rojizo pálido y castaño amarillento respectivamente. La madera tardía ocupa ¼ del total del ancho del anillo. Tiene hilo recto, textura fina y un vetado pronunciado. Además mencionan las siguientes características microscópicas: Los canales resiníferos tienen un diámetro promedio de 213,7 µm, hay presencia de canales resiníferos traumáticos, no muestra tilosis. Las traqueidas verticales de madera temprana tienen el contorno circular y en la tardía cuadrangular, en cuanto al número de hileras de madera temprana se presentan en promedio 24,5, y en la tardía 18,8, y sus valores promedio son: longitud de 4149 µm, grosor de pared de 5,0 µm, diámetro de lumen 56,1 µm y diámetro total de 65,6 µm. También presenta una hilera de punteaduras areoladas y frecuentemente con dos punteaduras dentro de la misma hilera, no existen las trabéculas y las traqueidas radiales tienen los bordes aserrados. Por otra parte, los radios son homogéneos y uniseriados, con un promedio de 3,4 radios por mm, una altura de 191,2 µm y 20,8 µm de

diámetro. Los pares de punteaduras en los campos de cruzamiento son de tipo pinoide y de parénquima leñoso ausente.

Ramírez *et al.* (2004), reportan las propiedades físicas que se indican en la tabla 1:

Tabla 1: **Propiedades físicas de la especie *P. oocarpa***

<b>Propiedades Físicas</b>	
Densidad verde (g/cm <sup>3</sup> )	0,90
Densidad seca al aire (g/cm <sup>3</sup> )	0,45
Densidad seca la horno (g/cm <sup>3</sup> )	0,42
Contracción radial de verde a seca al aire (%)	1,47
Contracción tangencial de verde a seca al aire (%)	2,75
Contracción longitudinal de verde a seca al aire (%)	0,14
Contracción volumétrica de verde a seca al aire (%)	4,37
Relación T/R de verde a seca al aire	2,04
Contracción radial de verde a seca al horno (%)	2,83
Contracción tangencial de verde a seca al horno (%)	5,13
Contracción longitudinal de verde a seca al horno (%)	0,21
Contracción volumétrica de verde a seca al horno (%)	8,18
Relación T/R de verde a seca al horno	2,27

FUENTE: Ramírez, *et al.* (2004)

#### 1.4. COMPOSICIÓN QUÍMICA.

Bernabé (2008), en su estudio de la composición química de la madera de cinco especies de pino del municipio de Morelia en México, encontró para la especie *P. oocarpa* los componentes que se indican en la tabla 2:

Tabla 2: **Composición química de la especie *P. oocarpa***

<b>Componente</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Holocelulosa	74,15
Lignina	24,66
Cenizas	0,32
Solubilidad a la Sosa	24,46
Extractivos en :	
Ciclohexano	1,58
Acetona	2,06
Metanol	1,86
Agua caliente	2,52
Taninos	0,0896

FUENTE: Bernabé (2008)

### **1.5. DURABILIDAD NATURAL.**

Ofi-Catie (2003), indica que esta especie es fácil de secar, aserrar y trabajar, y se puede preservar por cualquier método. La madera de duramen es moderadamente resistente a la pudrición blanca y café, es resistente al ataque de termitas y soporta la intemperie, a diferencia de la madera de albura que no es resistente en ninguno de los ataques mencionados.

Silva (2006), menciona que la madera es moderadamente resistente a los hongos de pudrición (clase 3 según ASTM D 2017-5; clase 3-4 según EN 350-2) y no es resistente al ataque de termitas y de barrenadores de madera seca.

### **1.6. USOS**

Ramírez et al. (2004), proponen como alternativas posibles de usos los siguientes: Embalajes (cajas, cajones, huacales, cestas, entre otros), chapas para gavetas, recubrimiento interior de paredes como chapillas, como material aislante, tapa de apagadores, bastidores, rellenos para puertas, alma de panelforte, artesanía, abánicos, juegos didácticos, indicadores de páginas, prensa botánica, biombos, base para borradores, porta tubo de ensayos, persianas, bastidores, muebles livianos, elementos flotantes, bases para carteleras, bases para lima de uñas, paletas para pintores, caballetes para pintores, rodapie, correas para la colocación de machihembrado, cortineros, artículos torneados, repisas, protectores de esquineros, rejillas para puertas y ventanas, marquetería, muebles modulares con medidas estandarizadas de 3 x 2 cm y longitudes cortas, machihembrados cortos, estantería, gabinetes de cocina, entre otros.

De la Cruz y Huamán (2006), mencionan que en base a las características anatómicas y propiedades físico-mecánicas de la especie, sus posibles usos son: obras de interiores, carpintería de obra, contrachapados, instrumentos de precisión, fabricación de lápices, mangos de utensilios, mangos de herramientas, cajonería, artesanía, artículos torneados, encofrados y pulpa para papel.

### **1.7. ANTECEDENTES DE PLANTACIONES DE *P. oocarpa* EN EL PERÚ.**

Bockor citado por FONDEBOSQUE (2004), indica que las plantaciones en el Perú que sobreviven en la Provincia de Oxapampa datan de 1977 cuando se crearon comités de reforestación con el fin de producir plántulas forestales y de promover la reforestación con

especies exóticas principalmente. Entre las instituciones públicas y privadas que destacaron para el desarrollo de la reforestación según FONDEBOSQUE se encuentran:

- Proyecto Peruano Alemán de Desarrollo Forestal y Agroforestal en Selva Central (1980-1993), constituido por el Instituto de Investigación Agraria (INFOR) y el Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA) con el apoyo de la Sociedad Alemana de Cooperación Técnica (GTZ).
- Comité de Reforestación de la Región Agraria XV Pasco, conformado por representantes de los distritos de Oxapampa, Villa Rica, Iscozacín y Puerto Bermúdez (1985 – 2001).
- Otras instituciones: PRONAMACHS, Proyecto Especial Pichis Palcazú (PEPP), la Ex Corporación de Desarrollo de Pasco, INRENA y ProNaturaleza – Programa Selva Central.

Riveros (2008), indica que el Perú cuenta con alrededor de 11000 ha plantadas del género *Pinus*, el mayor porcentaje de estas se encuentra en Cajamarca con unas 8000 ha en la provincia de Porcón con las especies *P. patula*, *P. ellioti* y *P. radiata*. Esta importante plantación se realizó en la década de los 70 con el fin de abastecer una fábrica de pulpa de madera de fibra larga, ubicada en la zona norte del país. Además menciona que en la Selva Central también existen plantaciones que se iniciaron en la década de los 80 de manera experimental con la introducción de nuevas especies de pinos en zonas degradadas por la actividad ganadera, como: *P. tecunumanii*, *P. oocarpa* y *P. Caribaea*, entre otros, dando buenos resultados en la adaptabilidad de las especies a condiciones climáticas y topográficas.

Piqueras (2011), señala que en la parte alta de la provincia de Oxapampa en la Selva Central en los distritos de Chontabamba, Oxapampa y Huancabamba, las especies más reforestadas por las personas inscritas en la coordinación de FONDEBOSQUE Pasco-sede Oxapampa son del género *Eucalyptus* con 359 ha estimadas y 204,3 ha monitoreadas y seguidas por el género *Pinus* con 245 ha estimadas totales y 172,6 ha monitoreadas y las especies nativas con 117 ha estimadas totales y 20 ha monitoreadas. Además agrega que las áreas monitoreadas son representativas de las diferentes condiciones de sitio y de las especies reforestadas en los tres distritos, teniéndose un área total estimada de plantaciones forestales

de 720 ha con un área monitoreada de 416 ha lo que representa un porcentaje de monitoreo de 58%.

El Ministerio de Agricultura y Riego (2016), en su anuario *Perú Forestal en números año 2015*, brinda la información sobre la instalación de plantaciones forestales, aquí se menciona que en el departamento de Pasco se registraron 32 ha reforestadas, y también en este departamento se tiene un acumulado de superficie reforestada de 22 020,39 ha hasta el año 2014, pero no se menciona información alguna sobre la especie *P. oocarpa*.

## **2. GENERALIDADES**

### **2.1. DURABILIDAD NATURAL**

Cartwright (1960) y González (1974) citados por Guevara (1987), la definen como la resistencia que opone la madera al ataque de agentes biológicos de deterioro, tales como hongos e insectos xilófagos, perforadores marinos, y agentes no biológicos de deterioro, tales como desgaste mecánico, intemperismo atmosférico y al peligro del fuego. Para fines prácticos, la durabilidad puede considerarse como la resistencia que opone la madera a la pudrición.

Canessa citado por Berrocal y Rojas (2007), señala que entre los métodos para determinar la durabilidad de una madera están el método de campo y los métodos de laboratorio. Los métodos de laboratorio brindan resultados de forma más rápida, ofrecen la posibilidad de tener un mayor control sobre ciertas variables, por ejemplo temperatura y humedad. Además debido al tamaño relativamente pequeño de las probetas, es comparativamente más fácil seleccionar maderas de zonas geográficas específicas, así como diferentes secciones del árbol y de esta forma, obtener información sobre las variaciones con respecto a estos parámetros.

Smythe y Carter, Carter et al., Rust y Reiersen, citados por Romero (1999), mencionan que aunque pruebas de laboratorio y campo indican que la mayoría de las especies maderables son susceptibles al ataque de termitas y muy pocas lo resisten, se ha encontrado en algunas especies que la dureza y la densidad, así como la presencia de constituyentes extraíbles, incrementan su resistencia natural y disminuyen el riesgo del ataque por termitas; esta última característica ha sido considerada por diversos investigadores como la causa principal de la resistencia natural al ataque de insectos y otros organismos degradadores.

Tuset y Duran (1979), mencionan que la durabilidad de la madera depende de varios factores inherentes a su naturaleza, uno de ellos es el tipo de madera, ya que por ejemplo en la madera de albura suelen encontrarse sustancias de reserva como azúcares y almidones, que la hacen especialmente apetecible para hongos e insectos xilófagos; por el contrario, la madera de duramen contiene otro tipo de sustancias, propias del proceso de duraminización, que tienen en algunos casos, propiedades inhibitorias para el desarrollo de esos organismos, algunas de estas sustancias son: aceites esenciales, resinas, taninos, gomas, compuestos fenólicos y sustancias hidrosolubles diversas, de alta toxicidad .

Canessa citado por Berrocal y Rojas (2007), señala que otros factores que también pueden explicar la mayor durabilidad del duramen son: menor contenido de humedad, menor tasa de difusión y el bloqueo de las cavidades celulares por gomas, resinas, tálides en los vasos, etc.

Kollman (1959), sostiene que el duramen se protege de hongos e insectos lignícolas mediante obstrucción mecánica de los vasos, taponamiento de las punteaduras e impregnación de las paredes celulares, Además se depositan en las células del duramen sustancias polifenólicas, básicamente derivados del ácido shiquímico, cinámico y cafeico, cuyas combinaciones con compuestos orgánicos determinan la gran variedad de preservadores de la madera, capaces de ejercer efectos tóxicos y/o repelentes contra organismos lignícolas.

González (2001), indica que la calidad de la madera generalmente se ha relacionado con el color y densidad de la especie forestal lo cual se cumple bastante bien en las maderas de coníferas, principalmente pinos, pero no es exacto en la masa leñosa de las latifoliadas donde se han encontrado numerosas excepciones.

Haygreen y Bowyer citados por Santos (2002), mencionan que los anillos de crecimiento con el tiempo se van lignificando lentamente con respecto a la velocidad de crecimiento del árbol, de tal forma que en cada año que pasa solo una pequeña parte de la albura pasa a ser duramen. Debido a esto, la proporción de albura varía según el crecimiento y desarrollo de las especies, afectando directamente la calidad del duramen. Así por ejemplo, los pinos tienen mucha albura y en general, baja durabilidad natural, en cambio en la zona tropical, la gran mayoría de especies poseen muy poca albura y consecuentemente sus durámenes son altamente resistentes, por eso se puede decir, que cuanto más mala es la albura mejor es la calidad del duramen.

Eaton y Hale citados por Santos (2002), mencionan que la albura de todas las especies del mundo tiene baja durabilidad natural, mientras que el duramen es más resistente a la pudrición. Además de esta generalización hacen especificaciones tales como que en muchas especies, el duramen interno es menos durable que el externo. Y que la durabilidad va aumentando a partir de la base del árbol hacia la punta del fuste. En conclusión el duramen externo en la parte media del árbol es más constante y representa el promedio de durabilidad para la especie.

Pérez et al. citado por Arcos (1999), estudio la resistencia de 18 especies de maderas mexicanas al ataque de la termitas de madera seca, *Cryptotermes brevis*, concluyendo que la resistencia puede estar influenciada por diversos factores relacionados con las propiedades que posee cada especie o con el ambiente que la rodea, señala que a mayor densidad, las termitas tendrán mayor dificultad para fragmentar la madera mecánicamente con sus mandíbulas, aunque indican que la principal característica es la presencia de extractivos acumulados en el duramen, ya que estas sustancias actuaron como tóxicos contra termitas, provocando la muerte de los protozoarios simbioses que habitan en su intestino y/o disminuyeron la palatabilidad de la madera (deterrencia alimentaria).

## **2.2. AGENTES DESTRUCTORES DE LA MADERA DE ORIGEN BIOLÓGICO.**

Becker (1976), menciona que los más importantes destructores terrestres de la madera son los hongos e insectos, ya que utilizan los compuestos de la misma para alimentarse. Estos organismos ayudan a mantener en equilibrio la naturaleza al transformar los compuestos químicos de la madera en sustancias vitales para el desarrollo de nueva vida. Al mismo tiempo constituyen un problema para la sociedad, empeñada en prolongar la vida útil de los productos de madera cuando se utilizan en condiciones adecuadas para el desarrollo de los agentes destructores. En especial, así sucede en los trópicos, donde estos organismos son numerosos y plantean un problema grave y costoso.

### **2.2.1. HONGOS**

Ames, Bazan y Hunt y Garratt citados por Claros (2008), mencionan que los hongos se diferencian claramente de las plantas porque no contiene clorofila ni pigmentos con capacidad fotosintética, por lo que son incapaces de elaborar sus propios elementos nutritivos, tomándolos de la materia muerta o de organismos vivos, animales, o vegetales, denominándose saprofitos o parásitos respectivamente.

Mora y Encinas (2006), aseguran que entre los microorganismos que causan biodeterioro de la madera, los de mayor relevancia son los hongos, ya que estos pueden causar algún tipo de daño o alteración en la madera. Se suelen separar en tres grupos principales: hongos de humedad, hongos manchadores (cromógenos) y hongos xilófagos que causan pudrición.

### **2.2.2. AGENTES DESTRUCTORES DE ORIGEN ANIMAL.**

González citado por Millones (2000), indica que existen una serie de insectos que invaden la madera en busca de alimento, refugio o lugar de incubación. En la mayoría de los casos, el tejido leñoso es atacado por las larvas, que hacen galerías en busca de alimento y protección; éstos tienden a afectar la resistencia mecánica de la madera, disminuyendo su valor estético y consecuentemente, su valor económico.

JUNAC (1988), clasifica a los agentes destructores de origen animal en:

- Insectos xilófagos: Los insectos son el segundo grupo de organismos vivos enemigos naturales de la madera, ubicándose el mayor número de estos agentes destructores taxonómicamente dentro el orden de los coleópteros, siendo los más importantes los escarabajos y los del orden de los isópteros, como las termitas.
- Perforadores marinos: Constituyen el tercer grupo de enemigos de la madera, destruyéndola en astilleros, embarcaciones, muelles, otras estructuras, fijas y flotantes, establecidas en el mar, revisten mucha importancia tropicales y subtropicales donde se encuentran todas las especies capaces de atacar a la maderas; entre estos perforadores marinos se ubican taxonómicamente dos grupos: Moluscos y Crustáceos.

### **2.3. LAS TERMITAS**

Bignell, D.E., Roisin, Y. y Lo, N. citados por Wikipedia (2017), señalan que las termitas son un grupo de insectos eusociales que hasta hace poco tiempo eran clasificados taxonómicamente como orden Isoptera, pero ahora se aceptan como la epifamilia Termitoidae, del orden de las cucarachas, Blattodea. Actualmente se conocen unas 3106 especies, quedando unas cientos de ellas por descubrir, son importantes detritívoros, sobre todo en las regiones tropicales y subtropicales, y su reciclaje de la materia de la madera y otras plantas tiene considerable importancia ecológica. Además, se encuentran entre los grupos de insectos más exitosos en la tierra, ya que han colonizado la mayoría de esta, a excepción de la Antártida.

Revista Lignum (2013), menciona que de las 3000 especies de termitas descubiertas en el mundo solo 183 están asociadas al daño en construcciones y 83 producen un daño significativo. Además menciona que el problema con ellas surge cuando entran en interacción con el hombre y se convierten en plagas urbanas que pueden causar daños de importancia porque progresivamente debilitan la duración y resistencia estructural de las construcciones en madera, y afectan el valor comercial de las edificaciones.

Dourojeanni (1964), basándose fundamentalmente en el “Catálogo de termitas del mundo”, trabajo realizado por Snyder en el año de 1949, indica que el número de termitas registradas para el Perú en esos años, era probablemente de 41 especies pertenecientes a 21 géneros. La familia Kalotermitidae Enderlein estaría representada por 7 especies, Rhinotermitidae Light por 4 especies y Termitidae Westwood por 30 especies, además menciona que el Perú posee muchísimas especies más, quedando ellas en el terreno de las especulaciones por falta de estudios detallados.

Dourojeanni (1963), señala que es posible afirmar que las termitas, tanto en la Costa como en Selva y quizás en Sierra, son los principales agentes responsables de la escasa duración de la madera nacional en cualquiera de los usos que se le haya dado. Además menciona que la familia más conocida en nuestra Selva es la de los Termitidae a través del *Nasutitermes costa\* lis* Holmgren, especie cosmopolita cuyos grandes nidos hechos a base de excrementos y madera mascada, son detectables adosados a troncos de la mayoría de las especies arbóreas. También indica que las termitas subterráneas (Rhinotermitidae) son extremadamente importantes en numerosos árboles de interés comercial tal como el Cedro de Madre de Dios y los Eucaliptos de la zona de Pucallpa. Además menciona que los "comejenes" de la Costa, particularmente aquellos mal denominados "polilla de la madera" pertenecen a la familia Kalotermitidae y la mayoría son *Cryptotermes brevis* (Walker), siendo casi específicos de la madera seca y existen también en la Amazonia Peruana.

Dourojeanni citado por Millones (2000), desarrolló una relación jerarquizada de la importancia económica de las plagas forestales en el Perú, en el cual las termitas ocupan la primera posición, debido a que sus daños ocurren mayormente después que el árbol ha superado todas las etapas de su desarrollo y se le ha aprovechado y transformado en productos de utilidad. El enorme impacto económico de estos insectos se desprende cuando se computan las inversiones en trabajo, mantenimiento, uso de materiales y equipos, junto

con todo el capital invertido durante el largo tiempo de ocupación de la tierra, desde que el árbol pasa de semilla hasta producto elaborado que presta servicio.

Gordon citado por Arcos (1999), señala que las termitas viven en colonias altamente organizadas, formadas por obreras, soldados y reproductores. Las obreras son ápteras, muy numerosas y su función es la de cuidar los huevecillos y alimentar a todas las termitas de la colonia mediante la “trofalaxis”, construyen además las galerías y las cámaras de reproducción. Los soldados cuidan la colonia de los depredadores. Los reproductores tienen dos pares de alas iguales (de aquí el nombre del Orden), se encargan de dispersarse y poner huevecillo.

Borrer *et al.* citado por Silva (2007), indican que las castas sociales para las termitas son:

- Casta reproductora. Única casta con alas y ojos. Su cabeza es de forma esférica, poseen su cuerpo y mandíbulas esclerificado, tomando un color oscuro debido a la depositación de quitina. Su función en la colonia es de reproducción, como se aprecia en la figura 2. Adicionalmente, esta especie es capaz de desarrollar reproductores secundarios, llamados Neoténicos, debido a las características hermafrodita de la colonia. Son de color claro y de apariencia juvenil.
- Casta obreros. Ápteros y ciegos. Su cuerpo es de color claro, a excepción de su mandíbula, la cual está esclerificada. No poseen diferenciación sexual, debido a no tener desarrollo genital. Su función en la colonia es de alimentación y reparación. Corresponde a la casta más numerosa de la colonia, como se aprecia en la figura 1.
- Casta soldados. Ápteros y ciegos. No poseen diferenciación sexual, su cabeza y mandíbula son oscuras e hipertrofiadas. Su cuerpo es de color claro. Su función en la colonia es de defensa, son de número reducido y surgen cuando la colonia ya está organizada, como se aprecia en la figura 1.



Figura 1: **Colonia de *Cryptotermes brevis*.**

FUENTE: *Experto en termitas (2015)*



Figura 2: **Adulto reproductor alado de *Cryptotermes brevis*.**

FUENTE: *Ripa y Luppichini (2004)*

Camousseight y Ebeling, citados por Ramírez y Lanfranco (2001), señalan que el principal alimento de las termitas es la celulosa, y debido a que este compuesto no puede ser digerido y utilizado directamente por el insecto para su desarrollo, en su tubo digestivo presenta una simbiosis, ya sea con protozoos flagelados o con bacterias, dependiendo de la especie de termita. El alimento es producido por las obreras, las cuales, mediante regurgitación (alimento estomodeal) y excreción (alimento proctodeal), se encargan de abastecer a la colonia y de entregar los simbiosites necesarios para las generaciones más jóvenes, las que nacen sin ellos. El traspaso de comida entre los individuos se realiza de boca a boca o de ano a boca, proceso llamado trofalaxia. Las obreras abastecen tanto a las ninfas en desarrollo como a la casta reproductora y soldados, estos últimos no pueden producir su propio alimento debido a que sus mandíbulas están hipertrofiadas y, en cierto sentido, se les puede

considerar como una carga para la estructura social. Aunque las termitas poseen por lo general colores claros, éstos pueden variar según el alimento que estén consumiendo, ya que su aparato digestivo suele traslucirse a través del cuerpo

Graseé (1982), indica que por su vida social, la alimentación de las termitas se compone en primer lugar de alimentos crudos, tomados directamente de la naturaleza por las obreras, y en segundo lugar están los alimentos elaborados por solo las obreras (saliva, contenido del buche o contenido del intestino posterior, cuya masa principal está hecha de simbioses). Los alimentos elaborados son de distintos tipos: El alimento estomodeal, el cual es secretado por las glándulas salivales, pero a menudo el contenido del buche está mezclado con saliva en proporción relativamente cuantiosa y el alimento proctodeal, compuesto del contenido de la panza rectal, pero es completamente distinto de los excrementos. Estos dos tipos de alimentos condicionan el desarrollo y la supervivencia de los miembros de la sociedad, lo cual los vuelve dependientes unos de otros.

Becker (1976), menciona que la nutrición de los termites mejora indudablemente si comen hongos apropiados y madera ligeramente descompuesta, probablemente a consecuencia de un aumento de nitrógeno contenido en los hongos y aunque esta tendencia de los termites a alimentarse de madera deteriorada por hongos tiene como fundamento el medio ambiente y sus preferencias instintivas, algunas especies de termites muy desarrolladas cultivan hongos en sus nidos. Se ha observado hace mucho tiempo que los orificios en el interior de los grandes termiteros de los *Macrotermitidae*, en África y en Asia, están rellenos de los denominados jardines de hongos. En la capa inferior de la madera semidigerida y otros materiales vegetales, crece una asociación de varias especies de hongos. Las larvas jóvenes viven en estos cultivos y se alimentan de ellos. Al mismo tiempo, los cultivos de hongos contribuyen a acondicionar el clima dentro de los nidos.

Camousseight citado por Ramírez y Lanfranco (2001), indica que las termitas suelen practicar el canibalismo (consumo de individuos heridos o enfermos), la necrofagia (consumo de individuos muertos) y la oofagia (consumo de huevos). Aparte de servir como una fuente extra de alimento, estas modalidades de alimentación permiten mantener el nido limpio y sano.

Rodríguez (2012), señala que las termitas desempeñan un importante papel ecológico durante el proceso de reciclaje de nutrientes, aireación del suelo, siendo considerados

ingenieros del ecosistema, debido a que son insectos detritívoros, es decir, su función es la de colaborar, de forma muy importante, en la descomposición de la madera muerta y de los productos celulósicos en los bosques o zonas con gran vegetación, incorporando al suelo gran cantidad de materia orgánica, al tiempo que compensan sobradamente los daños puntuales que ocasionan las termitas que atacan árboles vivos. No obstante, la aproximación constante del hábitat humano a las zonas arbóreas, la utilización de la madera para la construcción de viviendas u otras instalaciones, así como la existencia de útiles y productos de celulosa (muebles, cuadros, libros, etc.), ha hecho que las termitas, cuando se encuentran en dichos espacios, pasen de ser insectos beneficiosos a insectos perjudiciales, capaces de producir grandes daños al hábitat humano, como se aprecia en la figura 3, hábitat en el cual se han ido introduciendo lenta y silenciosamente.

Becker (1976), menciona que la temperatura óptima para la mayoría de los termites oscila entre 28 y 30°C. Una temperatura constante que sobrepase los 32°C puede ser mortal para muchas especies, pero los termites pueden tolerar aumentos temporales de la temperatura y evitan los lugares demasiado calientes. No obstante, existen excepciones y algunas especies pueden tolerar temperaturas bastante altas. Los límites de temperatura más baja varían muchísimo, mientras hay especies que viven en zonas con inviernos fríos que pueden sobrevivir con temperaturas cercanas al punto de congelación, las especies tropicales mueren cuando durante varias semanas la temperatura permanece constante a 18°C.

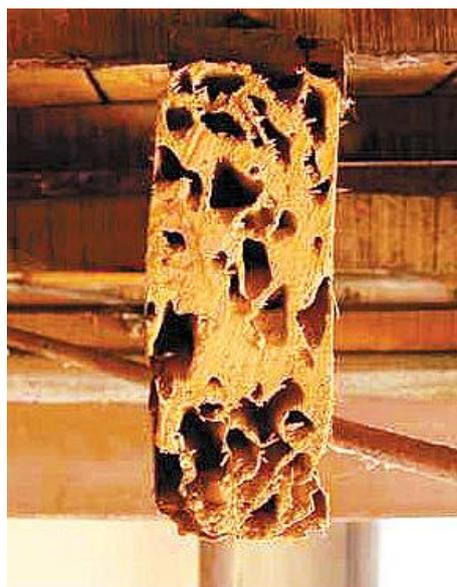


Figura 3: **Viga con galerías de *Cryptotermes brevis*.**

FUENTE: Ripa y Luppichini (2004)

Becker (1976), afirma que los termites también atacan a otros materiales que no son la madera, como el papel y los productos textiles, cuya celulosa es digerible, y a los plásticos, caucho y otros materiales blandos, a pesar de no ser digeribles. La susceptibilidad de estos materiales a los ataques de los termites depende de su dureza y composición química. Con frecuencia son objeto de una mera actividad roedora, pero cuando un gran número de termites concentra su ataque sobre el mismo lugar, pueden dañar a muchos materiales que encuentran a su paso. La pérdida de materiales no digeribles no es normalmente muy importante, pero las consecuencias pueden ser caras, o incluso desastrosas. Por ejemplo, se pueden estropear grandes cantidades de artículos a causa del deterioro de sus envases y se han producido cortocircuitos en cables eléctricos y, en consecuencia, la paralización del trabajo de las fábricas, como resultado de la acción roedora de los termites.

Becker citado por Loayza (1979), señala que los métodos de ensayo de laboratorio con termitas, pueden ser:

- De selección alimenticia, en donde se le ofrece a la termita la selección del material a ser probado, además de suficiente alimento.
- De alimentación obligada, en donde el material que se ensaya es la única fuente alimenticia. Estas pruebas de hambre pueden demostrar que el material no es afectado, o introducir el ataque de los insectos hacia el material, revelando su acción tóxica y el grado en que puede ser dañado.

Además menciona que un material atacado en pruebas de selección alimenticia puede seguramente ser considerado como susceptible bajo condiciones naturales y en pruebas de alimentación obligada, la mortalidad de las termitas y la cantidad de ataque sobre la muestra son los datos principales que permitirán evaluar la resistencia de las maderas.

Graham citado por Loayza (1979), indica que sobre la base de sus hábitos, estos insectos pueden ser clasificados en:

- Termitas de madera húmeda. (Fam. Hodotermitidae), viven en madera muerta que generalmente está enterrada en el suelo afectada de pudrición. Requieren de gran cantidad de humedad para su existencia.

- Termitas subterráneas. (Fams. Rhinotermitidae y Termitidae), invaden desde el suelo las maderas valiéndose de galerías que construyen en base a sus defecaciones, tierra y madera parcialmente digerida. Son exigentes en cuanto a medio ambientes constantemente húmedos.
- Termitas de madera seca. (Fam. Kalotermitidae), se caracterizan por habitar únicamente en la madera y requerir de poca humedad para su existencia.

### **2.3.1. TERMITAS DE MADERA SECA.**

Medina et al. (1987), consideran que el comején más importante por ser el más destructivo en Puerto Rico, es la polilla, *Cryptotermes brevis* Walker, generalmente se refiere a esta especie de comején por el nombre vulgar de “polilla”, todos la conocen por el daño que hace a los muebles, piezas de madera y otras estructuras de madera en las casas. Este comején no fabrica ni nidos ni túneles exteriores. Por su característica de dar tan pocos indicios de su presencia se le ha llamado *Cryptotermes*, que significa “comejen escondido”. Estos comejenes se mantienen dentro de la madera y la única indicación de su presencia es un agujerito muy pequeño por el cual caen granitos de excremento.

Dourojeanni (1964), menciona que en Lima, a mediados de Noviembre hasta iniciarse Febrero, se desarrolla la etapa reproductiva, que es parte del ciclo de vida de *Cryptotermes brevis*, el cual se aprecia en la figura 4. Esta etapa se repite anualmente, alcanzando su máxima intensidad (mayor número de individuos sexuados visibles) en Diciembre y decrece luego a veces hasta el 15 de Febrero, estas referencias varían bastante con las condiciones climáticas de cada año. Además señala que las termitas maduras y provistas de alas salen de la madera en que se desarrollaron y emprenden vuelo (reinfestación), se agrupan por parejas y perforan madera expuesta, prefiriendo rajaduras o puntos de unión y penetran en ella. Algunos meses después del establecimiento del macho y hembra adultos, en su túnel en la madera, la hembra empieza a depositar huevos, además se considera que después de cuatro años, una colonia puede tener solo cerca de 3,000 individuos.

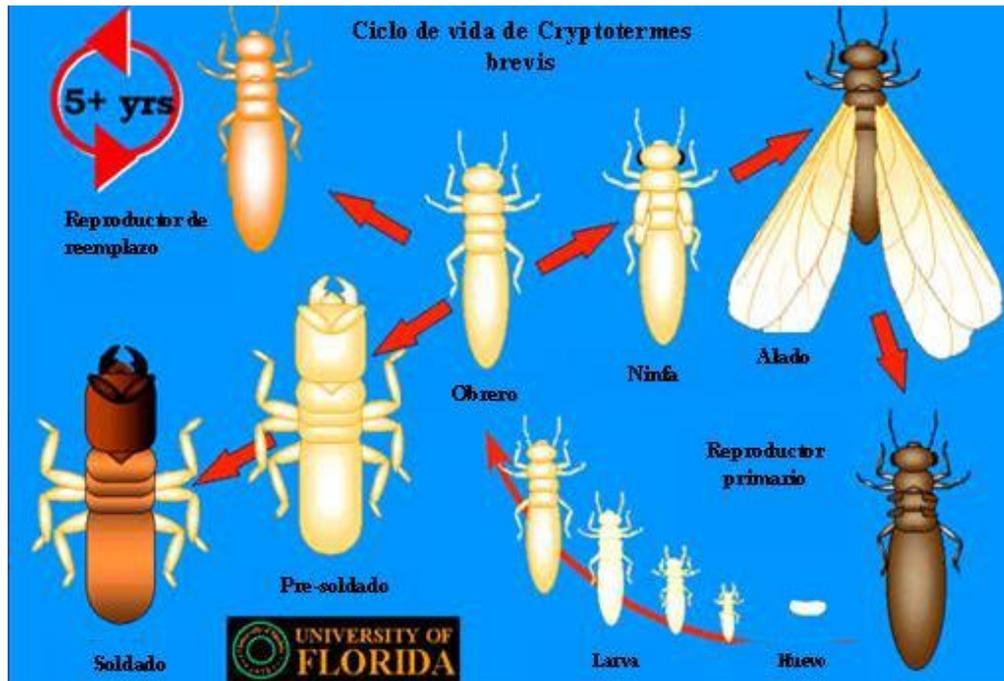


Figura 4: Ciclo de vida de *Cryptotermes brevis*.

FUENTE: Canessa y Berrocal (2006)

Pardo citado por Dourojeanni (1964), menciona que según observaciones en Chiclayo (Dpto. Cajamarca), indica que es probable que la hormiga Ponerinae *Cyrtindromyrmex striatus* Mayr. 1870, que vive en la madera, tenga por alimento principal a *Cryptotermes brevis* Walker y otros Kalotermitidae.

Wolcott citado por Dourojeanni (1964), señala que los soldados de *Cryptotermes brevis* Walker, cuya función es defensiva, también colaboran en la expulsión del excremento hacia afuera cuando se ha vuelto tan abundante que dificulta el paso por los túneles. El excremento o "pellets" tiene una forma característica de "lozenge", posee un color que varía según la madera consumida, puede tener color marrón rojizo semi opaco a crema o ante, uniforme gris o marrón claro, y otras veces tonalidades oscuras, casi negras, como se aprecia en la figura 5. El porcentaje de excremento depende de la digestibilidad del alimento, la mitad de aquellas maderas que son de alto porcentaje de celulosa reaparece como excrementos, en el caso de que se alimente de corazón de caoba obtienen muy poco alimento, un 9,0% del peso de la madera consumida se transforma en excremento, del que más o menos la mitad es lignina no digerible. Los adultos alados pesan aproximadamente 0,005 gr. y para mantenerse solo en nueve meses, comen seis veces ese peso en madera.



Figura 5: Excremento de *Cryptotermes brevis*.

FUENTE: Canessa y Berrocal (2006)

Becker (1976), menciona que los termes necesitan una gran concentración de humedad en el aire. La mayor parte de las especies dependen del grado de saturación hídrica del aire durante la mayor parte del tiempo o del acceso al agua. Sólo un pequeño grupo de especies puede desarrollarse también con una humedad relativa del aire de aproximadamente el 90%, los denominados termes de madera seca pueden vivir en la madera de construcción de edificios o en los muebles sin tener contacto con el suelo en regiones donde el promedio de humedad del aire es alto, como en las zonas costeras u otras normalmente húmedas.

Wolcott citado por Wadsworth (2007), indica que la “polilla” de madera seca, (*Cryptotermes brevis* Walker) es la termita de más distribución mundial, con una vida críptica, consume la madera en uso, generalmente dentro de residencias, esta es la termita que se acerca a las luces con alas transparentes. Además exploró también las causas de la resistencia de las maderas de Puerto Rico, la densidad está relacionada, de 8 maderas del grupo más resistente el promedio de su peso específico es 0,83, mientras que en 10 de las maderas más susceptibles el promedio es 0,49. La atracción mayor de la albura, a comparación de la del corazón de la misma especie, fue postulada por su contenido mayor de almidón y azúcares digeribles por las polillas. Al encontrar que la excreta de las polillas variaba, según la madera, desde 50 hasta 90 por ciento de su peso consumido, él pensaba que la resistencia de la madera dependía de su proporción no digerible. La celulosa es digerible por las polillas pero otros componentes, principalmente lignina, no lo son. Las maderas más resistentes contienen 47-51 por ciento de lignina, mientras las más susceptibles

contienen solo 20-39 por ciento y depende también de componentes adicionales que las polillas no digieren.

Barambio (2012), menciona que las colonias de *Cryptotermes brevis* son de unos 300 individuos y a pesar de ser una colonia pequeña son muy voraces, siendo capaces de atacar cualquier elemento de carpintería por pequeño que sea tanto como elementos de madera estructural así como mobiliario, como se aprecia en la figura 6. Para esta termita el tratamiento más utilizado es el químico de inyección, con el fin de alcanzar la mayor superficie posible de la madera atacada, pero es necesario y aconsejable que las distancias entre los inyectores sea más corta que la habitual, pues la distancia de entre 25-30 cm. es demasiada, debería ser de 10-15 cm. y en toda la extensión del elemento de madera, dejando los encastres (madera no visible) también tratados, finalizando con una doble o triple pulverización con una formulación lista para su uso o con gel. Otra posibilidad de tratamiento es la utilización de la técnica de los equipos de microondas, siempre que la ubicación de los elementos de madera permita la utilización de este sistema, esta técnica al lograr que la madera alcance temperaturas muy elevadas en su interior produce la muerte de todas las fases de desarrollo de esta termita (huevos, larvas y adultos), sin producir daños a la madera ni cambios estructurales.



Figura 6: **Vivienda dañada por el ataque de *Cryptotermes brevis*.**

FUENTE: Ripa y Luppichini (2004)

#### **2.4. MÉTODOS DE PRESERVACIÓN DE LA MADERA.**

JUNAC (1988), menciona que la preservación consiste básicamente en incorporar a la madera las sustancias químicas adecuadas para controlar el alimento de los agentes biológicos y/o degradantes, prolongando de esta manera la duración de este material.

González citado por Landauro (2010), manifiesta que el objetivo de la preservación es modificar la composición química de la madera, mediante la impregnación de un preservante, haciéndola no aceptable para los organismos biológicos.

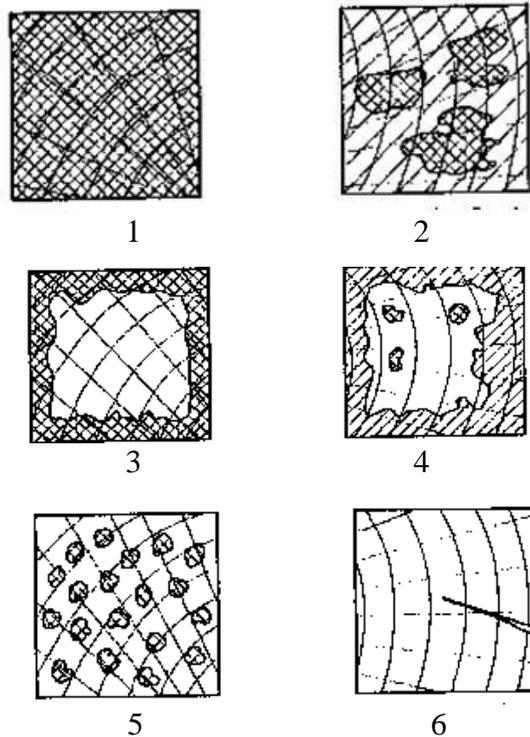
Vaca de Fuentes (1998), indica que los tratamientos se agrupan en dos categorías, en profilácticos y de preservación. Los métodos profilácticos conservan la calidad de la madera por un tiempo relativamente corto antes de ser procesadas, aserradas y secadas.

JUNAC (1988), menciona que los métodos de preservación se dividen en los siguientes:

- Métodos sin presión: por brocha, rodillos y aspersión, por inmersión (breve o prolongada), por baño caliente y frío, y finalmente por difusión (simple y doble).
- Métodos a presión: Método Bethell o por vacío - presión, método Rueping y método Lowry.
- Métodos especiales: Sistema Boucherie.

Además dice que los métodos sin presión son los más sencillos puesto que trabajan con la presión de la atmósfera, mientras que los tratamientos a presión son mucho más sofisticados y requieren de equipos complejos como autoclaves para poder inyectar el preservante en la madera. Los métodos de preservación especiales hacen uso de presiones ligeras pero sin el uso de autoclaves.

Por otro lado, señala la escala de evaluación para los diferentes tipos de penetración de preservante en la madera, que se muestran en la figura 7:



Dónde:

- 1) Total regular (Tr): Cuando toda la sección está penetrada con concentración uniformemente.
- 2) Total irregular (Ti): Cuando en la zona penetrada existen lagunas muy pequeñas con secciones de mayor concentración.
- 3) Parcial regular (Pr): Cuando la zona penetrada es periférica y más o menos uniforme.
- 4) Parcial irregular (Pi): Cuando la zona penetrada es periférica y presenta lagunas no sigue un patrón fijo.
- 5) Parcial vascular (Pv): Cuando la penetración se realiza siguiendo los elementos de conducción (penetración longitudinal).
- 6) Penetración nula (Pn): Cuando no existe penetración significativa en la zona examinada.

Figura 7: **Tipos de penetración de preservante en la madera.**

*FUENTE: JUNAC (1988)*

#### **2.4.1. MÉTODOS DE TRATAMIENTOS SIN PRESIÓN.**

Zabel y Morrell citados por Alfaro (2013), indican que los procesos sin presión presentan la desventaja que la penetración del preservante y su distribución es altamente variable, así como un menor tiempo de protección comparado con los métodos a presión.

Encinas (2005), menciona que el método por inmersión consiste en sumergir las piezas de madera en una solución preservadora. Dicho tratamiento se debe llevar a cabo en un recipiente apropiado, de modo que puedan quedar las piezas totalmente cubiertas con el producto o sustancia química, indica también que el tiempo de inmersión está relacionado con el tamaño de la pieza.

Novoa y Bernuy (2006), señalan que según el tiempo que dure el tratamiento de inmersión, se tienen los siguientes tipos:

- Inmersión breve: Es cuando la duración del periodo de inmersión de la madera se reduce a segundos o minutos. En este caso la madera no puede protegerse bien de los organismos de deterioro de la madera, pero se logran mejores resultados que con brocha o aspersión. Se emplean solamente para preservar piezas acabadas de poco grosor, que se colocan en ambientes secos y no puedan ser impregnadas mediante otros procedimientos más completos.
- Inmersión prolongada: Es cuando la duración del periodo de inmersión de la madera dura horas o días. Durante la primera fase del tratamiento, la madera absorbe una mayor cantidad de producto preservador, el cual rellena los vasos o poros superficiales abiertos. Este procedimiento proporciona buenas retenciones con penetraciones poco profundas y es útil para el tratamiento de piezas para marcos de puertas, ventanas, etc.

#### **2.4.2. MÉTODOS DE TRATAMIENTO CON PRESIÓN.**

JUNAC (1988), señala que este tipo de procesos permiten regular las condiciones del tratamiento y es posible variar la penetración y retención del preservante para satisfacer las exigencias de la utilización de la madera. Los procedimientos a presión se adaptan mejor a la producción comercial en gran escala de madera tratada. El equipo básico para la impregnación de la madera comprende en estos casos los siguientes instrumentos: tanque de tratamiento, de almacenamiento y de mezcla, bomba de presión y vacío y opcional y bomba de circulación.

Toledo (1981), indica que todas las empresas que preservan madera a presión en el Perú, utilizan el sistema de célula llena (Bethell), con lo que en general obtienen buenos resultados, debido a la mayor penetración del producto tóxico en la madera.

Vaca de Fuentes (1998), menciona que el método por Vacío – Presión es el más conocido y empleado en la industria de la impregnación, permite inyectar a la madera la mayor cantidad de solución preservante en la zona tratada. La madera debe presentar ciertas características, como un contenido de humedad de 25- 28% y libre de corteza. Se inicia el proceso cuando la madera es introducida a la autoclave con un vacío de 0.60 kg/cm<sup>2</sup> para la eliminación del aire contenido en la madera y en el cilindro, por un tiempo de 15 a 20 minutos, de acuerdo a la especie. Seguidamente, se inyecta la solución hasta llenar completamente el cilindro.

Luego se aplica presión (de 8 a 14 kg/cm<sup>2</sup>), cuya duración depende de la especie a tratar. Se va midiendo la cantidad de preservante que penetra, manteniendo una presión constante hasta la retención deseada. Terminada la impregnación, se devuelve la solución al tanque de almacenamiento. Finalmente la aplicación de un período de vacío para la recuperación del exceso de preservante

## **2.5. PRESERVANTES DE MADERA.**

INDECOPI (1979), en la Norma Técnica Peruana 251.020, señala que preservador de madera es la sustancia que convenientemente aplicada es capaz de prevenir o contrarrestar por un cierto periodo de tiempo la acción de uno o varios organismos capaces de destruir o afectar la madera.

Haygreen y Bowyer citados por Berrocal *et al.* (2004), mencionan que para que un preservante se considere apropiado, debe cumplir los siguientes requerimientos: toxicidad para un amplio rango de organismos degradantes de la madera; alto grado de permanencia (baja volatilidad, resistencia a la lixiviación y estabilidad química); alta penetrabilidad y retención en la madera; que no sea corrosivo y sobre todo que sea económico. Los preservantes usados en la actualidad cumplen con la mayoría de los requerimientos, aunque no con todos ellos.

Novoa y Bernuy (2006), indican que en el Perú, debido a la incipiente industria de preservación de madera, no existen fábricas que elaboren preservantes a escala industrial. Las principales empresas dedicadas a su comercialización son: PREMASA S.A., INVETISA e INQUIFESA, que ofertan generalmente preservantes nacionales e importados, tales como las sales múltiples CCA (Cu, Cr, As) tipo C y CCB (Cu, Cr, B), además de las sales a base de Boro.

JUNAC (1988), clasifica a los preservantes de madera según su origen o uso en:

- Creosotas: Creosota ordinaria, creosota líquida y mezclas de creosota.
- Productos orgánicos (oleosolubles): Naftalenos, pentaclorofenol, óxido tributil estañoso (TBTO), y quinolinolato 8 de cobre (Q8).
- Productos inorgánicos (hidrosolubles): Sulfato de cobre, sales múltiples (ACA, CCA, CCB), compuestos de boro y otros compuestos hidrosolubles.

### **2.5.1. PRESERVANTES BÓRICOS.**

Eaton y Hale citados por Millones (2000), indican que el boro ha sido usado como un compuesto activo severo en la preservación de la madera por muchos años, primordialmente contra insectos pero también es altamente efectivo contra hongos. Considerado relativamente inofensivo y ambientalmente aceptable, los compuestos de boro actualmente son muy difundidos, durante la segunda guerra mundial, la Division of Forest Products de Australia uso con éxito ácido bórico y boratos contra el ataque de Lictidos experimentados en madera. Posteriormente fue reglamentado como preservante para maderas destinadas a la construcción de casas y manufacturas de muebles y desde 1945 en Australia y Nueva Zelanda, se usó en varias formas, siguiendo normas y recomendaciones técnicas.

Velázquez citado por Berrocal y Rojas (2007), señala que los preservantes mayormente utilizados a nivel mundial, son las sales inorgánicas de boro, las cuales son compuestos químicos que contienen boro (B) y oxígeno (O<sub>2</sub>), hay cerca de 14 tipos de boratos, entre ellos están el ácido bórico y el bórax, los dos más usados como sales hidrosolubles no fijas para preservar la madera. Su mecanismo tóxico se desconoce en detalle y hay varias teorías al respecto; supuestamente interfieren en los procesos vitales críticos de los organismos que metabolizan la celulosa, por lo que protegen la madera contra las termitas de madera seca y contra las termitas subterráneas, que dependen de protozoos para digerir la celulosa.

Berrocal (2008), menciona que para proteger la madera que se encuentra en interiores, es decir, no expuesta a la intemperie ni en contacto directo con el suelo, se pueden usar las sales inorgánicas a base de boro. Este tipo de preservante cuenta con múltiples ventajas tales como ser económico, no es tóxico para seres humanos y mamíferos, da muy buenos resultados contra termitas y barrenadores, no mancha la madera y además es un retardante del fuego, lo que le da una protección extra a las construcciones de madera; sin embargo, su principal desventaja es que no se puede usar en exteriores ya que el boro (agente protector) se lixivia con facilidad por efecto de la humedad.

Erdioza y Echenique (1980), usaron el método de impregnación por difusión de sales de boro en Pino, tratado en verde, con contenidos de humedad mayores del 60%, alcanzando penetraciones hasta el centro de las secciones. Además señalan que las maderas tratadas adquieren las siguientes características:

- Quedan protegidas en contra de los termites de madera seca e insectos, comúnmente deterioradores de muebles.
- Quedan protegidas en contra de hongos e insectos, siempre y cuando se use en interiores donde no exista condensación de agua, sin que tengan contacto con el suelo y que estén protegidas de la intemperie.
- Con este método y este tipo de sal, se logra una impregnación completa en toda la superficie transversal, susceptible de la madera.
- Las sales de boro no son dañinas o venenosas para el hombre ni para los animales. La superficie de la madera queda, además, limpia en su superficie y no presenta olor.
- El precio módico de las sales y del método de aplicación no afectan, prácticamente, el precio de la madera aserrada.
- Las maderas no sufren modificación alguna en sus propiedades físicas y mecánicas. Pueden ser pintadas, barnizadas, pegadas, lijadas, etc. Sin ningún inconveniente.
- La madera tratada no deteriora plásticos, cemento, hule, mastique, chapopote, etc., y no es corrosiva en contacto con metales ferrosos.
- Con el método por difusión no son necesarios equipos costosos. Este método de tratamiento es de fácil adaptabilidad en pequeños aserraderos y zonas rurales sin necesidad de mano de obra especializada.

Dentro de los principales compuestos a base de boro utilizados, se tienen:

**a. Ácido bórico**

Schubert citado por Posada (2015), indica que el ácido bórico es el más versátil de todos los boratos como reactivo sintético, además el conocido ácido ortobórico  $B(OH)_3$ , es el segundo borato como producto refinado más importante en términos de tonelaje industrial. Normalmente se fabrica haciendo reaccionar un mineral de borato, especialmente kernita o colemanita, con ácido sulfúrico. Así mismo, es un sólido blanco que se cristaliza como plaquetas cerosas y su estructura cristalina consiste en moléculas triangulares de  $B(OH)_3$  interconectadas por enlaces de hidrógeno en capas planas. Esta estructura se presenta al tacto resbaladizo, de esta manera el ácido bórico proporciona lubricidad en productos que van desde cosméticos hasta minas de lápiz, estas propiedades lubricantes fueron redescubiertas en los últimos años por la comunidad científica para diferentes materiales.

#### **b. Bórax**

Schubert citado por Posada (2015), señala que el término bórax se utiliza en referencia a las dos formas cristalinas de sales de sodio hidratadas. En los productos comerciales, estas son generalmente designadas por sus fórmulas de óxido resueltas:  $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2 \text{B}_2\text{O}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$  y  $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2 \text{B}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$  (también se escriben como  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$  y  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ ). La utilización de estas fórmulas conduce a los diferentes nombres aplicados a estos compuestos en el comercio, el primero de ellos se conoce como bórax decahidratado o de referencia bórax 10-Mol, y el segundo es el bórax pentahidratado o bórax 5- Mol. Estos son de color blanco cristalino y son materiales granulares o en polvo. El bórax pentahidratado es el borato refinado más importante en uso hoy en día, su menor contenido de agua hace que sea más económico para su envío, y tiene las mejores propiedades de control, incluyendo una menor tendencia hacia la aglomeración. La mayoría del bórax se produce a partir del mineral tincal (bórax nativo) en un proceso que de recristalización continua a gran escala.

#### **c. Octoborato de sodio**

Inkabor S.A.C. citado por Millones (2000), es una empresa minera ubicada en Arequipa-Perú, elabora el preservante para madera llamado INKABOR TIM e indica que éste es un producto formulado a base de octoborato disódico tetrahidratado, que posee propiedades fungicidas e insecticidas. Menciona que es un tóxico de lenta acción, que actúa en el estómago de los insectos y por contacto en el caso de los hongos. Los insectos y sus larvas, que ingieren la madera preservada, acumulan el ingrediente activo en sus sistemas logrando envenenarse. En el caso de las termitas, el ingrediente activo puede aumentar en su organismo, aprovechando su lenta acción, mientras que es trasladado entre los demás individuos de la colonia por trofalaxia.

### **3. ANTECEDENTES EN PRESERVACIÓN CON COMPUESTOS BÓRICOS.**

Vásquez y Guzmán (1999), encontraron en pares de probetas de *P. oocarpa*, inmunizadas con ácido bórico + bórax, por el método de inmersión simple, sometidas a la acción de 40 termitas del género *Cryptotermes sp.* (Familia *Kalotermitidae*) durante 33 días, que la retención sólida de  $8,3 \text{ kg/m}^3$  no presentaron ningún tipo de desgaste y obtuvo una mortalidad del 100% al finalizar el ensayo, concluyendo que el valor de retención mencionado, es el indicado para obtener un efecto termicida del inmunizante.

Grace y Yamamoto citados por Nogales (2003), señalan que emplearon en *Coptotermes formosanus* (Shiraki) soluciones de borato de sodio con agua al 10% (Timbor) y borato de sodio con glicol al 23,5% (Bora-Care) aplicadas a una cara de la madera de construcción en abeto y difundida por una a 10 semanas, obteniendo mortalidades de 64,5% (Timbor) y 100% (Bora-Care). En los análisis del laboratorio, las termitas confinadas en la proximidad a la madera tratada con el borato de sodio, al entrar en contacto con la superficie de la madera tratada, murieron en menor tiempo que en las soluciones acuosas del borato de sodio.

Myles citado por Millones (2000), menciona que en tableros de partículas y en madera de pino se empleó el octoborato disódico tetrahidratado como preservante contra el ataque de termitas (*Reticulitermes flavipes*) siendo eficaz a concentraciones de 0,85 a 3,00 %, sin presentar diferencias significativas entre ellos. Menciona también, que en los últimos años existe un interés creciente en los boratos como preservantes de madera debido a su excelente difusión y permanencia, así como su mayor aceptabilidad medio-ambiental.

Millones (2000), señala que el compuesto bórico (Octoborato Disódico Tetrahidratado) usado como preservante de madera, para el control de termitas de madera seca *Cryptotermes brevis*, en condiciones de laboratorio, resultó eficaz en forma general, a la concentración del 1% y a una retención promedio de 2 kg de sal por metro cúbico de madera (2 kg/m<sup>3</sup>). Además menciona que en prevención al ataque de estos insectos xilófagos se recomienda usar el preservante octoborato disódico tetrahidratado a concentraciones de 3,5 a 5%, las que permitan garantizar la efectividad del producto en condiciones severas, además de ser concentraciones comercialmente aceptables.

Carmona y Duran (2005), determinaron la eficacia de la sal hidrosoluble de cobre, cromo y boro (CCB), en probetas de madera de albura de *Pinus radiata* D. Don preservadas mediante el método de absorción bajo vacío en una campana de vidrio, frente al ataque de mini colonias de termitas subterráneas (*Reticulitermes hesperus*), formadas por 250 obreras, 3 soldados y 10 ninfas, durante dos meses, clasificando al final el nivel el daño que experimentaron, en cinco grados, desde sin ataque hasta ataque fuerte. Concluyendo que para la sal CCB, el umbral de eficacia es de 7 Kg. oxido activo/m<sup>3</sup> expresado en H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>.

Berrocal y Rojas (2007), encontraron que la madera de albura y duramen de *Tectona grandis*, es altamente resistente al ataque de termitas *Cryptotermes brevis*. Además, determinaron que el tratamiento de inmersión difusión a base de sales inorgánicas de boro (ABE 9,5%) en probetas de albura y duramen, es altamente efectivo ante el ataque de 40 termitas durante 90 días, dado que, según la norma ASTM D-3345, en probetas preservadas y sin preservar se obtuvo una mortalidad completa (100%) y fuerte (67-99%) de termitas, respectivamente. Aparte de ello, la madera preservada mostró daños mínimos y ataques ligeros, mientras que la madera sin preservar presentó daños moderados y ligeros.

Márquez *et al.* (2008), determinaron la efectividad del Timbor (Octaborato de sodio tetahidratado) y de la mezcla de bórax + ácido bórico en proporción 40:60, en probetas de *Pinus caribaea* Mor. var. hondurensis. Barr y Golf (Pino Caribe), preservadas mediante el método de inmersión simple, ante la acción de 40 termitas de la especie *Cryptotermes sp.*, durante 45 días, encontrando que la retención de 0,6 %, en ambos preservantes, presento una mortalidad total de termitas y ningún desgaste en la madera, y que la retención de 0,5 % ocasionó una mortalidad total de termitas, aunque, en las zonas donde estas fueron colocadas se presentó un desgaste superficial en las probetas.

Landauro (2010), encontró que en probetas de *Guadua angustifolia* (Bambú), preservadas por inmersión prolongada con la mezcla de ácido bórico y bórax (pentaborato) en cantidades iguales, no se presentaron daños frente al ataque de 30 termitas de la especie *Cryptotermes brevis* durante 28 días, según la norma ASTM D-3345, para los periodos de inmersión de 72 y 108 horas a la concentración de 2% con una retención efectiva 0,547 kg de Boro/m<sup>3</sup> anhidro.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **1. LUGAR DE EJECUCIÓN.**

Los ensayos de preservación, así como los ensayos de resistencia al ataque de termitas de madera seca y valor eficaz para los preservantes en prueba, se realizaron en los laboratorios de Preservación de la madera y Agentes destructores de la madera, respectivamente. Ambos laboratorios pertenecen al Departamento Académico de Industrias Forestales de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

#### **2. MADERA**

Se empleó madera de albura y duramen de la especie *P. oocarpa* procedente de una plantación de 26 años de edad, cuyo propietario es el Colegio Agropecuario de Oxapampa, la que se encuentra ubicada dentro de la cuenca hidrográfica de la quebrada San Alberto, en el distrito de Oxapampa, provincia de Oxapampa, en la Región Central y oriental del Departamento de Pasco.

Gómez (2000) señala que la cuenca hidrográfica de la quebrada San Alberto se encuentra ubicada geográficamente entre los paralelos 10°31' 07'' y 10° 34' 53'' de Latitud Sur y los meridianos 75° 20' 53'' y 75° 23' 40'' de Longitud Oeste. Esta cuenca limita por el Norte con la cuenca hidrográfica de la quebrada Santa Clara, por el Sur con la cuenca hidrográfica de la quebrada La Esperanza, por el Este con las cumbres de la cordillera Yanachaga, y por el Oeste con el río Chorobamba y la ciudad de Oxapampa. La altitud de la cuenca San Alberto varía desde aproximadamente 1900 msnm hasta 3120 msnm. La fisiografía es compleja con laderas pronunciadas y suaves formando pequeños valles. La zona de vida denominada para esta área es: Bosque Húmedo Montano Bajo Tropical, bh-MBT.

La identificación de la especie de Pino se realizó en el laboratorio de Dendrología y Herbario del Departamento Académico de Manejo Forestal de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

La madera después de ser sometida a un proceso de secado artificial en horno, realizado en el Laboratorio de Secado de la madera del Departamento Académico de Industrias Forestales de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina, obtuvo un contenido de humedad promedio del 13%.

### **3. PRESERVANTE**

Se emplearon dos preservantes inorgánicos e hidrosolubles cuyas características son:

- Preservante 1: Mezcla de 40% de Ácido bórico ( $H_3BO_3$ ) y 60% de Bórax ( $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ ).
- Preservante 2: Octaborato de sodio ( $Na_2B_8O_{13} \cdot 4 H_2O$ ).

### **4. REACTIVOS**

Para determinar la presencia de boro en la madera se utilizó el reactivo de coloración de polvo turmérico, según INDECOPI (1974b) en la Norma Técnica Peruana 251. 026.

### **5. TERMITAS**

Se utilizaron individuos de la casta reproductora de termitas de madera seca de la especie *Cryptotermes brevis* Walker, en estadio de ninfa (inmaduro), recolectados a partir de postes de madera infestada en la Universidad Nacional Agraria La Molina. La identificación de la especie de termita se realizó en el Museo de Entomología “Klaus Raven Büller” del Departamento de Entomología de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

### **6. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS.**

- Planta de impregnación de maderas a escala ECASO IE 0.31/11P
- Horno eléctrico secador de maderas Irvington Moore hasta 80°C
- Estufa con termostato regulable hasta 225°C
- Incubadora Memmert hasta 125 °C
- Balanza Mettler de 0,1g de precisión.
- Balanza analítica AID de 0,0001g de precisión.
- Densímetro de 1,000 a 1,200 g/cm<sup>3</sup> de rango.
- Vernier digital Vogel de 0,01 mm
- Canteadora de disco.

- Despuntadora
- Sierra circular portátil Bosch.
- Termómetro de mercurio hasta 110°C
- Recipientes de inmersión.
- Bomba de vacío Welch
- Wincha de 5 metros
- Marcadores para madera
- Hacha pequeña.
- Comba.
- Pinceles
- Envases de plástico
- Cámara fotográfica digital Panasonic modelo DMC- S3

## **7. METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO**

Para determinar la eficacia de dos compuestos bóricos en la preservación de madera de *P. oocarpa*, se determinó la resistencia al ataque de termitas de madera seca de la especie *Cryptotermes brevis* en probetas de albura y duramen, mediante ensayos de laboratorio, según la norma ASTM D 3345 (2008). De manera semejante, se encontró la eficiencia tóxica para octoborato de sodio y la mezcla de ácido bórico-bórax en probetas de albura preservadas a retenciones diferentes, frente al ataque de la misma especie de termitas, mediante un ensayo de valor eficaz según la norma antes mencionada, con lo que se determinó el valor de retención límite tóxica para ambos preservantes.

Después, usando los compuestos bóricos antes mencionados, se preservaron probetas de albura y duramen mediante los tratamientos de vacío-presión e inmersión prolongada, según INDECOPI (1974a) en la Norma Técnica Peruana 251.019, con el objetivo de determinar las condiciones de los métodos preservadores que se requieren para obtener la retención límite tóxica en ambos preservantes.

### **7.1. PROCEDIMIENTO**

A continuación en las figuras 8 y 9, se muestran dos diagramas de flujo de las operaciones que se realizaron para los ensayos de la investigación, en los que se utilizaron madera de albura y duramen de *P. oocarpa*.

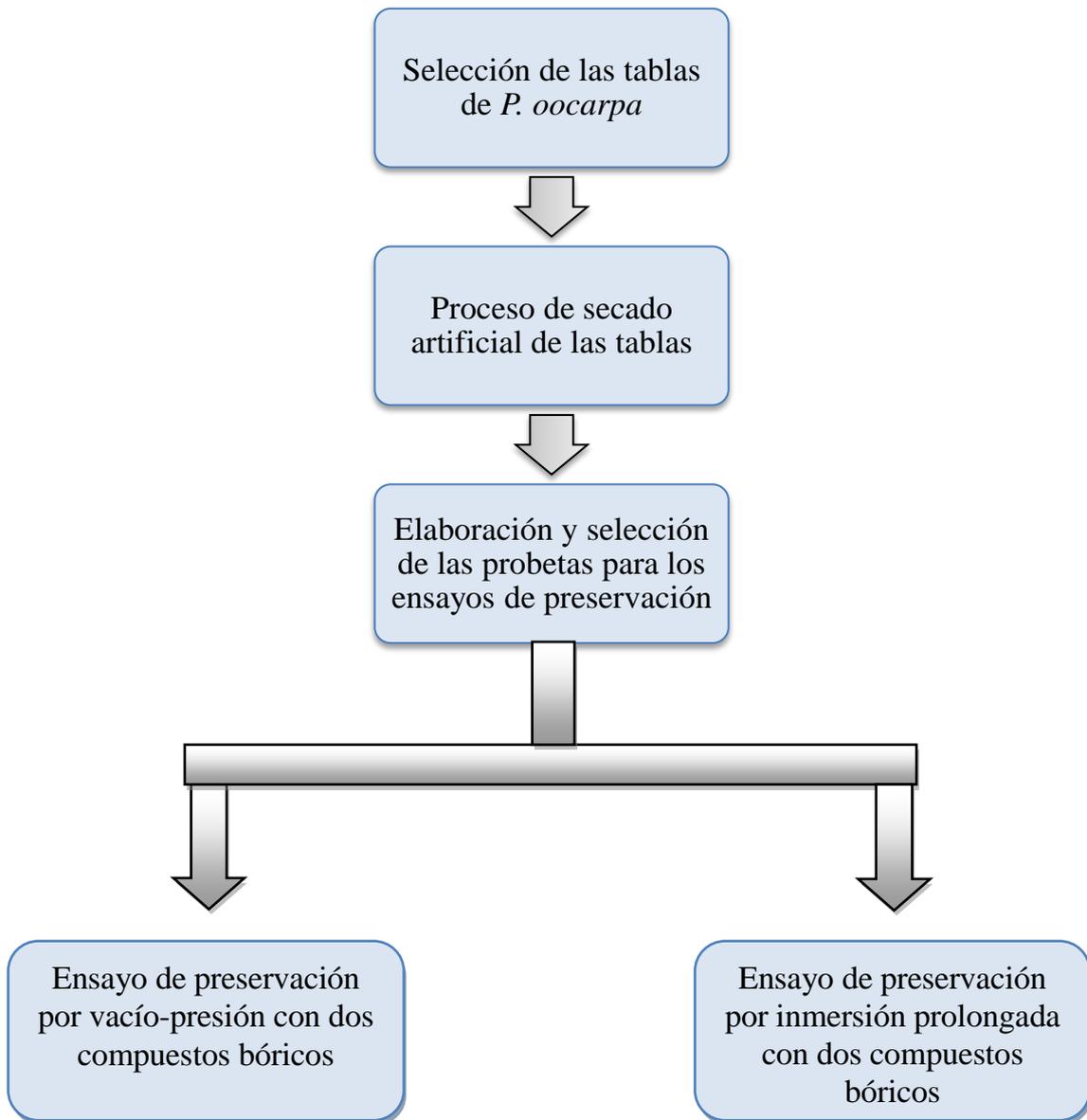


Figura 8: **Diagrama de operaciones de los ensayos de preservación**

FUENTE: *Elaboración propia*

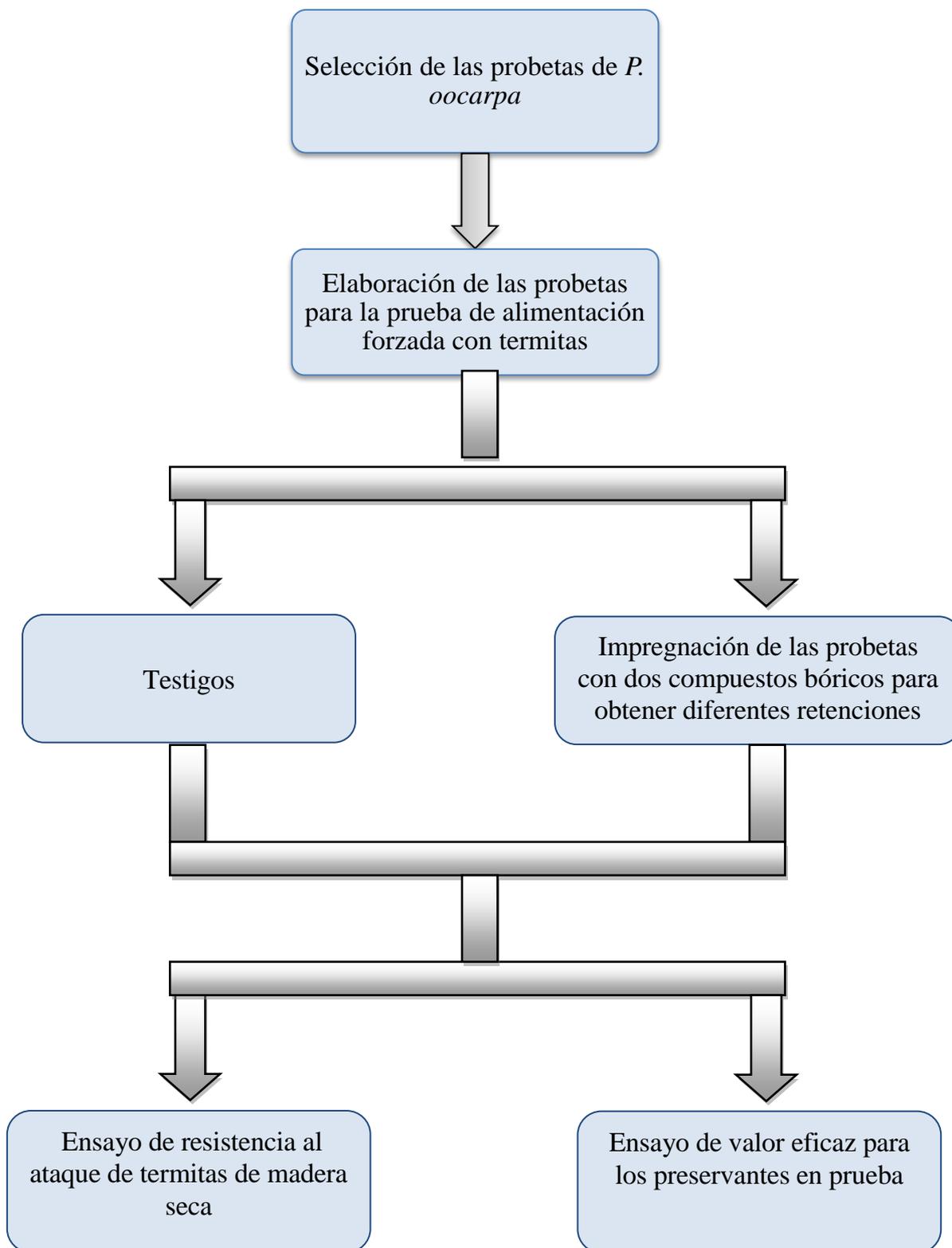


Figura 9: Diagrama de operaciones del ensayo de valor eficaz y resistencia al ataque de termitas de madera seca

FUENTE: Elaboración propia

### **7.1.1. ENSAYO DE RESISTENCIA AL ATAQUE DE TERMITAS DE MADERA SECA.**

El ensayo consistió en determinar la resistencia de la madera de albura y duramen de *P. oocarpa* frente al ataque de termitas de madera seca de la especie *Cryptotermes brevis*, la metodología empleada fue la establecida en la norma ASTM D 3345 (2008) “Standard Test Method for Laboratory Evaluation of Wood and Other Cellulosic Materials for Resistance to Termites”. El ensayo consto de los siguientes pasos:

#### **a. Preparación de las probetas**

Utilizando las probetas dimensionadas para los tratamientos de preservación por inmersión y vacío-presión, se procedió a la preparación de las probetas de madera de albura y duramen, cuyas dimensiones fueron 2,54 cm x 2,54 cm x 0,64 cm, en la dirección tangencial, según lo establecido en la norma ASTM D 3345 (2008).

#### **b. Recolección y selección de termitas de madera seca**

Se recolectaron individuos de la casta reproductora en estadio de ninfas de termitas de la especie *Cryptotermes brevis*, teniendo como fuente, postes de madera infestada que se encontraban en un área cercana al Taller de maquinarias de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Los postes de madera se partieron utilizando una comba y cinceles, para dejar expuestas las galerías donde se encontraban las termitas, luego los individuos fueron recolectados usando un pincel y se colocaron en recipientes de plástico, que tenían pedazos de papel bulky para que las termitas puedan alimentarse, enseguida los recipientes se colocaron dentro de una incubadora a  $28 \pm 2^\circ$  C. Después de una semana de permanencia en la incubadora, las termitas que sobrevivieron fueron las que se usaron en la prueba de alimentación forzada.

#### **c. Preparación de los recipientes para el ensayo**

Se prepararon 10 recipientes de plástico opacos con tapa rosca por cada tratamiento, con el objetivo de proteger a las termitas de la radiación ambiental, a estos recipientes se les hicieron orificios pequeños en la tapa para que los individuos puedan respirar, y además se escribió un código en la etiqueta de cada recipiente, indicando el tipo de madera y número de repetición.

**d. Prueba de alimentación forzada**

Según lo establecido en la norma ASTM D 3345 (2008), en cada recipiente de plástico se colocó una probeta de albura o una duramen de *P. oocarpa*, luego se pesó un gramo de termitas para adicionarlo a cada recipiente, y se colocaron dentro de una incubadora a  $28 \pm 2^\circ$  C. Las probetas fueron sometidas a la acción de las termitas durante 28 días, al término de este tiempo los recipientes fueron retirados de la incubadora, en cada recipiente se registró el peso de los individuos que sobrevivieron y además se evaluó el daño ocasionado a las probetas por el ataque de las termitas.

**e. Evaluación de la prueba de alimentación forzada**

Se realizó una evaluación cualitativa del daño ocasionado en las probetas de albura y duramen por el ataque de termitas, empleando la escala de evaluación propuesta por la norma ASTM D 3345 (2008), que se muestra en la tabla 3:

**Tabla 3: Clasificación de la madera basada en los daños ocasionados por el ataque de termitas.**

<b><i>Daño ocasionado</i></b>	<b><i>Clasificación</i></b>
Sano, roeduras superficiales	10
Ataque leve	9
Ataque moderado, penetración	7
Ataque fuerte	4
Falla	0

*FUENTE: ASTM D 3345 (2008)*

Además se realizó una evaluación cuantitativa del porcentaje de mortalidad de termitas para cada probeta de albura y duramen. Para medir el grado de mortalidad se utilizó el criterio de clasificación de la norma ASTM D 3345 (2008), que se muestra en la tabla 4:

**Tabla 4: Categorías de clasificación para la mortalidad de termitas.**

<b><i>Mortalidad de termitas (%)</i></b>	<b><i>Categoría</i></b>
0 – 33	Ligera
34 – 66	Moderada
67 – 99	Fuerte
100	Completa

*FUENTE: ASTM D 3345 (2008)*

Los resultados del porcentaje de mortalidad de termitas de madera seca y el daño ocasionado en probetas de albura, se tomaron de los obtenidos en las probetas testigo para el octoborato de sodio, en el ensayo de valor eficaz de los preservantes en prueba.

### **7.1.2. ENSAYO DE VALOR EFICAZ PARA LOS PRESERVANTES EN PRUEBA.**

El ensayo consistió en determinar la retención límite tóxica de dos compuestos bóricos usados para proteger probetas de albura de *P. oocarpa* de la acción de organismos biológicos causantes de deterioro. Los insectos xilófagos utilizados en el presente ensayo fueron termitas de madera seca de la especie *Cryptotermes brevis*. El ensayo constó de los siguientes pasos:

#### **a. Preparación de las probetas**

Utilizando las probetas dimensionadas para los tratamientos de preservación por inmersión y vacío-presión, se prepararon probetas de madera de albura, cuyas dimensiones fueron de 2,54cm x 2,54cm x 0,64 cm, en la dirección tangencial. Luego, usando un lápiz, las probetas fueron numeradas para su identificación antes de ser preservadas y posterior selección para la prueba de alimentación forzada.

#### **b. Preparación de soluciones a diferentes concentraciones**

Para los dos compuestos bóricos usados en el ensayo, se prepararon tres soluciones a diferentes concentraciones, empleando agua destilada como solvente, siendo éstas las siguientes: 1, 2 y 3 por ciento. La cantidad de solución preservadora preparada para cada concentración fue de 500 mL.

#### **c. Obtención de las diferentes retenciones**

Con el objetivo de obtener la combinación de concentración y tiempo de inmersión que diera como resultado las retenciones deseadas para la prueba de alimentación forzada con termitas, se impregnaron probetas de albura por el método de inmersión al vacío, con las dos soluciones preservadoras a las concentraciones antes mencionadas. En este tratamiento se aplicó un vacío inicial de -2,45 PSI durante cinco minutos y diferentes tiempos de inmersión para cada compuesto bórico. Las retenciones deseadas, expresadas en  $\text{kg/m}^3$ , fueron las siguientes: a) 1; b) 2; c) 3; d) 4.

Los valores de las combinaciones de concentración y tiempo de inmersión que se usaron para obtener las retenciones deseadas, para ambos compuestos bóricos, se muestran en la tabla 5:

**Tabla 5: Combinaciones de concentración y tiempo de inmersión para obtener las retenciones deseadas para el ensayo de valor eficaz**

<b>Concentración (%)</b>	<b>Tiempo de inmersión (minutos)</b>	<b>Retención (kg/m<sup>3</sup>)</b>
1	1	1
	20	2
2	5	3
	30	4

*FUENTE: Elaboración propia*

#### **d. Tratamiento de preservación**

El tratamiento de preservación de las probetas de albura para el ensayo, se efectuó utilizando un vaso de precipitación colocado dentro de una campana de vidrio, que en la parte superior llevo anexado un tapón y mangueras que comunicaron, por un extremo a un embudo de decantación sostenido por un soporte universal y por el otro a un matraz kitasato, el cual llevo conectado un vacuómetro y en la parte superior tenía un tapón que se conectaba mediante una manguera a una bomba de vacío.

Se determinó el peso inicial de las probetas, luego se introdujeron dentro del vaso de precipitación, colocándoles un peso para que no floten. El vaso se colocó dentro de la campana de vidrio y se tapó herméticamente, después se inició un vacío de -2,45 PSI durante cinco minutos. A continuación se abrió la llave de la pera de decantación que dio paso a la solución preservadora, la que descendió por gravedad hasta cubrir por completo las probetas. Las probetas estuvieron totalmente sumergidas en la solución, una cantidad de minutos establecida anteriormente, de acuerdo a la retención que se deseaba obtener. Al término del tiempo de inmersión se retiraron las probetas, se colocaron encima de un papel para que escurra la solución remanente y después de una hora se obtuvo el peso final de las probetas, con el que se calculó la retención del preservante. Por último, las probetas se almacenaron en un recipiente de plástico en el laboratorio durante tres meses, para después ser usadas en la prueba de alimentación forzada con las termitas.

Para el cálculo de la retención de cada probeta, según INDECOPI (1974b) en la Norma Técnica Peruana 251. 026, se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Ret.} = \frac{(\text{Pf} - \text{Pi}) \times \%C}{100 \times \text{Vol. mad.}}$$

Dónde:

Ret. : Retención del preservante (kg/m<sup>3</sup>)

Pf: Peso de la madera después del tratamiento (kg)

Pi: Peso de la madera antes del tratamiento (kg)

Vol.mad.: Volumen de madera tratada (m<sup>3</sup>)

%C: Concentración de la solución preservadora (%)

**e. Recolección y selección de termitas**

Se utilizaron individuos de la casta reproductora en estadio de ninfas de termitas de la especie *Cryptotermes brevis*, los cuales tuvieron la misma fuente de recolección y proceso de selección, detallados anteriormente para el ensayo de resistencia al ataque de termitas de madera seca.

**f. Preparación de los recipientes para el ensayo**

Se prepararon recipientes de plástico opacos con tapa rosca, con el objetivo de proteger a las termitas de la radiación ambiental, a los que se les hicieron orificios pequeños en la tapa para que las termitas puedan respirar, luego se escribió en la etiqueta de cada recipiente un código, indicando el compuesto bórico, retención del preservante y número de repetición. La cantidad de recipientes fue igual al número de probetas usadas para la prueba de alimentación forzada.

**g. Prueba de alimentación forzada**

En cada recipiente de plástico se colocó una probeta de albura de *P. oocarpa*, luego, según lo establecido en la norma ASTM D 3345 (2008), se agregó un gramo de termitas a cada recipiente y se colocaron dentro de una incubadora a  $28 \pm 2^\circ$  C. Las probetas fueron sometidas a la acción de las termitas durante 28 días, al término de este tiempo, los recipientes fueron retirados de la incubadora, registrándose el peso de los individuos que sobrevivieron y el daño ocasionado a las probetas por el ataque de las termitas.

- Diseño experimental

Para la prueba de alimentación forzada se utilizaron dos compuestos bóricos para impregnar probetas de albura, obteniéndose cuatro retenciones diferentes y además un testigo sin tratamiento preservador. La cantidad de repeticiones fue de 10 para cada tratamiento, como se muestra en la tabla 6:

Tabla 6: **Diseño experimental para el ensayo de valor eficaz utilizando termitas de madera seca**

	<b>Tratamientos</b>				
<b>Retención de los preservantes (kg/m<sup>3</sup>)</b>	Testigo	1	2	3	4
<b>Peso de termitas por repetición (g)</b>	1	1	1	1	1
<b>Nº de repeticiones</b>	10	10	10	10	10

FUENTE: *Elaboración propia*

**h. Evaluación de la prueba de alimentación forzada**

Las evaluaciones se realizaron según lo establecido en la norma ASTM D 3345 (2008), tanto para la evaluación cualitativa del daño ocasionado en las probetas de albura por el ataque de termitas, así como, para la evaluación cuantitativa del porcentaje de mortalidad de termitas para las diferentes retenciones y testigos. En ambos casos se utilizaron las respectivas escalas propuestas por la norma, las cuales fueron detalladas anteriormente en el ensayo de resistencia al ataque de termitas de madera seca.

**7.1.3. ENSAYO DE PRESERVACIÓN POR VACÍO-PRESIÓN.**

El ensayo consistió en utilizar un autoclave para aplicar dos soluciones preservadoras, a concentraciones determinadas, a probetas de madera de albura y duramen de *P. oocarpa*, mediante un vacío inicial, seguido de un periodo de presión y un vacío final, usando diferentes magnitudes de presión a diferentes periodos de tiempo, con el objetivo de determinar el tratamiento por vacío- presión más adecuado para obtener una retención eficaz. El ensayo tuvo el siguiente procedimiento:

**a. Preparación y selección de las probetas**

Haciendo uso de maquinaria de carpintería, como la sierra circular y la canteadora pertenecientes al Taller de maquinarias de la Facultad de Ciencias Forestales de la

Universidad Nacional Agraria La Molina, se prepararon las probetas de albura y duramen de *P. oocarpa*, que tuvieron las siguientes dimensiones: 2,54cm x 2,54cm x 49cm. Luego se seleccionaron las probetas que estuvieran libres de defectos de forma provenientes del proceso de secado, nudos vivos y/o muertos, grietas, rajaduras, arista faltante y defectos provenientes del maquinado. A continuación fueron codificadas usando marcadores de madera, identificando el método de preservación, compuesto bórico, tipo de madera, magnitud de la presión, periodo de tiempo, y número de repetición, antes de ser usadas en los tratamientos por vacío-presión.

#### **b. Preparación de los preservantes**

Se prepararon las dos soluciones preservadoras por separado en cilindros de plástico, el primer preservante hidrosoluble en prepararse fue la mezcla de ácido bórico ( $H_3BO_3$ ) al 40% y bórax ( $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ ) al 60%, después se procedió a preparar el Octoborato de sodio ( $Na_2B_8O_{13} \cdot 4 H_2O$ ), ambos fueron disueltos en 150 litros de agua para que tuvieran una concentración de 3%. La cantidad de kilogramos usados para cada compuesto bórico, se muestra en la tabla 7:

Tabla 7: **Composición de los compuestos bóricos**

<b>Solución preservadora</b>		<b>Peso del preservante (kg)</b>
Mezcla	Ácido bórico	1,8
	Bórax	2,7
Octoborato de sodio		4,5

FUENTE: *Elaboración propia*

#### **c. Tratamiento de vacío- presión**

Se realizó un ensayo preliminar (ver anexo 7), con probetas de albura y duramen de *P. oocarpa*, con el objetivo de determinar el rango adecuado para las magnitudes de presión y periodos de tiempo que se usarían para los dos preservantes hidrosolubles, con lo que se estableció que el tratamiento por vacío-presión tendrá tres magnitudes de presión con tres periodos de tiempo.

Para realizar los tratamientos de preservación, primero se determinó el peso inicial de las probetas, luego utilizando separadores entre ellas y amarrándolas con pabilo en cada extremo, se armó las cargas para los diferentes tratamientos, las que estuvieron formadas por cinco probetas de albura o duramen. Luego, las cargas se colocaron en un soporte montado

en rieles, amarrándolas usando un par de cadenas y pabilos, para evitar que flotaran al ingresar la solución preservadora, después se introdujeron en el autoclave.

A continuación se realizó el vacío inicial de -10 PSI durante 10 minutos, luego se permitió el ingreso del preservante al autoclave por gravedad, hasta que quedara completamente lleno, seguidamente se aplicó presión a una magnitud y tiempo establecido. Cuando termino el proceso de impregnación se devolvió el preservante al tanque de almacenamiento y antes de retirar las cargas se realizó un vacío final de -10 PSI durante tres minutos y 20 segundos, esto con el objetivo de lograr que escurra el exceso de preservante antes de abrir la puerta del autoclave. Acto seguido, se abrió el autoclave y se retiraron las cargas del soporte montado en rieles, luego se desamarraron cortando los pabilos que unían las probetas y retirando los separadores entre ellas. Enseguida, las probetas se colocaron en el suelo para que la solución remanente pueda escurrir, y después de una hora se obtuvo el peso final de cada probeta, con el que se calculó la retención del preservante.

- Diseño experimental

Para el ensayo de preservación por vacío-presión, se utilizaron dos compuestos bóricos, para impregnar probetas de albura y duramen, mediante diferentes magnitudes de presión a diferentes periodos de tiempo, empleándose cinco repeticiones para cada tratamiento, como se muestra en la tabla 8:

Tabla 8: **Diseño experimental para el ensayo de preservación por vacío- presión**

<b>Tipo de madera: Albura y Duramen</b>	<b>Tratamientos</b>								
<b>Magnitud de la presión (PSI)</b>	60			90			120		
<b>Tiempo de presión (minutos)</b>	10	20	30	10	20	30	10	20	30
<b>Nº de repeticiones</b>	5	5	5	5	5	5	5	5	5

FUENTE: *Elaboración propia*

#### **d. Evaluación del método de preservación**

Según INDECOPI (1974b) en la Norma Técnica Peruana 251. 026, se realizó el cálculo de la retención de la solución preservadora expresada en  $\text{kg/m}^3$ , pero para lograr esto previamente se calculó el volumen de cada probeta antes del tratamiento preservador, utilizando los valores de espesor, ancho y largo de cada una, obtenidos con ayuda de un vernier digital y una cinta métrica. Para calcular la retención de cada probeta, se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Ret.} = \frac{(\text{Pf} - \text{Pi}) \times \%C}{100 \times \text{Vol. mad.}}$$

Dónde:

Ret. : Retención del preservante ( $\text{kg/m}^3$ )

Pf: Peso de la madera después del tratamiento (kg)

Pi: Peso de la madera antes del tratamiento (kg)

Vol.mad.: Volumen de madera tratada ( $\text{m}^3$ )

%C: Concentración de la solución preservadora (%)

Además, de acuerdo a la norma técnica mencionada anteriormente, se realizó la evaluación de la presencia de compuestos de boro en cada probeta, utilizando el reactivo de coloración de polvo turmérico, mediante las siguientes actividades:

- Después de tres semanas de aplicado el tratamiento preservador, utilizando una sierra circular portátil se procedió a realizar un corte transversal en el centro de cada probeta.
- En la sección de la probeta expuesta por el corte, primero se esparció la solución A, que se dejó secar por unos minutos, acto seguido se esparció la solución B del reactivo de Cúrcuma que también se dejó secar. Por último después de dos días se observó la reacción de coloración que se produjo en cada probeta.
- Al obtener un color rojo claro o pardo rojizo índico la presencia de los compuestos de boro, en cambio el teñirse de color amarillo encendido indico la ausencia de estos compuestos en la probeta.
- Para terminar, se encontró el tipo de penetración en cada probeta, empleándose la escala de evaluación propuesta por JUNAC (1988).

#### **7.1.4. ENSAYO DE PRESERVACIÓN POR INMERSIÓN PROLONGADA.**

El ensayo consistió en sumergir probetas de madera de albura y duramen de *P. oocarpa* en dos soluciones preservadoras, a concentraciones determinadas, durante diferentes tiempos de inmersión, con el objetivo de determinar el tratamiento más adecuado para obtener una retención eficaz. El ensayo tuvo el siguiente procedimiento:

##### **a. Preparación y selección de las probetas**

En el Taller de maquinarias de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina, se prepararon las probetas de albura y duramen de *P. oocarpa*, que tuvieron las siguientes dimensiones: 2,54cm x 2,54cm x 49cm. Después las probetas pasaron por un proceso de selección que fue detallado en el ensayo anterior, acto seguido fueron codificadas usando marcadores de madera, identificando el método de preservación, compuesto bórico, tipo de madera, tiempo de inmersión y número de repetición antes de ser utilizadas en los tratamientos de inmersión.

##### **b. Preparación de los preservantes**

Se utilizaron las dos soluciones preservadoras preparadas anteriormente para el ensayo de preservación por vacío-presión, que se encontraban almacenadas en recipientes en el laboratorio. Debido a su uso en el ensayo de preservación por vacío- presión, se tuvo que determinar a qué concentración se encontraban las soluciones antes de empezar los tratamientos de inmersión, para esto se extrajo una muestra de cada solución, las que se colocaron en diferentes probetas graduadas, luego con el uso de un densímetro se procedió a tomar la medición de la densidad y después con ayuda de un termómetro se tomó la temperatura en la que se encontraban las muestras en ese momento.

A continuación utilizando los valores de las densidades obtenidas para cada solución preservadora, se determinó el valor de las respectivas concentraciones usando la tabla de concentraciones de cada compuesto bórico. Debido a que las concentraciones encontradas para cada solución fueron mayores a la establecida para el ensayo de preservación por vacío-presión, se procedió a disminuir su valor hasta llegar a 3% para cada compuesto bórico. Teniendo en cuenta que se usarían 90 litros de cada solución preservadora, se calculó el volumen de agua que se debía agregar a las soluciones utilizando la siguiente ecuación:

$$\rho_i \%C_i \times V_i = \rho_f \%C_f \times V_f$$

Dónde:

$\rho_i$  : Densidad inicial de la solución preservadora

$\rho_f$  : Densidad final de la solución preservadora

$\%C_i$ : Concentración inicial de la solución preservadora

$\%C_f$ : Concentración final de la solución preservadora

$V_i$ : Volumen inicial de solución preservadora

$V_f$ : Volumen final de solución preservadora

### **c. Tratamiento de inmersión prolongada**

Se realizó un ensayo preliminar (ver anexo 8), con probetas de albura y duramen de *P. oocarpa*, con el objetivo de determinar el rango adecuado para los tiempos de inmersión que se usarían para los dos preservantes hidrosolubles, con lo que se estableció que el tratamiento de inmersión tendría siete periodos de tiempo.

Se determinó el peso inicial de las probetas, para después utilizando separadores entre ellas y amarrándolas con pabilo en cada extremo, armar las cargas para los diferentes tiempos de inmersión, las que estuvieron formadas por cinco probetas de albura o duramen. Después las cargas se sumergieron en la tina de inmersión que contenía 90 litros de la solución preservadora, se colocaron pesos para que no floten y al cumplirse el tiempo establecido fueron retiradas. Luego se procedió a desarmar las cargas cortando el pabilo que unía las probetas y retirando los separadores entre ellas, a continuación estas se colocaron en el suelo para que la solución remanente pueda escurrir, y para terminar después de una hora se obtuvo el peso final de las probetas con el que se calculó la retención del preservante.

#### - Diseño experimental

Para el tratamiento de inmersión prolongada se utilizaron dos compuestos bóricos para impregnar las probetas de albura y duramen, a diferentes periodos de tiempo empleándose cinco repeticiones para cada tratamiento, como se muestra en la tabla 9:

Tabla 9: **Diseño experimental para el ensayo de preservación por inmersión prolongada**

<b>Tipo de madera: Albura y Duramen</b>	<b>Tratamientos</b>						
<b>Tiempo de inmersión (horas)</b>	2	4	8	16	32	64	96
<b>Nº de repeticiones</b>	5	5	5	5	5	5	5

FUENTE: *Elaboración propia*

#### **d. Evaluación del método de preservación**

Según INDECOPI (1974b) en la Norma Técnica Peruana 251. 026, se realizó el cálculo de la retención de la solución preservadora expresada en  $\text{kg/m}^3$ , para esto previamente utilizando un vernier digital y una wincha se obtuvo los valores de espesor, ancho y largo para poder calcular el volumen de cada probeta. Para calcular la retención de cada probeta, se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Ret.} = \frac{(\text{Pf} - \text{Pi}) \times \%C}{100 \times \text{Vol. mad.}}$$

Dónde:

Ret. : Retención del preservante ( $\text{kg/m}^3$ )

Pf: Peso de la madera después del tratamiento (kg)

Pi: Peso de la madera antes del tratamiento (kg)

Vol.mad.: Volumen de madera tratada ( $\text{m}^3$ )

%C: Concentración de la solución preservadora (%)

Además de acuerdo a la norma técnica mencionada anteriormente, se realizó la evaluación de la presencia de compuestos de boro en cada probeta mediante la aplicación del reactivo de coloración de polvo turmérico, y también se determinó el tipo de penetración del preservante empleando la escala de evaluación propuesta por JUNAC (1988), el procedimiento de aplicación del reactivo fue detallado anteriormente para el ensayo de preservación por vacío-presión.

## **7.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.**

### **7.2.1. PARA EL ENSAYO DE RESISTENCIA AL ATAQUE DE TERMITAS DE MADERA SECA.**

Estadística (X1-X2) Prueba T.

La mortalidad evaluada como peso de termitas muertas es igual en albura y duramen.

- Ho:  $X1-X2 = 0$

- Ha:  $X1-X2 \neq 0$

### **7.2.2. PARA EL ENSAYO DE VALOR EFICAZ DE LOS PRESERVANTES EN PRUEBA.**

a. Prueba de normalidad de Anderson-Darling, para la caracterización de la forma de la distribución de los datos.

b. Diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con 10 repeticiones por tratamiento, de acuerdo al siguiente esquema:

Unidad experimental: probetas de madera de albura de *P. oocarpa*.

Variable observada: Peso de termitas muertas (g)

Nivel de Significación: 95% de confianza, con un  $\alpha = 0,05$

Tratamientos: Retención del preservante ( $\text{kg/m}^3$ )

Niveles de los tratamientos: 0, 1, 2, 3, 4 ( $\text{kg/m}^3$ )

Bloque: Tipo de preservante (Ácido bórico-bórax, Octoborato de sodio)

De acuerdo al diseño utilizado se plantean las siguientes hipótesis:

- Hp 1: Los efectos de la media de los tratamientos en el porcentaje de mortalidad son iguales

- Hp 2: Al menos uno de los tratamientos es diferente.

### **7.2.3. PARA EL ENSAYO DE PRESERVACIÓN POR VACÍO-PRESIÓN.**

- a. Prueba de normalidad de Anderson-Darling, para la caracterización de la forma de la distribución de los datos.
- b. Diseño completamente al azar (DCA) con un arreglo factorial de 2A x 3B x3C con cinco repeticiones por tratamiento, previamente para la madera de duramen se realizó una transformación de datos mediante la función logaritmo para cada valor de retención obtenido. El diseño se realizó de acuerdo al siguiente esquema:

Unidad experimental: probetas de madera de *P. oocarpa* de albura y duramen.

Variable observada: Retención del preservante ( $\text{kg/m}^3$ ).

Nivel de Significación: 95% de confianza, con un  $\alpha = 0,05$

Factores:

- Factor A: Tipo de preservante (P)

Niveles de factor A: Ácido bórico-bórax, Octoborato de sodio

- Factor B: Magnitud de presión (P)

Niveles de factor P: 60, 90, 120 (PSI)

- Factor C: Tiempo de presión (T)

Niveles de factor T: 10, 20, 30 (minutos)

- Tipo de combinación: P-P-T
- Tratamientos (Tipo de preservante, presión y tiempo de presión): los tratamientos que se consideraron para la prueba estadística, se indican en la tabla 10.

Tabla 10: **Tratamientos para la prueba estadística del ensayo de preservación por vacío-presión.**

<i>Tratamientos</i>		
Ácido bórico-Bórax, 60 PSI y 10 minutos	Ácido bórico-Bórax, 90 PSI y 10 minutos	Ácido bórico-Bórax, 120 PSI y 10 minutos
Ácido bórico-Bórax, 60 PSI y 20 minutos	Ácido bórico-Bórax, 90 PSI y 20 minutos	Ácido bórico-Bórax, 120 PSI y 20 minutos
Ácido bórico-Bórax, 60 PSI y 30 minutos	Ácido bórico-Bórax, 90 PSI y 30 minutos	Ácido bórico-Bórax, 120 PSI y 30 minutos
Octoborato de sodio, 60 PSI y 10 minutos	Octoborato de sodio, 90 PSI y 10 minutos	Octoborato de sodio, 120 PSI y 10 minutos
Octoborato de sodio, 60 PSI y 20 minutos	Octoborato de sodio, 90 PSI y 20 minutos	Octoborato de sodio, 120 PSI y 20 minutos
Octoborato de sodio, 60 PSI y 30 minutos	Octoborato de sodio, 90 PSI y 30 minutos	Octoborato de sodio, 120 PSI y 30 minutos

FUENTE: *Elaboración propia*

#### **7.2.4. PARA EL ENSAYO DE PRESERVACIÓN POR INMERSIÓN PROLONGADA.**

- a. Prueba de normalidad de Anderson-Darling, para la caracterización de la forma de la distribución de los datos.
- b. Diseño completamente al azar (DCA) con un arreglo factorial de 2A x 7B con cinco repeticiones por tratamiento, realizándose previamente una transformación de datos mediante la función logaritmo para cada valor de retención obtenido, tanto para la madera de albura como para la de duramen. El diseño se realizó de acuerdo al siguiente esquema:

Unidad experimental: probetas de madera de *P. oocarpa* de albura y duramen.

Variable observada: Retención del preservante ( $\text{kg/m}^3$ ).

Nivel de Significación: 95% de confianza, con un  $\alpha = 0,05$

Factores:

- Factor A: Tipo de preservante (P)

Niveles de factor A: Ácido bórico-bórax, Octoborato de sodio

- Factor B: Tiempo de inmersión (T)

Niveles de factor B: 2, 4, 8, 16, 32, 64, 96 horas

- Tipo de combinación: P- T
- Tratamientos (Tipo de preservante y tiempo de inmersión): los tratamientos que se consideraron para la prueba estadística, se indican en la tabla 11.

**Tabla 11: Tratamientos para la prueba estadística del ensayo de preservación por inmersión prolongada.**

<i>Tratamientos</i>	
Ácido bórico-Bórax y 2 horas	Octoborato de sodio y 2 horas
Ácido bórico-Bórax y 4 horas	Octoborato de sodio y 4 horas
Ácido bórico-Bórax y 8 horas	Octoborato de sodio y 8 horas
Ácido bórico-Bórax y 16 horas	Octoborato de sodio y 16 horas
Ácido bórico-Bórax y 32 horas	Octoborato de sodio y 32 horas
Ácido bórico-Bórax y 64 horas	Octoborato de sodio y 64 horas
Ácido bórico-Bórax y 96 horas	Octoborato de sodio y 96 horas

*FUENTE: Elaboración propia*

De acuerdo al diseño utilizado se plantean las siguientes hipótesis:

- Hp 1: Los efectos del tipo de preservante y tiempo de inmersión en la retención son similares.
- Hp 2: Los efectos de interacción entre los factores del tipo de preservante y tiempo de inmersión son similares.



## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 1. ENSAYO DE RESISTENCIA AL ATAQUE DE TERMITAS DE MADERA SECA.

En la tabla 12, se muestra el daño ocasionado por el ataque de termitas de madera seca y su mortalidad en probetas de albura y duramen de *P. oocarpa*.

En la evaluación del daño ocasionado en las probetas por el ataque de termitas de madera seca, se aprecia que en la madera de albura así como en la de duramen, se obtuvo la misma clasificación que fue de 4, que representa un ataque fuerte, el cual se caracterizó por perforaciones profundas en una o más partes de las probetas, además de la presencia de galerías internas, que en algunos casos las atravesaron de cara a cara y/o de cabeza a cabeza.

Por otra parte en la mortalidad de termitas, se observan categorías diferentes, para cada tipo de madera, es decir, para las probetas de albura la categoría obtenida fue de mortalidad ligera, mientras que para las de duramen, la categoría encontrada fue de mortalidad moderada. En base a lo anterior se puede afirmar que la madera de duramen, fue más eficaz en la eliminación de termitas de madera seca en comparación con la madera de albura.

Tabla 12: Daño ocasionado y mortalidad de termitas en probetas de albura y duramen de *P. oocarpa*.

Tipo de madera	Daño ocasionado	Evaluación	
		Mortalidad de termitas	
		%	Categoría
Albura	4	33,80	Ligera
Duramen	4	36,39	Moderada

Donde: Para la evaluación del daño ocasionado: 4 = ataque fuerte y para la mortalidad de termitas: Ligera= (0-33) %; Moderada= (34-66) %. Según ASTM D 3345

El daño ocasionado por el ataque de termitas de madera seca en probetas de albura concuerda con Benítez *et al.* citado por Eguigurems (2016), Ofi-Catie (2003) y Silva (2006), quienes señalan que la madera de albura de *P. oocarpa* no es resistente al ataque de termitas. Así mismo, coincide con Vásquez y Guzmán (1999), quienes concluyeron que la especie es altamente susceptible al poder destructor de estos insectos xilófagos.

Hay que mencionar, además que el ataque de termitas de madera seca en probetas de albura, concuerda con Wolcott citado por Dourojeanni (1964), quien determinó que la especie *Pinus taeda* L. es muy susceptible al ataque de *Cryptotermes brevis* (Walker). De manera semejante Pérez *et al.* citado por Arcos (1999), encontró que el *Pinus patula* es susceptible al ataque de termitas de la misma especie mencionada anteriormente.

Con respecto al daño ocasionado por el ataque de termitas de madera seca en probetas de duramen, este difiere de lo señalado por Ofi-Catie (2003), lo que podría deberse, a que las probetas usadas en el ensayo fueron extraídas de la zona interna del duramen, lo cual coincide con Behr citado por Loayza (1979), que comprobó que la madera de la parte interna del duramen es menos resistente que aquella de la parte exterior. Del mismo modo, Da Costa *et al.* citado por Berrocal y Rojas (2007), demostró que la durabilidad del duramen disminuye en las zonas más cercanas a la medula. Así mismo, Becker citado por Loayza (1979), indica que el duramen desarrollado al principio de la estación de crecimiento es consumido primero que el desarrollado posteriormente. Por el contrario, el daño ocasionado en probetas de duramen concuerda con Loayza (1979), quien en probetas de duramen *Pinus caribaea* Morelet, concluyó que la madera es susceptible al ataque de termitas, debido a que no se encontró ningún factor de resistencia natural.

En relación con la semejanza obtenida en la clasificación del daño ocasionado por el ataque de termitas de madera seca en probetas de albura y duramen, esta podría deberse a lo señalado por Loayza (1979), quien concluyó que *Cryptotermes brevis* en condiciones de laboratorio muestra mayor agresividad y mejor adaptación que *Nasutitermes corniger*, demostrando además que la tasa de consumo de la termita de madera seca es dos veces más alta que la de *Reticulitermes flavipes*, una termita muy destructiva en Estados Unidos. Otra de las posibles causas sería lo mencionado sobre la madera de duramen por Becker y Behr citados por Loayza (1979), así como lo señalado por Da Costa *et al.* citado por Berrocal y Rojas (2007).

Por otro lado, el porcentaje de mortalidad obtenido en las probetas de duramen, fue menor que el encontrado por Loayza (1979), lo cual podría deberse a que en la presente investigación se usó una cantidad considerablemente mayor de termitas en cada probeta, esto coincide con lo señalado por el mismo autor, quien menciona que en números crecientes de termitas debe esperarse una tasa más baja de mortalidad.

En cuanto al mayor porcentaje de mortalidad obtenido en las probetas de duramen a comparación de las de albura, esto concuerda con Tuset y Duran (1979) , quienes indican que la madera de duramen contiene aceites esenciales, resinas, taninos, gomas, compuestos fenólicos, polifenoles y sustancias hidrosolubles diversas de alta toxicidad, las cuales son inhibidoras del desarrollo de insectos xilófagos. Así mismo, Carter, Stringer y Taras citados por Arcos (1999), encontraron una mayor mortalidad de termitas en bloques de madera interna (duramen) en comparación con la madera externa (albura). Del mismo modo Pérez *et al.* citado por Arcos (1999), concluyo que en la madera de duramen la principal causa de resistencia al ataque de la termitas de madera seca, fue la presencia de extractivos, ya que estas sustancias actuaron como tóxicos contra las termitas, provocando la muerte de los protozoarios simbioses que habitan en su intestino y/o disminuyeron la palatabilidad de la madera (deterrencia alimentaria).

A continuación, en las figuras 10 y 11, se muestran los daños ocasionados por el ataque de termitas de madera seca en probetas de albura y duramen de *P. oocarpa*.



Figura 10: Daño ocasionado en probetas de albura de *P. oocarpa*.



Figura 11: Daño ocasionado en probetas de duramen de *P. oocarpa*.

## 2. ENSAYO DE VALOR EFICAZ PARA LOS PRESERVANTES EN PRUEBA.

En la tabla 13, se muestra el daño ocasionado por el ataque de termitas de madera seca en probetas de albura de *P. oocarpa*, sin tratamiento preservador e impregnadas con dos compuestos bóricos a diferentes retenciones.

En el caso de las probetas testigo, para los dos compuestos bóricos, se obtuvo la clasificación de 4, que quiere decir un ataque fuerte, el que se caracterizó por perforaciones profundas en las caras y cantos de las probetas, además de la presencia de galerías internas que en algunos casos las atravesaron de cara a cara y/o de cabeza a cabeza.

En relación con, las retenciones de 1 y 2 kg/m<sup>3</sup>, los dos compuestos bóricos obtuvieron la misma clasificación que fue de 7, la que indica un ataque moderado, el cual se caracterizó por perforaciones en una o más partes de las probetas, que en algunos casos fueron profundas y que en su mayoría se presentaron en las cabezas, sin embargo no hubo presencia de galerías internas como en la clasificación anterior.

Además en esta tabla se observa, que en la retención de 3 kg/m<sup>3</sup>, se presentaron clasificaciones diferentes para cada compuesto bórico, es decir para la mezcla de ácido bórico-bórax la clasificación obtenida fue de 9, lo cual significa un ataque leve, que se caracterizó por perforaciones en las caras y cabezas de las probetas, mientras que para el octoborato de sodio, la clasificación que se obtuvo fue de 10, que corresponde a un daño mínimo, que significa roeduras superficiales en una o más partes de las probetas. En base a

lo anterior se puede afirmar que para la retención de 3 kg/m<sup>3</sup>, el octoborato de sodio protegió de una forma más eficaz a las probetas de albura del ataque de las termitas de madera seca en comparación con la mezcla de ácido bórico-bórax.

Se debe agregar que, en la retención 4 kg/m<sup>3</sup>, la clasificación obtenida en ambos compuestos bóricos fue de 10, la que representa un daño mínimo, el cual se caracterizó por roeduras superficiales, debido a que las termitas intentaron perforar la madera pero no pudieron lograrlo.

En resumen, los valores de retención de 3 y 4 kg/m<sup>3</sup> para el octoborato de sodio y la mezcla de ácido bórico-bórax, respectivamente, protegieron de forma efectiva a las probetas del ataque de termitas de madera seca.

Tabla 13: **Daño ocasionado en probetas de albura de *P. oocarpa* sin preservar e impregnadas con dos compuestos bóricos a diferentes retenciones.**

		<b>Daño ocasionado</b>			
		<b>Retención (kg/m<sup>3</sup>)</b>			
<b>Preservantes</b>	<b>Testigo</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Ácido Bórico-Bórax</b>	4	7	7	9	10
<b>Octoborato de sodio</b>	4	7	7	10	10

*Donde: 10 = roeduras superficiales; 9 = ataque leve; 7 = ataque moderado, penetración; 4 = ataque fuerte; 0 = fallas. Según ASTM D 3345*

Los valores de retención que protegieron de forma efectiva a las probetas, obtenidos para cada compuesto bórico, son menores que el encontrado por Vásquez y Guzmán (1999), lo cual fue posible, a pesar de que la probabilidad de obtener un mayor daño en las probetas fue superior, debido a que en la prueba de alimentación forzada, las probetas fueron sometidas a la acción de una cantidad considerablemente mayor de termitas, 200 individuos del mismo género, durante 28 días. Lo anterior difiere de lo mencionado por Mc Mahan citado por Loayza (1979), quien señala que el “efecto de grupo” puede permitir una mayor eficiencia del consumo, mayor longevidad y vigor de las termitas en ensayos de laboratorio.

Hay que mencionar además, que para los dos compuestos bóricos usados, los valores de retención encontrados, que protegieron de forma efectiva a las probetas, son mayores que los hallados por Millones (2000) y Márquez *et al.* (2008), lo que puede deberse a que en el

presente estudio, cada probeta estuvo expuesta al ataque de un mayor número de termitas, lo cual coincide con Millones (2000), quien señala que el efecto del preservante no se manifiesta de manera inmediata, por consiguiente, las termitas van penetrando y aunque en el transcurso mueran, cabe la posibilidad de que en una siguiente infestación las nuevas termitas continúen el ataque anterior. Por otra parte, Blanchette *et al.* citado por Márquez *et al.* (2008), señala que la diferencia en los valores de retención límite tóxica, se debe a que la resistencia a las termitas no es una propiedad simple, sino depende de la clase de termita, especie de madera, composición química de cada especie de madera, condiciones climáticas de la zona, así como las condiciones bajo las cuales se emplea la madera. Otra de las posibles causas sería lo señalado por Mc Mahan citado por Loayza (1979).

Por otra parte, en cada compuesto bórico los valores de retención obtenidos, que protegieron de forma efectiva a las probetas, son menores que el reportado por Carmona y Duran (2005). A pesar de que en el presente estudio se usó una cantidad parecida de termitas de madera seca en la prueba de alimentación forzada, la inferioridad del valor de retención límite tóxica, se puede deber a lo señalado por Blanchette *et al.* citado por Márquez *et al.* (2008).

Se debe agregar que, los valores de retención que protegieron de forma efectiva a las probetas, encontrados para cada compuesto bórico, fueron similares al hallado por Baeza *et al.* (2002), a pesar de que en la presente investigación se utilizó una especie diferente de termitas.

Así mismo, en cada compuesto bórico los valores de retención obtenidos, que protegieron de forma efectiva a las probetas, son similares al establecido por el Instituto Argentino de Racionalización de Materiales- IRAM 9600 citado por Bobadilla *et al.* (2006), el cual indica que los valores nominales mínimos de retención para coníferas, en zonas donde hay más riesgos de termitas, deben ser de 4 Kg /m<sup>3</sup> de óxidos para maderas sin contacto con el suelo.

En la tabla 14, se muestra las categorías de mortalidad de termitas de madera seca obtenidas en probetas de albura de *P. oocarpa*, sin tratamiento preservador e impregnadas con dos compuestos bóricos a diferentes retenciones.

En el caso de las probetas testigo, los porcentajes de mortalidad obtenidos en ambos compuestos bóricos, se clasificaron como mortalidad ligera. En cuanto a las retenciones de 1 y 2 kg/m<sup>3</sup>, los dos compuestos bóricos también presentaron la misma categoría de mortalidad, pero en ambas retenciones fue la de moderada.

Además, se observa que en la retención de 3 kg/m<sup>3</sup>, los compuestos bóricos presentaron categorías de mortalidad de termitas diferentes, es decir, para la mezcla de ácido bórico-bórax se obtuvo la categoría fuerte, mientras que para el octoborato de sodio, la categoría encontrada, fue la de moderada. En base a lo anterior, se puede afirmar que en la retención de 3 kg/m<sup>3</sup>, la mezcla de ácido bórico-bórax fue más eficaz en la eliminación de termitas de madera seca en comparación con octoborato de sodio.

Para terminar, en la retención de 4 kg/m<sup>3</sup>, el octoborato de sodio y la mezcla de ácido bórico-bórax, presentaron una categoría de mortalidad similar, que fue la de fuerte.

Tabla 14: **Mortalidad de termitas en probetas de albura de *P. oocarpa* sin preservar e impregnadas con dos compuestos bóricos a diferentes retenciones.**

<b>Mortalidad de termitas</b>				
<b>Preservantes</b>				
<b>Ácido Bórico-Bórax</b>			<b>Octoborato de sodio</b>	
<b>Retención (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Mortalidad (%)</b>	<b>Categoría</b>	<b>Mortalidad (%)</b>	<b>Categoría</b>
<b>Testigo</b>	33,96	Ligera	33,80	Ligera
<b>1</b>	57,04	Moderada	48,12	Moderada
<b>2</b>	61,84	Moderada	47,38	Moderada
<b>3</b>	68,23	Fuerte	59,83	Moderada
<b>4</b>	75,10	Fuerte	77,02	Fuerte

*Donde: Ligera= 0-33%; Moderada= 34-66%; Fuerte= 67-99%; Completa= 100%, Según ASTM D 3345*

Con respecto, a los porcentajes de mortalidad obtenidos en las probetas testigo, estos fueron menores que los encontrados por Vásquez y Guzmán (1999), lo anterior podría deberse a que en la presente investigación se utilizó una cantidad considerablemente mayor de termitas de madera seca, lo cual concuerda con Loayza (1979) quien señala que con números crecientes de termitas debe esperarse una tasa más baja de mortalidad. En cambio, el daño ocasionado por el ataque de estas, fue similar al hallado por los autores mencionados anteriormente, dado que, obtuvieron en las probetas testigo un desgaste acentuado y profundo.

Así mismo, el daño ocasionado por el ataque de termitas de madera seca obtenido en las probetas testigo fue similar al hallado por Márquez *et al.* (2008), quien encontró un desgaste profundo en probetas expuestas a la acción termitas.

Hay que mencionar, además que tanto el porcentaje de mortalidad como el daño ocasionado por el ataque de termitas de madera seca obtenidos en las probetas testigo, son similares a los resultados de Vidal *et al.* (1981), quien encontró un daño severo en los bordes y en el centro de las probetas, además de una mortalidad de 25% al finalizar el ensayo.

Habría que decir también, que tanto el daño ocasionado como el porcentaje de mortalidad de termitas de madera seca encontrados en las probetas testigo, coinciden con los resultados de Baeza *et al.* (2002) y Carmona y Duran (2005), quienes reportaron un nivel de ataque fuerte y al menos un 50% de termitas supervivientes.

En relación con el daño ocasionado por el ataque de termitas de madera seca en probetas con una retención de  $3 \text{ kg/m}^3$  para ambos compuestos bóricos, los resultados concuerdan con Márquez *et al.* (2008), quien obtuvo en probetas tratadas con octoborato de sodio tetrahidratado (Timbor) y la mezcla de tetraborato de sodio pentahidratado con ácido bórico (Boracido), a 0,3% de retención, un desgaste moderado y un desgaste acentuado, respectivamente.

En cuanto a los porcentajes de mortalidad de termitas de madera seca obtenidos en los dos compuestos bóricos para la retención  $3 \text{ kg/m}^3$ , estos difieren de los resultados encontrados por Márquez *et al.* (2008), quien reporto una mortalidad de 96% con octoborato de sodio tetrahidratado (Timbor), la cual fue mayor al 86% obtenido con la mezcla de tetraborato de sodio pentahidratado con ácido bórico (Boracido).

Con respecto a la mortalidad obtenida en los dos compuestos bóricos para la retención de  $4 \text{ kg/m}^3$ , a pesar de que en la prueba de alimentación forzada fueron los mayores porcentajes encontrados, estos resultados son menores que los hallados por Vásquez y Guzmán (1999) y Márquez *et al.* (2008), lo cual podría deberse a que en números crecientes de termitas debe esperarse una tasa más baja de mortalidad, acorde a lo señalado por Loayza (1979). También podría explicarse con lo mencionado por Faith y Shelton citados por Márquez *et al.* (2008), quienes concluyeron que las termitas de diferentes colonias de la misma especie reaccionan de manera distinta después de la alimentación con boratos, algunas mueren después de una pequeña alimentación, otras pueden alimentarse en grandes cantidades de

madera tratada y persistir por muchas semanas. Otra de las posibles causas sería lo señalado por Cox citado por Berrocal y Rojas (2007), quien indica que las termitas al consumir la madera preservada con boratos mueren intoxicadas lentamente, ya que estos se van acumulando en su sistema digestivo, de modo que no todas las termitas mueren al mismo tiempo.

Acerca de la relación que se presentó en los dos compuestos bóricos, que indica menores daños ocasionados en las probetas conforme aumentan los porcentajes de mortalidad de termitas de madera seca, esta coincide con Smythe y Carter citados por Loayza (1979) quienes reportaron que la mortalidad de *Reticulitermes flavipes*, en nueve especies de maderas, fue inversamente proporcional a la cantidad de madera destruida.

A continuación, en las figuras 12 al 17 se muestran los daños ocasionados por el ataque de termitas de madera seca en probetas de albura de *P. oocarpa*, sin tratamiento preservador y preservadas con dos compuestos bóricos a retenciones de 1, 2,3 y 4 kg/m<sup>3</sup>.

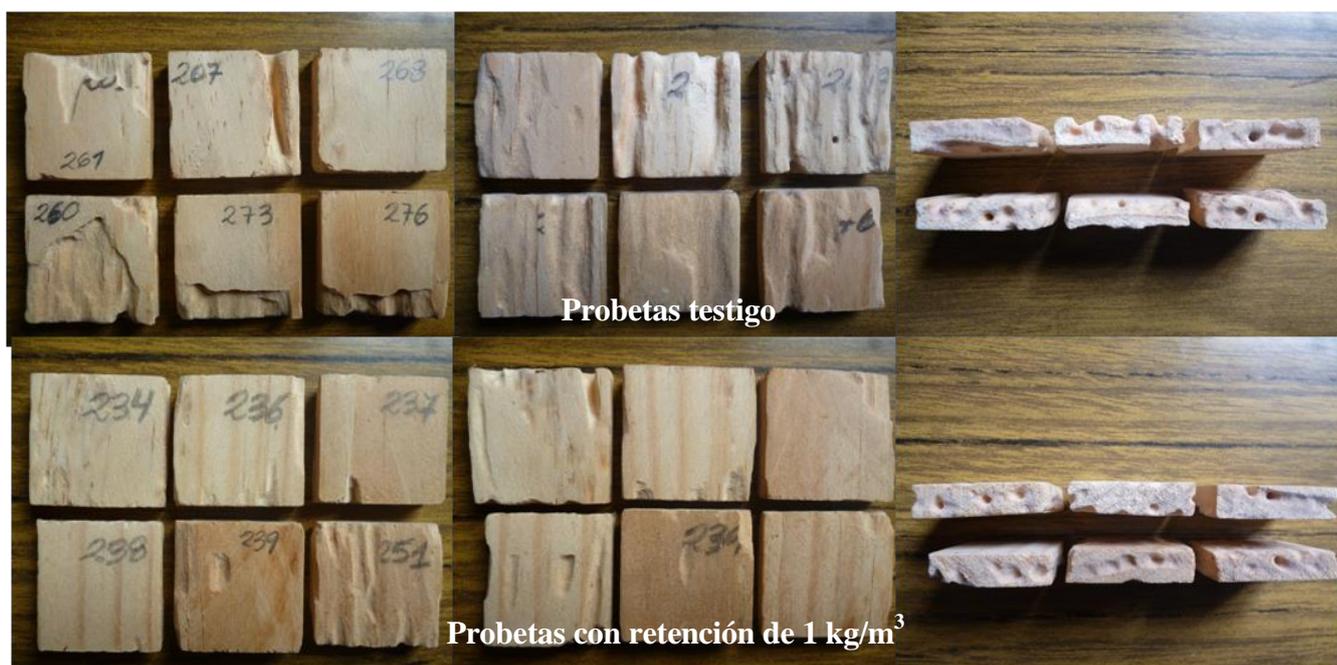


Figura 12: Daño ocasionado en probetas de albura de *P. oocarpa* sin preservar y con retención de 1 kg/m<sup>3</sup> de la mezcla de Ácido bórico-Bórax.



Figura 13: Daño ocasionado en probetas de albura de *P. oocarpa* con 2 y 3 kg/m<sup>3</sup> de retención de la mezcla de Ácido bórico-Bórax.



Figura 14: Daño ocasionado en probetas de albura de *P. oocarpa* con 4 kg/m<sup>3</sup> de retención de la mezcla de Ácido bórico-Bórax.



Figura 15: Daño ocasionado en probetas de albura de *P. oocarpa* sin preservar y con retención de 1 kg/m<sup>3</sup> de Octoborato de sodio.



Figura 16: Daño ocasionado en probetas de albura de *P. oocarpa* con 2 y 3 kg/m<sup>3</sup> de retención de Octoborato de sodio.



Figura 17: Daño ocasionado en probetas de albura de *P. oocarpa* con  $4 \text{ kg/m}^3$  de retención de Octoborato de sodio.

### 3. ENSAYO DE PRESERVACIÓN POR VACÍO-PRESIÓN

En la figura 18 y tabla 15, se muestran los valores promedio de retención de la mezcla de ácido bórico-bórax del ensayo de vacío-presión, para la madera de albura y duramen de *P. oocarpa*.

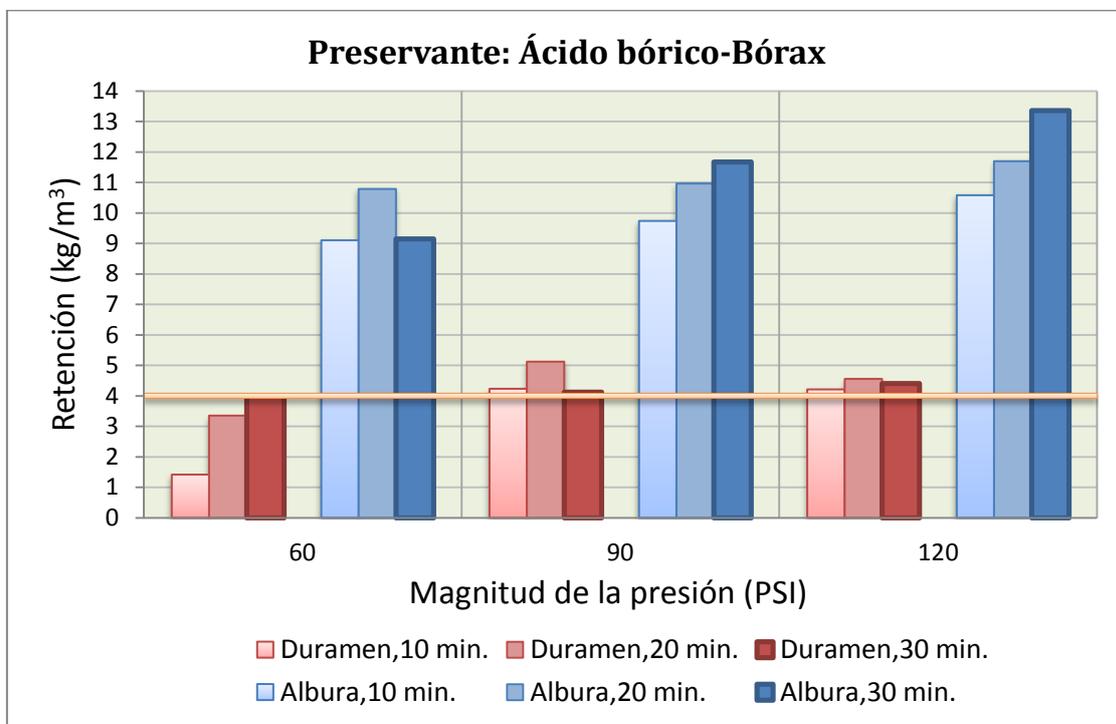


Figura 18: Retención promedio de la mezcla de Ácido bórico-bórax en madera de *P. oocarpa* por el método de preservación por vacío-presión.

En el caso de la madera de duramen, se observa que el menor valor promedio de retención obtenido fue de 1,42 kg/m<sup>3</sup>, que le corresponde a la magnitud de presión de 60 PSI aplicada durante 10 minutos. Por otra parte, el mayor valor promedio de retención se obtuvo para la magnitud de presión de 90 PSI aplicada durante 20 minutos, y fue de 5,11 kg/m<sup>3</sup>.

En relación con la madera de albura, se aprecia que el menor valor promedio de retención obtenido fue de 9,10 kg/m<sup>3</sup>, que le corresponde a la magnitud de presión de 60 PSI aplicada durante 10 minutos. Por otro lado, el mayor valor promedio de retención se obtuvo para la magnitud de presión de 120 PSI aplicada durante 30 minutos, y fue de 13,37 kg/m<sup>3</sup>.

Tabla 15: **Retención promedio de la mezcla de Ácido bórico-Bórax en madera de *P. oocarpa* por el método de preservación por vacío-presión.**

<b>Preservante: Ácido Bórico-Bórax</b>			
<b>Magnitud de la presión (PSI)</b>	<b>Tiempo de presión (min.)</b>	<b>Retención (kg/m<sup>3</sup>)</b>	
		<b>Tipo de madera</b>	
		<b>Albura</b>	<b>Duramen</b>
<b>60</b>	<b>10</b>	9,10	1,42
	<b>20</b>	10,79	3,35
	<b>30</b>	9,15	4,01
<b>90</b>	<b>10</b>	9,74	4,23
	<b>20</b>	10,96	5,11
	<b>30</b>	11,68	4,13
<b>120</b>	<b>10</b>	10,58	4,21
	<b>20</b>	11,70	4,56
	<b>30</b>	13,37	4,40

En la figura 19 y tabla 16, se muestran los valores promedio de retención del octoborato de sodio del ensayo de vacío-presión, para la madera de albura y duramen de *P. oocarpa*.

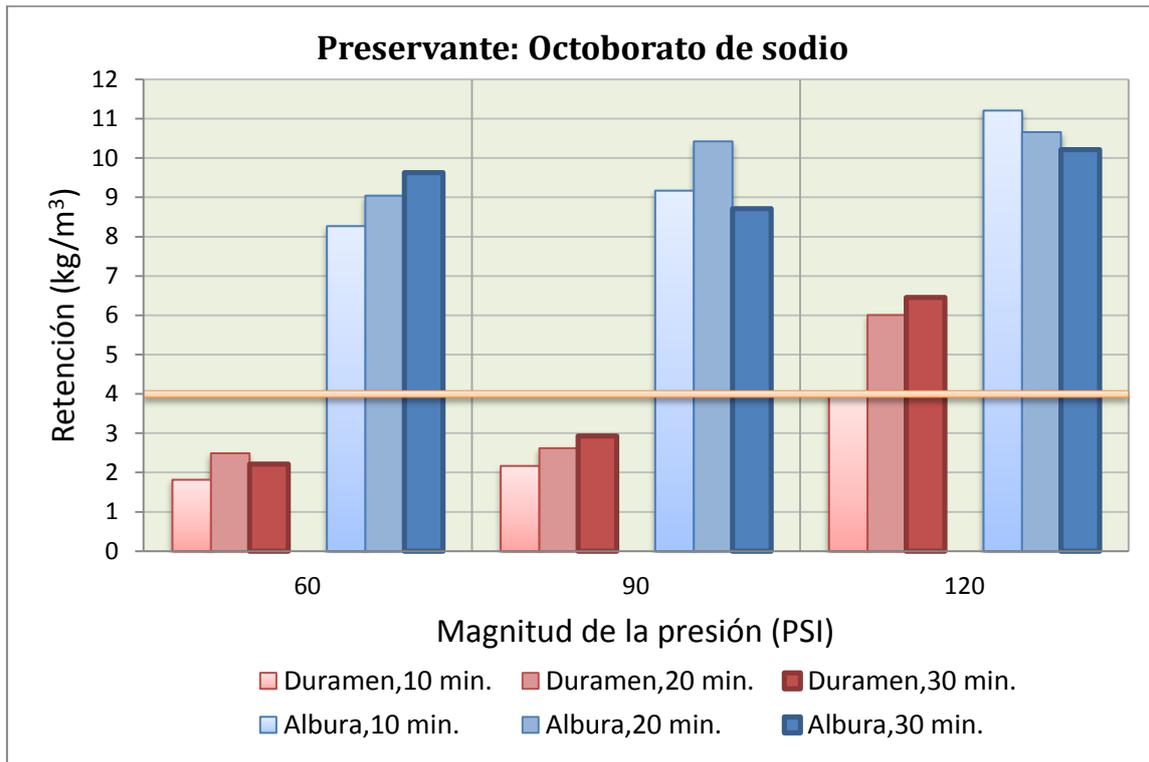


Figura 19: **Retención promedio del Octoborato de sodio en madera de *P. oocarpa* por el método de preservación por vacío-presión.**

En el caso de la madera de duramen, el menor valor promedio de retención obtenido fue de  $1,82 \text{ kg/m}^3$ , que le corresponde a la magnitud de presión de 60 PSI aplicada durante 10 minutos. Además se observa, que el mayor valor promedio de retención se obtuvo para la magnitud de presión de 120 PSI aplicada durante 30 minutos, y fue de  $6,45 \text{ kg/m}^3$ .

Con respecto a la madera de albura, se aprecia que el menor valor promedio de retención obtenido fue de  $8,27 \text{ kg/m}^3$ , que le corresponde a la magnitud de presión de 60 PSI aplicada durante 10 minutos. Aparte de ello, se observa que el mayor valor promedio de retención se obtuvo para la magnitud de presión de 120 PSI aplicada durante 10 minutos, y fue de  $11,21 \text{ kg/m}^3$ .

Tabla 16: Retención promedio del Octoborato de sodio en madera de *P. oocarpa* por el método de preservación por vacío-presión.

<i>Preservante: Octoborato de sodio</i>			
<i>Magnitud de la presión (PSI)</i>	<i>Tiempo de presión (min.)</i>	<i>Retención (kg/m<sup>3</sup>)</i>	
		<i>Tipo de madera</i>	
		<i>Albura</i>	<i>Duramen</i>
<b>60</b>	<b>10</b>	8,27	1,82
	<b>20</b>	9,04	2,49
	<b>30</b>	9,63	2,21
<b>90</b>	<b>10</b>	9,17	2,17
	<b>20</b>	10,42	2,62
	<b>30</b>	8,71	2,93
<b>120</b>	<b>10</b>	11,21	4,02
	<b>20</b>	10,66	6,01
	<b>30</b>	10,22	6,45

Los valores promedio de retención de sales de boro, presentados en las tablas 15 y 16, para la madera de albura, en los dos compuestos bóricos, magnitudes de presión y tiempos de presión utilizados, fueron mayores que el límite inferior tóxico de retención sugerido por la Asociación Americana de protección de la madera (AWPA) citado por Sotomayor y Villaseñor (2016), que recomienda una retención mínima de sales de boro de 2,72 kg/m<sup>3</sup>, en la madera para elementos estructurales empleados en interiores. Además, se puede observar, que para la madera de duramen, la mayoría de valores promedio de retención superaron el valor recomendado por la AWPA, con excepción de los valores obtenidos con la mezcla de ácido bórico-bórax aplicada a una presión de 60 PSI durante 10 minutos, y con el octoborato de sodio, para la presión de 60 PSI con los tres tiempos de aplicación de la presión usados, así como para la presión de 90 PSI aplicada durante 10 y 20 minutos.

También, se aprecia que para la madera de albura, todos los valores promedio de retención que se muestran en las tablas mencionadas en el párrafo anterior, fueron superiores a 4 kg/m<sup>3</sup>, retención recomendada por INDECOPI (1987) en la Norma Técnica Peruana 251.035, para maderas usadas en interiores sin contacto directo con el suelo. En cambio, para la madera de duramen se presentan resultados diferentes para los compuestos bóricos usados, en el caso de la mezcla de ácido bórico-bórax, la mayoría de valores promedio de

retención mostrados superan el valor recomendado por INDECOPI, a excepción de los valores para la presión de 60 PSI aplicada durante 10 y 20 minutos. Mientras tanto, para el octoborato de sodio, solo los valores obtenidos en la presión de 120 PSI aplicada durante los tres tiempos de presión usados, fueron mayores a la retención recomendada por INDECOPI.

Cabe mencionar, que todos los valores promedio de retención obtenidos, en los dos compuestos bóricos, tanto para la madera de duramen como de albura, fueron superiores a los encontrados por Viana (2001), esto podría deberse, a que en el presente estudio se usaron mayores concentraciones tanto para el octoborato de sodio y la mezcla de ácido bórico-bórax, lo cual concuerda con Morrel y Lebow citado por Mohali y Castro (2005), quienes determinaron que retenciones menores corresponden a concentraciones más bajas.

Habría que decir también, que los mayores valores promedio de retención hallados para la madera de albura, en los dos compuestos bóricos, fueron superiores a los reportados por Luján y Agueda (1998), Moreno *et al.* (2008) y Torres *et al.* (2011). Sin embargo, fueron menores a los hallados por Keil *et al.* (2015), lo cual podría deberse a que en la presente investigación, se usó una menor concentración para los compuestos bóricos, acorde a lo señalado por Wottiz (2009), quien observó que la retención máxima de un preservante hidrosoluble es directamente proporcional a su concentración. Por otro lado, para la madera de duramen, los mayores valores promedio de retención encontrados, en los dos compuestos bóricos, fueron superiores a los hallados por Muñoz (2001).

Con respecto a las tendencias crecientes obtenidas para la magnitud de presión, en los tres tiempos de presión, tanto para la madera de duramen como de albura, y en los dos compuestos bóricos utilizados, que se observan en las figuras 18 y 19, las cuales indican mayores valores de retención a medida que aumenta la magnitud de presión, estas concuerdan con lo señalado por Wottiz (2009), que menciona que el factor presión aumenta en forma aditiva sobre la retención en preservantes hidrosolubles.

Por otra parte, las tendencias crecientes obtenidas para el tiempo de presión, que también se aprecian en las figuras 18 y 19, que se dieron con la mezcla de ácido bórico-bórax, para la madera de duramen en las presiones de 60 y 120 PSI y para la madera de albura con las tres magnitudes de presión, así como, en el octoborato de sodio, para la madera de duramen con las tres magnitudes de presión y en la madera de albura para la magnitud de 60 PSI, las cuales indican mayores valores de retención a medida que aumenta el tiempo de presión,

coinciden con lo encontrado por Otaño *et al.* (1999), quien determinó que un mayor tiempo de presión, a igualdad de condiciones en los restantes parámetros del proceso de impregnación, produce mayores niveles de absorción.

En cuanto a las tendencias decrecientes obtenidas para el tiempo de presión, que se dieron con la mezcla de ácido bórico-bórax, para la madera de duramen en la presión de 90 PSI y con el octoborato de sodio, para la madera de albura en las presiones de 90 y 120 PSI, estas podrían explicarse, debido a que las probetas usadas pudieron haber sido extraídas de zonas más cercanas al centro de la troza, lo cual concuerda con lo mencionado por Mohali y Castro (2005) y Torres *et al.* (2011), quienes observaron que la retención del preservante disminuye desde la parte externa hacia el centro, es decir, en la periferia la retención es mayor que en el centro de las piezas de madera.

Además, en las tablas 15 y 16, se observa que los menores valores de retención para los dos compuestos bóricos, tanto para la madera de albura como para la de duramen, se obtuvieron con la magnitud de presión de 60 PSI aplicada durante 10 minutos, lo que concuerda con Otaño *et al.* (1999) y Wottiz (2009). Por otro lado, los mayores valores de retención en la madera de albura preservada con la mezcla de ácido bórico-bórax y en la madera de duramen preservada con octoborato de sodio, se dieron con la magnitud de presión de 120 PSI aplicada durante 30 minutos, acorde con los autores mencionados anteriormente. Sin embargo los mayores valores de retención encontrados en la madera de albura preservada con octoborato de sodio y en la madera de duramen preservada con la mezcla de ácido bórico-bórax, se dieron para diferentes combinaciones de presión y tiempo, a la mencionada anteriormente, lo que podría explicarse con lo señalado por Mohali y Castro (2005), además de lo mencionado por Torres *et al.* (2011).

Por último, se aprecia que para cada tratamiento, la diferencia de los valores promedio de retención entre los tipos de madera es considerable, siendo el menor valor promedio de retención en la madera de albura, superior en casi  $2 \text{ kg/m}^3$ , al mayor valor promedio de retención en la madera de duramen. Lo anterior coincide con Viana (2001), quien determinó que los bajos niveles de absorción neta logrados en el *P. oocarpa* se debieron a la gran cantidad de duramen que presenta la madera de la especie. Del mismo modo, Muñoz (2001), obtuvo como resultado que los valores de retención para madera duramen fueron menores a los obtenidos en albura. Al respecto, García *et al.* (2003) menciona que en la formación del duramen en maderas de coníferas, las punteaduras areoladas se cierran y son absorbidos los

torus hacia la abertura de la punteadura, quedando pegados a ellas por ciertas secreciones, además la resina y aceites penetran por los intersticios de la pared celular, ambos aspectos representan una dificultad para la impregnación artificial o tratamiento con productos químicos.

En las tablas 17 y 18, se muestran los resultados del tipo de penetración de los compuestos bóricos en las probetas de madera de albura y de duramen de *P. oocarpa*. Como se puede observar, para la madera de albura, la penetración tiene la misma clasificación para los dos compuestos bóricos, magnitudes de presión y tiempos de presión, siendo esta una penetración total regular, lo que ocurre de la misma forma para la madera de duramen, pero recibiendo la clasificación de penetración total irregular. Sin embargo se tiene una diferente clasificación de penetración cuando se compara la madera de albura con la de duramen, en cualquiera de los casos.

Los resultados obtenidos para la madera de albura son similares a los hallados por Moreno *et al.* (2008), quien obtuvo penetraciones del orden del 90% de la pieza de madera. Así mismo Keil *et al.* (2012), encontró una penetración total para todos los tratamientos. Al respecto, González (1974), señala que la albura ofrece menor resistencia a la penetración ya que presenta capas uniformes de madera permeable y por lo tanto, la impregnación se realiza con facilidad permitiendo obtener penetraciones más completas y profundas que las del duramen.

Tabla 17: **Penetración de los compuestos bóricos por el método de vacío-presión en madera de albura de *P. oocarpa*.**

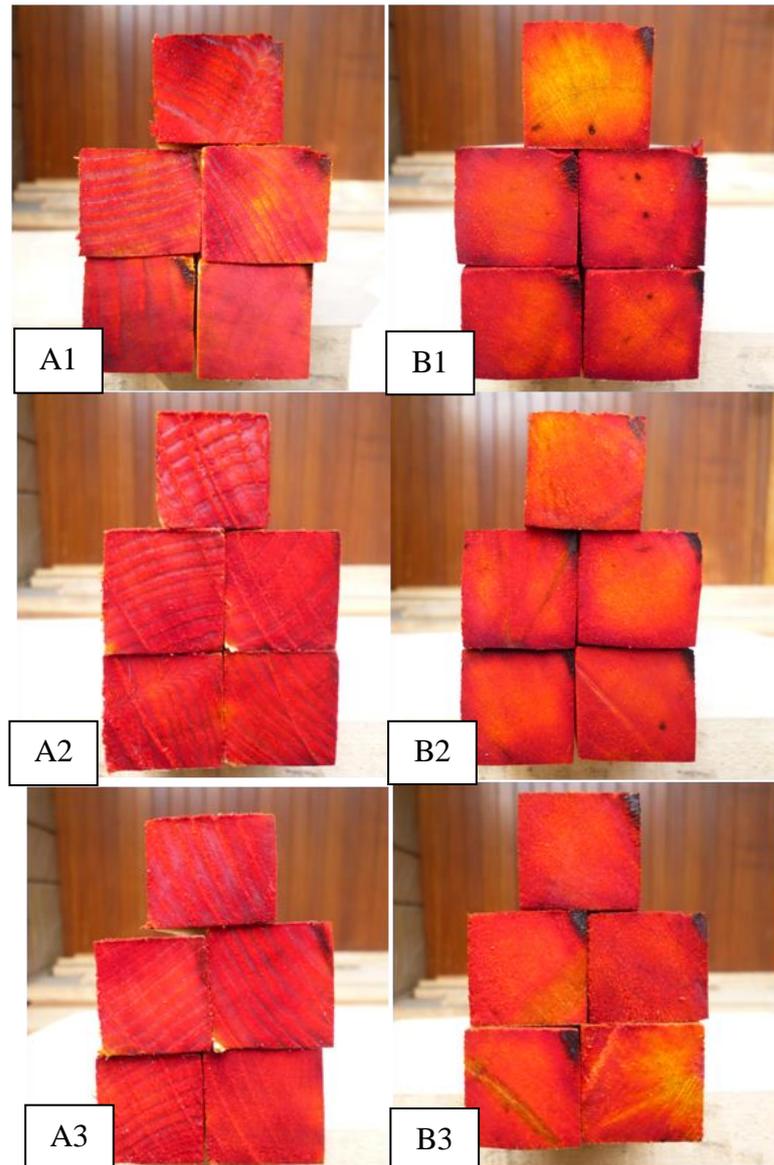
<b>Tipo de madera : Albura</b>						
<b>Tiempo de presión (min.)</b>	<b>Preservantes</b>					
	<b>Ácido Bórico-Bórax</b>			<b>Octoborato de sodio</b>		
	<b>Magnitud de la presión (PSI)</b>					
	<b>60</b>	<b>90</b>	<b>120</b>	<b>60</b>	<b>90</b>	<b>120</b>
<b>10</b>	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
<b>20</b>	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
<b>30</b>	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr

Tabla 18: Penetración de los compuestos bóricos por el método de vacío-presión en madera de duramen de *P. oocarpa*.

<i>Tipo de madera : Duramen</i>						
<i>Tiempo de presión (min.)</i>	<i>Preservantes</i>					
	<i>Ácido Bórico-Bórax</i>			<i>Octoborato de sodio</i>		
	<i>Magnitud de la presión (PSI)</i>					
	<i>60</i>	<i>90</i>	<i>120</i>	<i>60</i>	<i>90</i>	<i>120</i>
<i>10</i>	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti
<i>20</i>	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti
<i>30</i>	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti

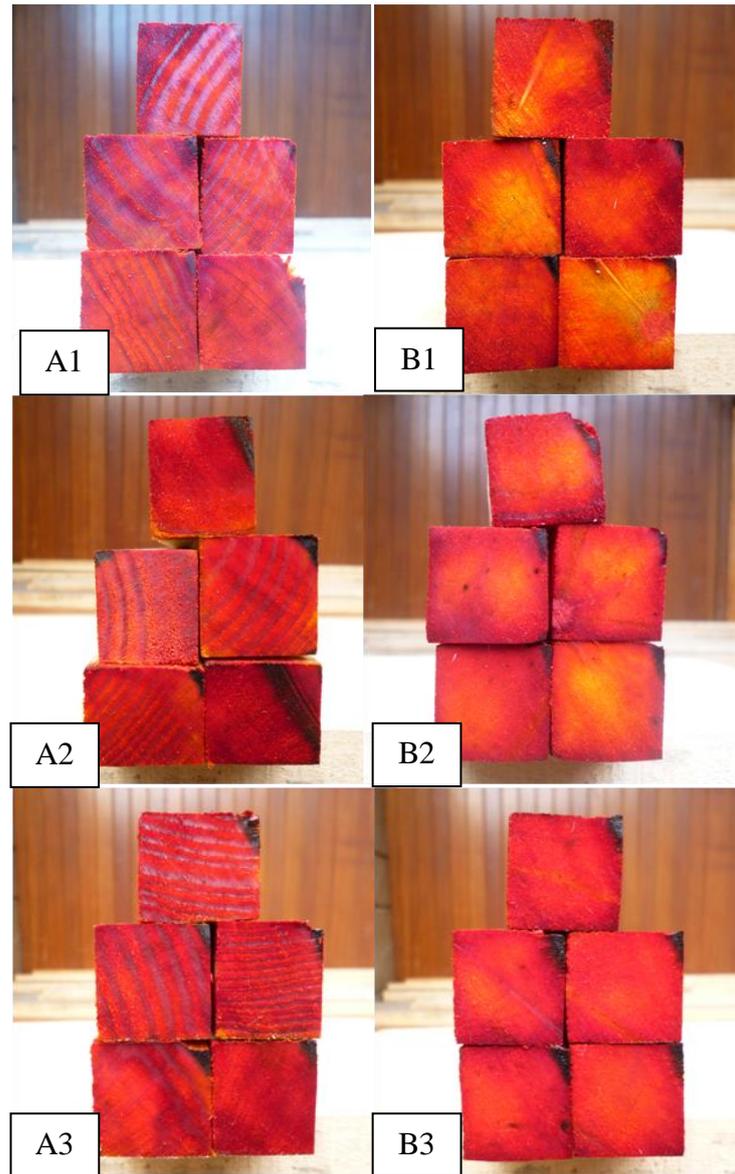
Con respecto a la madera de duramen, los resultados se asemejan a los obtenidos por Muñoz (2001), quien encontró que en la madera de duramen, la calificación de total irregular obtuvo porcentajes considerablemente elevados a comparación de la madera de albura, lo que puso en evidencia la menor permeabilidad que presenta el duramen frente a la penetración de líquidos. Al respecto Headley citado por Otaño *et al.* (1999), menciona que en los pinos, la principal causa de impermeabilidad de sus maderas se debió a la presencia de un alto contenido de resinas en sus leños.

A continuación, en las figuras 20 a 22, se muestran los tipos de penetración de los compuestos bóricos en probetas de albura y duramen de *P. oocarpa*, preservadas por el método de vacío-presión a diferentes magnitudes y tiempos de presión.



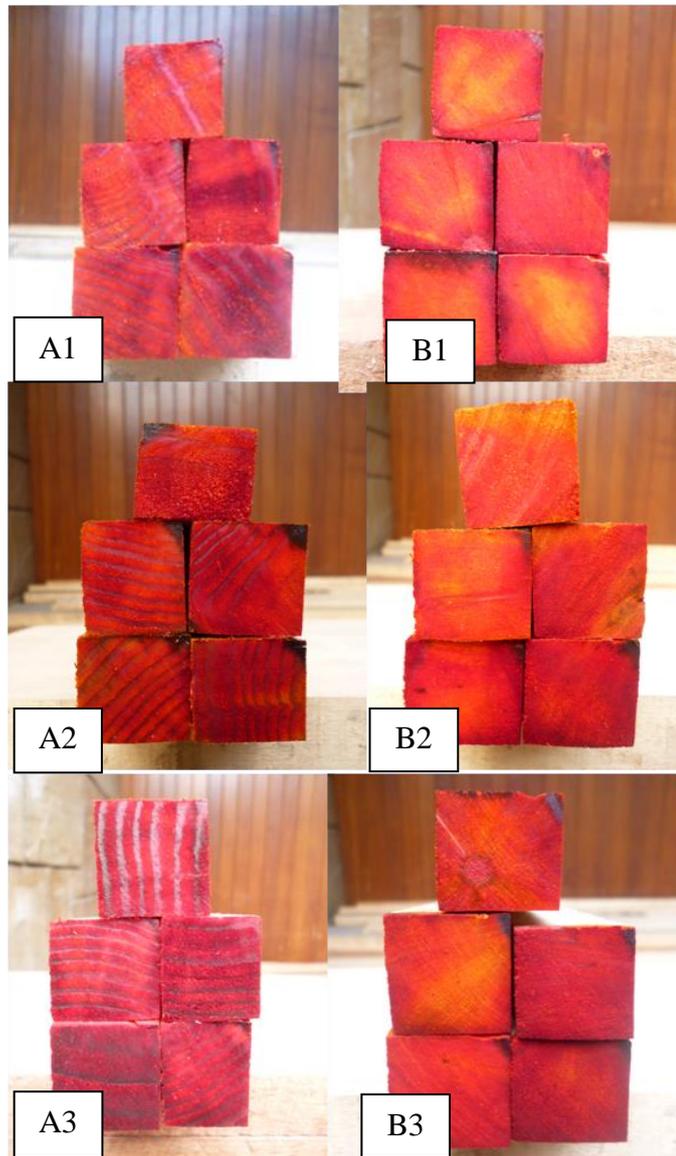
Probetas de madera en sección transversal con aplicación de reactivo de coloración de cúrcuma, donde el color rojo indica la presencia de boro en la madera. Donde: A1) Albura, Ácido bórico-bórax, 10 min., A2) Albura, Octoborato de sodio, 20 min., A3) Albura, Ácido bórico-bórax, 30 min., B1) Duramen, Ácido bórico-bórax, 10 min., B2) Duramen, Octoborato de sodio, 20min, y B3) Duramen, Ácido bórico-bórax, 30 min.

**Figura 20: Penetración de compuestos bóricos en madera de *P. oocarpa* impregnada por vacío-presión a 60 PSI.**



Probetas de madera en sección transversal con aplicación de reactivo de coloración de cúrcuma, donde el color rojo indica la presencia de boro en la madera. Donde: A1) Albura, Octoborato de sodio, 10 min., A2) Albura, Ácido bórico-bórax, 20 min., A3) Albura, Ácido bórico-bórax, 30 min., B1) Duramen, Octoborato de sodio, 10 min., B2) Duramen, Ácido bórico-bórax, 20min, y B3) Duramen, Ácido bórico-bórax, 30 min.

**Figura 21: Penetración de compuestos bóricos en madera de *P. oocarpa* impregnada por vacío-presión a 90 PSI.**



Probetas de madera en sección transversal con aplicación de reactivo de coloración de cúrcuma, donde el color rojo indica la presencia de boro en la madera. Donde: A1) Albura, Octoborato de sodio, 10 min., A2) Albura, Ácido bórico-bórax, 20 min., A3) Albura, Octoborato de sodio, 30 min., B1) Duramen, Octoborato de sodio, 10 min., B2) Duramen, Ácido bórico-bórax, 20min, y B3) Duramen, Octoborato de sodio, 30 min.

**Figura 22: Penetración de compuestos bóricos en madera de *P. oocarpa* impregnada por vacío-presión a 120 PSI.**

#### 4. ENSAYO DE PRESERVACIÓN POR INMERSIÓN PROLONGADA.

En la figura 23 y tabla 19, se muestran los valores promedio de la retención de los compuestos bóricos del ensayo de inmersión prolongada, para la madera de albura y duramen de *P. oocarpa*.

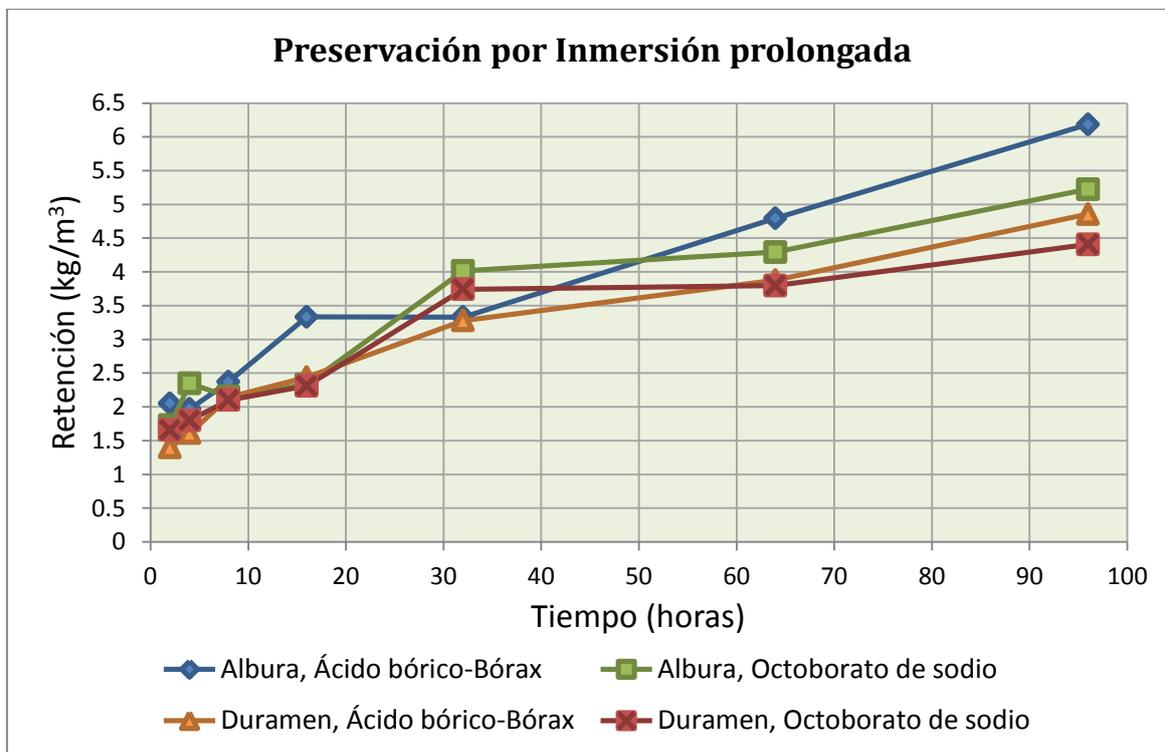


Figura 23: **Retención promedio de los compuestos bóricos por el método de preservación por inmersión prolongada en madera de *P. oocarpa*.**

Para la madera de duramen, se puede observar que el tratamiento de dos horas de inmersión registró los menores valores promedio de retención, con  $1,66 \text{ kg/m}^3$  y  $1,40 \text{ kg/m}^3$  para el octoborato de sodio y la mezcla de ácido bórico-bórax, respectivamente. Por otra parte, se aprecia que el tratamiento de 96 horas de inmersión, obtuvo los mayores valores promedio de retención con  $4,86 \text{ kg/m}^3$  para la mezcla de ácido bórico-bórax y  $4,41 \text{ kg/m}^3$  para el octoborato de sodio.

En cuanto a la madera de albura, los menores valores promedio de retención se registraron en la mezcla de ácido bórico-bórax, para el tratamiento de cuatro horas de inmersión, con  $1,97 \text{ kg/m}^3$ , y para el octoborato de sodio, en el tratamiento de dos horas de inmersión, con  $1,73 \text{ kg/m}^3$ . Por otro lado, se aprecia que los mayores valores promedio de retención se

obtuvieron en el tratamiento de 96 horas de inmersión, con 5,23 kg/m<sup>3</sup> p y 6,18 kg/m<sup>3</sup> para el octoborato de sodio y la mezcla de ácido bórico-bórax, respectivamente.

Tabla 19: **Retención promedio de los compuestos bóricos por el método de preservación por inmersión prolongada en madera de *P. oocarpa*.**

<b>Tiempo de inmersión (horas)</b>	<b>Retención (kg/m<sup>3</sup>)</b>			
	<b>Preservantes</b>			
	<b>Ácido Bórico-Bórax</b>		<b>Octoborato de sodio</b>	
	<b>Tipo de madera</b>			
	<b>Albura</b>	<b>Duramen</b>	<b>Albura</b>	<b>Duramen</b>
<b>2</b>	2,05	1,40	1,73	1,66
<b>4</b>	1,97	1,61	2,35	1,80
<b>8</b>	2,37	2,14	2,15	2,10
<b>16</b>	3,33	2,44	2,34	2,31
<b>32</b>	3,33	3,28	4,01	3,74
<b>64</b>	4,79	3,88	4,29	3,80
<b>96</b>	6,18	4,86	5,23	4,41

En los valores promedio de retención de sales de boro, presentados en la tabla 19, se observa que para la madera de albura, las retenciones obtenidas con el tratamiento de 16 horas de inmersión, con la mezcla de ácido bórico-bórax, además de las obtenidas para los tratamientos de 32, 64 y 96 horas de inmersión, en ambos compuestos bóricos, fueron mayores que el límite inferior toxico de retención sugerido por la Asociación Americana de protección de la madera (AWPA) citado por Sotomayor y Villaseñor (2016), que recomienda una retención mínima de sales de boro de 2,72 kg/m<sup>3</sup> ,en la madera para elementos estructurales empleados en interiores. Por otra parte, se aprecia que en la madera de duramen, los tratamientos de 32, 64 y 96 horas de inmersión, en ambos compuestos bóricos, superaron la retención mínima de sales de boro recomendada por la AWPA.

Hay que mencionar, además que para la madera de albura, los valores promedio de retención obtenidos, tanto con la mezcla de ácido bórico-bórax, en los tratamientos de 64 y 96 de horas inmersión, así como para el octoborato de sodio, con los tratamientos de 32, 64 y 96 horas de inmersión, que se muestran en la tabla mencionada en el párrafo anterior,

fueron superiores a 4 kg/m<sup>3</sup>, retención recomendada por INDECOPI (1987) en la Norma Técnica Peruana 251.035, para maderas usadas en interiores sin contacto directo con el suelo. Por otro lado, para la madera de duramen, se aprecia que solo el tratamiento de 96 horas de inmersión, en ambos compuestos bóricos, obtuvo valores promedio de retención que superaron el valor recomendado por INDECOPI (1987).

Habría que decir también, que todos los valores promedio de retención obtenidos, en los dos compuestos bóricos, tanto para la madera de duramen como de albura, fueron superiores a los encontrados por Viana (2001), lo cual puede explicarse, debido a que en el presente estudio, se usaron concentraciones mayores para el octoborato de sodio y la mezcla de ácido bórico-Bórax, esto coincide con lo señalado por Morrel y Lebow citado por Mohali y Castro (2005) y con lo mencionado por Wottiz (2009).

Así mismo, se aprecia en la tabla 19, que los mayores valores promedio de retención hallados para la madera de albura, en los dos compuestos bóricos, fueron superiores a los reportados por Mohali y Castro (2005), a pesar de que, en la presente investigación se usaron concentraciones menores para los compuestos bóricos usados. Sin embargo, fueron menores a los encontrados por Machuca et al. (2006), debido a que en el presente estudio, se usaron menores tiempos de inmersión, lo que coincide con Morales (2006), quien señala una tendencia a tener mejores promedios de retención a medida que aumenta el tiempo de inmersión. En cuanto a la madera de duramen, se muestra que los tratamientos de 32, 64 y 96 horas de inmersión, en ambos compuestos bóricos, obtuvieron mayores valores promedio de retención que el reportado por Sanjurjo (1992).

Además, en la tabla 19, se observa que los menores valores promedio de retención obtenidos tanto en la madera duramen como en la madera de albura, para el octoborato de sodio y en la madera de duramen, para la mezcla de ácido bórico-bórax, se registraron para el tratamiento de dos horas de inmersión, lo que es conforme a lo señalado por Morales (2006). Sin embargo, la madera de albura preservada con la mezcla de ácido bórico-bórax, obtuvo el menor valor promedio de retención para el tratamiento de cuatro horas de inmersión, esto podría deberse a que las probetas usadas en este tratamiento, pudieron haber sido obtenidas de zonas más cercanas al centro de la troza, acorde a lo señalado por Mohali y Castro (2005) y Torres et al. (2011). Por otra parte, los mayores valores promedio de retención obtenidos, en los dos compuestos bóricos, tanto para la madera de duramen como de albura, se dieron en el tratamiento de 96 horas de inmersión, lo cual coincide con Morales (2006).

Por otra parte, en la figura 23, se observa que para la madera de duramen y albura, en los dos compuestos bóricos, la tendencia para los valores promedio de retención contra el tiempo, no es una relación funcional asintótica, que era la funcionalidad esperada según Purslow citado por Alfaro (2013), quien menciona que la capacidad de absorción y penetración de los preservantes se encuentran en función del tiempo, donde se llega asintóticamente a un valor determinado.

Se debe agregar que, para cada tiempo de inmersión, en los dos compuestos bóricos, los valores promedio de retención para la madera de albura fueron mayores a los obtenidos en la madera de duramen. La mayor diferencia de valores promedio de retención fue de 1,33 kg/m<sup>3</sup>, la cual se encontró en el tratamiento de 96 horas de inmersión con la mezcla de ácido bórico-bórax. Lo mencionado anteriormente, coincide con Viana (2001), quien menciona que los bajos niveles de absorción neta logrados en la madera de *P. oocarpa* se debieron a la gran cantidad de duramen que presenta esta especie. Así mismo, Sanjurjo (1992), obtuvo mayores valores de absorción sólida en la madera de albura, a comparación de los reportados en la madera de duramen. Al respecto Headley citado por Otaño et al. (1999), menciona que en los pinos, la principal causa de impermeabilidad de sus maderas se debió a la presencia de un alto contenido de resinas en sus leños. Lo anterior coincide con García et al. (2003), quien señala que las traqueidas son el elemento más abundante en la madera de coníferas, de la que forman el 90% del volumen xilemático total, además de que en el *P. oocarpa* son muy abundantes las traqueidas resinosas, las cuales son traqueidas normales con inclusiones de resina, que aparecen como consecuencia del proceso de duraminización.

Para terminar, se debe mencionar que los mayores valores promedio de retención, obtenidos en el ensayo de preservación por vacío- presión, tanto en la madera de duramen como de albura, fueron superiores a los reportados en el ensayo de preservación por inmersión prolongada, encontrándose una diferencia de 1,60 kg/m<sup>3</sup> y 7,18 kg/m<sup>3</sup>, en madera de duramen y albura, respectivamente. Del mismo modo, Machuca et al. (2006), reportó mayores valores de absorción líquida en el proceso de impregnación por vacío- presión, que en el de inmersión prolongada, para maderas de *Pinus arizonica* (Pino blanco), *Pinus engelmanni* (Pino real) y *Pinus patula* (Pino colorado), impregnadas con un preservante hidrosoluble.

En la tabla 20, se muestran los resultados del tipo de penetración de los compuestos bóricos en las probetas de madera de albura y de duramen de *P. oocarpa*. Como se puede observar, para la madera de duramen, en los dos compuestos bóricos, y tiempos de inmersión usados, se obtuvo la clasificación de penetración parcial regular. En cuanto a la madera de albura se aprecia que, en los dos compuestos bóricos, para los tratamientos de 2, 4, 8, 16 y 32 horas de inmersión, se obtuvo la clasificación de penetración total irregular, por otra parte, la clasificación obtenida para los tiempos de inmersión de 64 y 96 horas, fue la de penetración total regular.

Tabla 20: **Penetración de los compuestos bóricos por el método de inmersión prolongada en madera de *P. oocarpa*.**

<b>Tiempo de inmersión (horas)</b>	<b>Tipo de madera</b>			
	<b>Albura</b>		<b>Duramen</b>	
	<b>Preservantes</b>			
	<b>Ácido Bórico-Bórax</b>	<b>Octaborato de sodio</b>	<b>Ácido Bórico-Bórax</b>	<b>Octaborato de sodio</b>
<b>2</b>	Ti	Ti	Pr	Pr
<b>4</b>	Ti	Ti	Pr	Pr
<b>8</b>	Ti	Ti	Pr	Pr
<b>16</b>	Ti	Ti	Pr	Pr
<b>32</b>	Ti	Ti	Pr	Pr
<b>64</b>	Tr	Tr	Pr	Pr
<b>96</b>	Tr	Tr	Pr	Pr

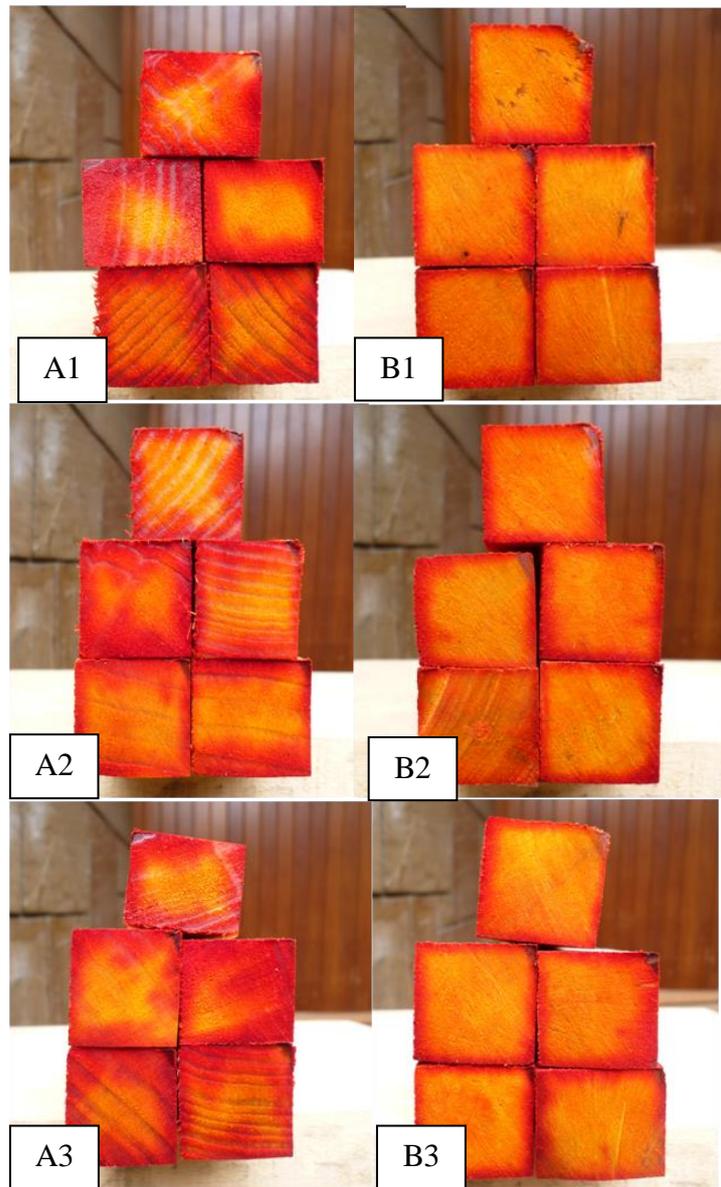
Los resultados obtenidos para la madera de albura, en los tratamientos de 64 y 96 horas de inmersión, son similares a los hallados por Mohali y Castro (2005), quienes reportaron penetraciones totales y uniformes. Al respecto, Vásquez citado por los autores antes mencionados, señala que el pino es una madera muy permeable y está clasificada como madera fácil de tratar, tanto con tratamientos con presión como por inmersión, donde generalmente se obtiene penetraciones totales uniformes. Con respecto a la madera de duramen, los resultados obtenidos, coinciden con estos autores, quienes mencionan que la madera de albura tiene una buena penetración y retención, sin embargo, la madera de duramen no es tratable. Por otro lado, el tratamiento de 96 horas de inmersión en madera de

duramen, aunque presento los mayores valores promedio de retención, obtuvo una penetración parcial regular, esto concuerda con González (1974), quien menciona que el tratamiento de inmersión prolongada en los preservantes hidrosolubles, proporciona buenas retenciones con penetraciones muy poco profundas.

Hay que mencionar, además que en la madera de duramen, la penetración obtenida el ensayo de preservación por vacío- presión, fue superior a la encontrada en este ensayo, esto coincide con Viana (2001), quien determinó una mayor penetración de sales en la madera de *P. oocarpa*, tanto por puntas como por caras, por el método de preservación a presión a comparación del método de difusión.

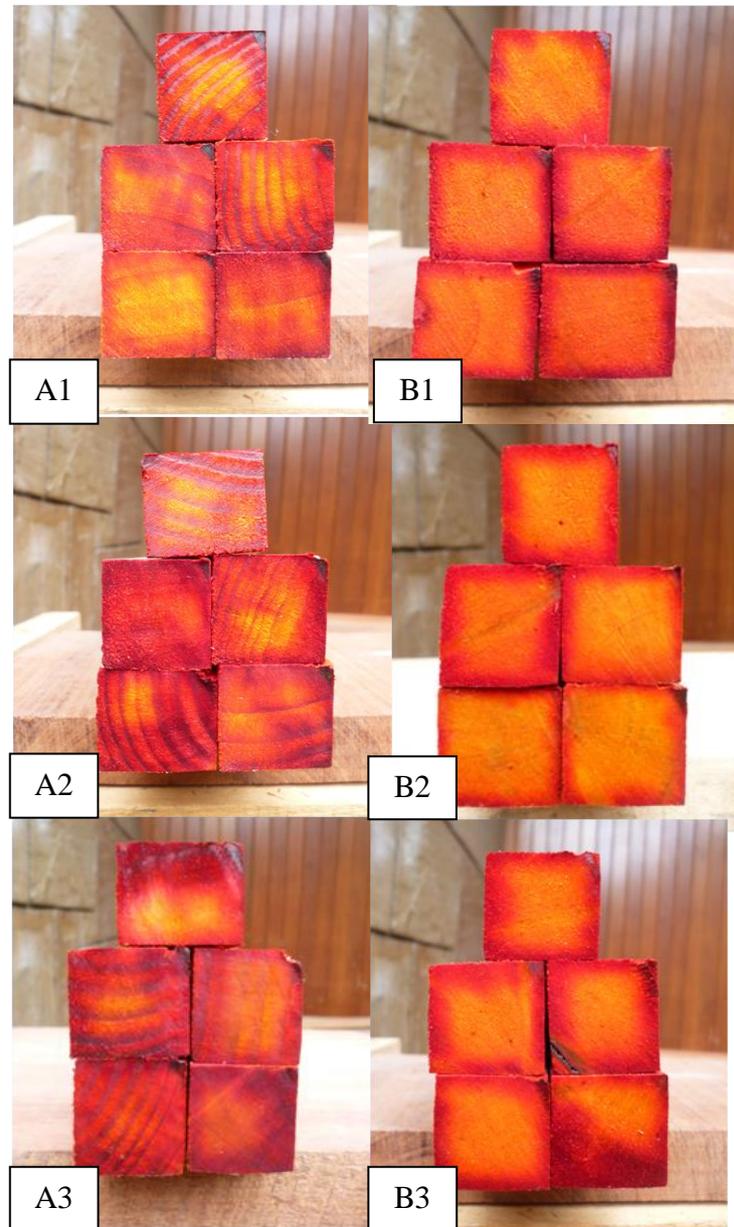
En relación con la madera de albura, se obtuvo una penetración total regular, en el ensayo de preservación por vacío- presión, así como en los tratamientos de 64 y 96 horas de inmersión. Al respecto Hunt y Garrat citado por Guevara (1996), mencionan que en periodos de inmersión suficientemente prolongados, la absorción y penetración pueden igualar a las obtenidas por métodos a presión.

A continuación, en las figuras 24 a 26, se muestran los tipos de penetración de los compuestos bóricos en probetas de albura y duramen de *P. oocarpa*, preservadas por el método inmersión prolongada a diferentes tiempos de inmersión.



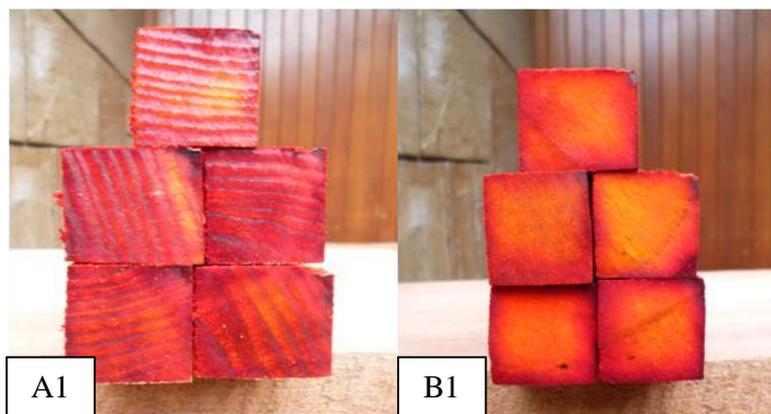
Probetas de madera en sección transversal con aplicación de reactivo de coloración de cúrcuma, donde el color rojo indica la presencia de boro en la madera. Donde: A1) Albura, Ácido bórico-bórax, 2 horas, A2) Albura, Ácido bórico-bórax, 4 horas, A3) Albura, Ácido bórico-bórax, 8 horas, B1) Duramen, Ácido bórico-bórax, 2 horas, B2) Duramen, Ácido bórico-bórax, 4 horas y B3) Duramen, Ácido bórico-bórax, 8 horas.

**Figura 24: Penetración de compuestos bóricos en madera de *P. oocarpa* impregnada por el método de inmersión prolongada a 2, 4 y 8 horas.**



Probetas de madera en sección transversal con aplicación de reactivo de coloración de cúrcuma, donde el color rojo indica la presencia de boro en la madera. Dónde: A1) Albura, Ácido bórico-bórax, 16 horas, A2) Albura, Octoborato de sodio, 32 horas, A3) Albura, Octoborato de sodio, 64 horas, B1) Duramen, Ácido bórico-bórax, 16 horas, B2) Duramen, Octoborato de sodio, 32 horas y B3) Duramen, Octoborato de sodio, 64 horas.

**Figura 25: Penetración de compuestos bóricos en madera de *P. oocarpa* impregnada por el método de inmersión prolongada a 16, 32 y 64 horas.**



Probetas de madera en sección transversal con aplicación de reactivo de coloración de cúrcuma, donde el color rojo indica la presencia de boro en la madera. Dónde: A1) Albura, Octoborato de sodio y B1) Duramen, Octoborato de sodio.

Figura 26: **Penetración de compuestos bóricos en madera de *P. oocarpa* impregnada por el método de inmersión prolongada a 96 horas.**

## 5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS.

### 5.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ENSAYO DE RESISTENCIA AL ATAQUE DE TERMITAS DE MADERA SECA.

Estadística (X1-X2) Prueba t.

La mortalidad evaluada como el peso de termitas muertas es igual en la madera de albura y duramen de *P. oocarpa*.

- Ho:  $X1-X2 = 0$

- Ha:  $X1-X2 \neq 0$

P-value = 0,425

Debido a que el valor de P-value es mayor que 0,05, no se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias, en conclusión la mortalidad evaluada como el peso de termitas muertas es igual para la madera albura y duramen. Esto podría deberse a que las probetas de albura fueron obtenidas de una zona de transición en la madera, lo cual concuerda con Haygreen y Bowyer citados por Berrocal y Rojas (2007), quienes señalan que en esta zona, la madera presenta coloración clara como la albura y características propias del duramen. Otra de las posibles causas sería la menor concentración de extractivos en las probetas de duramen usadas en la presente investigación, dado que estos elementos actúan como tóxicos contra

las termitas. Lo mencionado antes coincide con Smythe y Carter citados por Loayza (1979), que usando muestras de *Pinus taeda* notaron marcadas variaciones respecto a la susceptibilidad al ataque de *Coptotermes formosanus*, *Reticulitermes flavipes* y *Reticulitermes virginicus* entre muestras de la misma especie, las cuales se explicaron en términos de diferencias en la concentración de extractivos que poseen las distintas porciones de un árbol.

## 5.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ENSAYO DE VALOR EFICAZ PARA LOS PRESERVANTES EN PRUEBA.

En la tabla 21 se observa que el valor de P-value para la prueba de Anderson-Darling es mayor que 0,05, por consiguiente los pesos de las termitas muertas tienen una distribución normal. Asimismo, el valor de P-value para la prueba de Bartlett's es mayor que 0,05, lo cual indica que se cumplen la homogeneidad de variancias entre los tratamientos del ensayo.

Tabla 21: **Requisitos previos para el peso de termitas muertas del ensayo de valor eficaz de los preservantes en prueba.**

<b>INDICADOR ESTADÍSTICO</b>	<b><math>\alpha</math></b>	<b>p- VALUE</b>	<b>Resultado</b>
<i>Prueba de Anderson-Darling</i>	0,05	0,86	Distribución Normal
<i>Prueba de Bartlett's</i>	0,05	0,137	Variancias Homogéneas

En la tabla 22, se muestra el análisis de variancias de los pesos de las termitas muertas del ensayo de valor eficaz de los compuestos bóricos en prueba para madera de albura de *P. oocarpa*. Este análisis demuestra que existen diferencias significativas entre las diferentes retenciones de los compuestos bóricos, además de justificar el uso de un diseño de bloques debido a que existen diferencias significativas entre los preservantes. En consecuencia, hay suficiente evidencia estadística para afirmar que alguna de las diferentes retenciones y tipo de preservante proporciona diferente peso de termitas muertas.

Tabla 22: Análisis de variancia para el peso de termitas muertas del ensayo de valor eficaz de los preservantes en prueba.

Modelo lineal general: PESO TERMITA vs. RETENCION (k, PRESERVANTE)							
Factor	Tipo	Niveles	Valores				
RETENCION (kg/m3)	fijo	5	0, 1, 2, 3, 4				
PRESERVANTE	aleatorio	2	ACIDO BORICO-BORAX, OCTOBORATO				
Análisis de variancia para PESO TERMITAS MUERTAS (g), utilizando SC ajustada para pruebas							
Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P	
RETENCION (kg/m3)	4	1.94517	1.94517	0.48629	131.74	0.000	
PRESERVANTE	1	0.09472	0.09472	0.09472	25.66	0.000	
Error	94	0.34700	0.34700	0.00369			
Total	99	2.38689					
S = 0.0607573 R-cuad. = 85.46% R-cuad. (ajustado) = 84.69%							

FUENTE: Elaboración propia, realizado con el programa Minitab 15

En cuanto al coeficiente de determinación, este indica que el 85,46% de los valores de peso de termitas muertas, son explicados por las variables utilizadas.

En la tabla 23 se muestran las comparaciones entre los tratamientos, realizadas según la Prueba de Tukey, para el ensayo de valor eficaz de los preservantes. En donde se aprecia que casi todas las comparaciones resultaron ser significativas, es decir, obtuvieron diferentes pesos de termitas muertas, sin embargo, la comparación de las retenciones de 1 y 2 kg/m<sup>3</sup>, no es significativa, esto quiere decir, que obtuvieron un peso de termitas muertas similar. Dicho lo anterior, se puede asumir que la retención de 4 kg/m<sup>3</sup> representa la mejor condición, debido a que obtuvo el mayor peso de termitas muertas expresado en porcentaje de mortalidad, además presento en la evaluación del daño ocasionado por el ataque termitas, la clasificación de 10, para probetas sanas o con roeduras superficiales, en ambos compuestos bóricos, por consiguiente, este valor se determinó como la retención límite tóxica para ambos preservantes.

Tabla 23: **Prueba de Tukey para el ensayo de valor eficaz de los preservantes en prueba.**

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95.0%			
RETENCION (kg/m3)	N	Media	Agrupación
4	20	0.8	A
3	20	0.6	B
2	20	0.5	C
1	20	0.5	C
0	20	0.3	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

FUENTE: Elaboración propia, realizado con el programa Minitab 15

### 5.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ENSAYO DE PRESERVACIÓN POR VACÍO-PRESIÓN.

#### 5.3.1. PARA MADERA DE ALBURA.

Según la tabla 24, el valor de P-value para la prueba de Anderson-Darling es mayor a 0,05, por lo tanto, los datos siguen una distribución normal. Por otro lado, para la prueba de Bartlett's, el valor de P-value es mayor que 0,05, por consiguiente se cumple con la homogeneidad de variancias.

Tabla 24: **Requisitos previos para la retención del ensayo de preservación por vacío-presión para madera de albura de *P. oocarpa*.**

INDICADOR ESTADÍSTICO	$\alpha$	p- VALUE	Resultado
Prueba de Anderson-Darling	0,05	0,56	Distribución Normal
Prueba de Bartlett's	0,05	0,55	Variancias Homogéneas

En la tabla 25, se muestra el análisis de variancia de la retención de los compuestos bóricos del ensayo de preservación por vacío-presión para madera de albura de *P. oocarpa*. Este análisis demuestra que es significativa la variancia en el tipo de preservante, magnitud de la presión y tiempo de presión, por lo tanto, hay suficiente evidencia estadística para afirmar que algún tipo de preservante, magnitud de presión y tiempo de presión ensayados, proporciona diferente retención de preservante en la madera. Por otra parte, en las interacciones de tipo de preservante\*tiempo de presión y tipo de preservante\*magnitud de la presión\*tiempo de presión, existe un efecto combinado sobre la retención de los compuestos bóricos.

Tabla 25: Análisis de variancia para la retención del ensayo de preservación por vacío-presión para madera de albura de *P. oocarpa*.

Modelo lineal general: Retencion (k vs. Tipo de pres, Presion (psi, ...						
Factor	Tipo	Niveles	Valores			
Tipo de preservante	fijo	2	Acido borico, Octoborato de sodio			
Presion (psi)	fijo	3	60, 90, 120			
Tiempo de presion (minutos)	fijo	3	10, 20, 30			
Análisis de varianza para Retencion (kg/m3), utilizando SC ajustada para pruebas						
Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	
Tipo de preservante	1	26.251	26.251	26.251	22.96	
Presion (psi)	2	58.209	58.209	29.104	25.45	
Tiempo de presion (minutos)	2	14.703	14.703	7.351	6.43	
Tipo de preservante*Presion (psi)	2	1.732	1.732	0.866	0.76	
Tipo de preservante* Tiempo de presion (minutos)	2	9.882	9.882	4.941	4.32	
Presion (psi)* Tiempo de presion (minutos)	4	4.877	4.877	1.219	1.07	
Tipo de preservante*Presion (psi)* Tiempo de presion (minutos)	4	24.019	24.019	6.005	5.25	
Error	72	82.332	82.332	1.144		
Total	89	222.004				
Fuente		P				
Tipo de preservante		0.000				
Presion (psi)		0.000				
Tiempo de presion (minutos)		0.003				
Tipo de preservante*Presion (psi)		0.473				
Tipo de preservante* Tiempo de presion (minutos)		0.017				
Presion (psi)* Tiempo de presion (minutos)		0.380				
Tipo de preservante*Presion (psi)* Tiempo de presion (minutos)		0.001				
S = 1.06935 R-cuad. = 62.91% R-cuad. (ajustado) = 54.16%						

FUENTE: Elaboración propia, realizado con el programa Minitab 15

En cuanto al coeficiente de determinación, este indica que el 62,91% de los valores de retención de los compuestos bóricos, son explicados por las variables utilizadas.

En la tabla 26, se observa el resultado de todas las comparaciones realizadas según la Prueba de Tukey, en la cual se aprecia un primer grupo de tratamientos conformado por la mezcla de ácido bórico-bórax a una presión de 120 PSI durante 20 y 30 minutos, octoborato de sodio a una presión de 120 PSI durante 10 minutos y la mezcla de ácido bórico-bórax a una presión de 90 PSI durante 20 y 30 minutos, los cuales tienen el mismo efecto en la retención del preservante en la madera de albura, y a su vez presentan los valores más altos de retención de los compuestos bóricos.

Además, se observa un segundo grupo de tratamientos conformado por la mezcla de ácido bórico-bórax a una presión de 60 PSI durante 20 minutos, octoborato de sodio a una presión de 120 PSI durante 20 y 30 minutos, la mezcla de ácido bórico-bórax a una presión de 120 PSI durante 10 minutos, octoborato de sodio a una presión de 90 PSI durante 20 minutos, la mezcla de ácido bórico-bórax a una presión de 90 PSI durante 10 minutos, y octoborato de sodio a una presión de 60 PSI durante 30 minutos, los que generan el mismo efecto en la retención de los preservantes.

Por último, se observa un tercer grupo conformado por el octoborato de sodio a una presión de 90 PSI durante 10 y 30 minutos, la mezcla de ácido bórico-Bórax a una presión de 60 PSI durante 10 y 30 minutos, octoborato de sodio a una presión de 60 PSI durante 10 y 20 minutos, y octoborato de sodio a una presión de 90 PSI durante 30 minutos. Estos tratamientos proporcionan diferente retención de los compuestos bóricos a comparación de los grupos anteriores, y además presentan los menores valores de retención de los preservantes en la madera de albura para el ensayo.

**Tabla 26: Prueba de Tukey del ensayo de preservación por vacío-presión para madera de albura de *P. oocarpa*.**

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95.0%					
Tipo de preservante	Presion (psi)	Tiempo de presion (minutos)	N	Media	Agrupación
Acido borico	120	30	5	13.4	A
Acido borico	120	20	5	11.7	A B
Acido borico	90	30	5	11.7	A B
Octoborato de sodio	120	10	5	11.2	A B C
Acido borico	90	20	5	11.0	A B C D
Acido borico	60	20	5	10.8	B C D
Octoborato de sodio	120	20	5	10.7	B C D E
Acido borico	120	10	5	10.6	B C D E
Octoborato de sodio	90	20	5	10.4	B C D E
Octoborato de sodio	120	30	5	10.2	B C D E
Acido borico	90	10	5	9.7	B C D E
Octoborato de sodio	60	30	5	9.6	B C D E
Octoborato de sodio	90	10	5	9.2	C D E
Acido borico	60	30	5	9.2	C D E
Acido borico	60	10	5	9.1	C D E
Octoborato de sodio	60	20	5	9.0	C D E
Octoborato de sodio	90	30	5	8.7	D E
Octoborato de sodio	60	10	5	8.3	E

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

FUENTE: Elaboración propia, realizado con el programa Minitab 15

De esta manera, el tratamiento con la mezcla de ácido bórico-bórax, aplicada una presión de 90 PSI durante 20 minutos, representa la mejor condición de retención de preservante en madera de albura de *P. oocarpa*, en vista de que la evidencia estadística indica que genera similar retención de preservante que los demás tratamientos del primer grupo (Tabla 26). Dicho lo anterior, todos los tratamientos obtuvieron un valor promedio de retención mayor a  $4 \text{ kg/m}^3$ , valor asignado a la retención límite tóxica para ambos compuestos bóricos, por consiguiente el tratamiento más adecuado sería la mezcla de ácido bórico-bórax aplicada a una presión de 60 PSI durante 10 minutos, dado que usa una menor magnitud y tiempo de aplicación de presión, obtuvo el mismo tipo de penetración que los demás tratamientos, y su precio es menor en el mercado nacional a comparación del octoborato de sodio.

### 5.3.2. PARA MADERA DE DURAMEN

Según la tabla 27, en la prueba de Anderson-Darling, el valor de P-value es mayor que 0,05, razón por la cual, los datos siguen una distribución normal. En cambio, en la prueba de Bartlett's, el valor de P-value es menor que 0,05, de modo que, no se cumple la homogeneidad de variancias.

Tabla 27: **Requisitos previos para la retención del ensayo de preservación por vacío-presión para madera de duramen de *P. oocarpa*.**

INDICADOR ESTADÍSTICO	$\alpha$	p- VALUE	Resultado
Prueba de Anderson-Darling	0,05	0,327	Distribución Normal
Prueba de Bartlett's	0,05	0,023	Variancias Heterogéneas

En la tabla 28, se muestra el análisis de variancia de la retención de los compuestos bóricos del ensayo de preservación por vacío-presión para madera de duramen de *P. oocarpa*. Este análisis demuestra que es significativa la variancia en el tipo de preservante, magnitud de la presión y tiempo de presión, por consiguiente, hay suficiente evidencia estadística para afirmar que algún tipo de preservante, alguna magnitud de presión y tiempo de presión ensayados, proporciona diferente retención de preservante en la madera. Por otro lado, en las interacciones de tipo de preservante\*magnitud de la presión y tipo de preservante\*magnitud de la presión\*tiempo de presión, existe un efecto combinado sobre la retención de los compuestos bóricos.

Tabla 28: Análisis de variancia para la retención del ensayo de preservación por vacío-presión para madera de duramen de *P. oocarpa*.

Análisis de variancia para Ln(Retenc), utilizando SC ajustada para pruebas						
Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	
Tipo de preservante	1	1.1016	1.1016	1.1016	10.13	
Presion (psi)	2	7.1962	7.1962	3.5981	33.09	
Tiempo de presion (minutos)	2	2.3775	2.3775	1.1887	10.93	
Tipo de preservante*Presion (psi)	2	1.9213	1.9213	0.9607	8.84	
Tipo de preservante*	2	0.0282	0.0282	0.0141	0.13	
Tiempo de presion (minutos)						
Presion (psi)*	4	0.8593	0.8593	0.2148	1.98	
Tiempo de presion (minutos)						
Tipo de preservante*Presion (psi)*	4	1.3325	1.3325	0.3331	3.06	
Tiempo de presion (minutos)						
Error	72	7.8288	7.8288	0.1087		
Total	89	22.6454				
Fuente P						
Tipo de preservante		0.002				
Presion (psi)		0.000				
Tiempo de presion (minutos)		0.000				
Tipo de preservante*Presion (psi)		0.000				
Tipo de preservante*		0.879				
Tiempo de presion (minutos)						
Presion (psi)*		0.107				
Tiempo de presion (minutos)						
Tipo de preservante*Presion (psi)*		0.022				
Tiempo de presion (minutos)						
Error						
Total						
S = 0.329748 R-cuad. = 65.43% R-cuad. (ajustado) = 57.27%						

FUENTE: Elaboración propia, realizado con el programa Minitab 15

En relación con el coeficiente de determinación, este indica que el 65,43% de los valores de retención de los compuestos bóricos son explicados por las variables utilizadas.

En la tabla 29, se observa el resultado de todas las comparaciones realizadas según la Prueba de Tukey, en esta se aprecia un primer grupo de tratamientos conformado por el octoborato de sodio a una presión 120 PSI durante 10, 20 y 30 minutos, la mezcla de ácido bórico-bórax a una presión de 120 PSI durante 10, 20 y 30 minutos, la mezcla de ácido bórico-bórax a una presión de 90 PSI durante 10, 20 y 30 minutos, y la mezcla de ácido bórico-bórax a una presión de 60 PSI durante 20 y 30 minutos, los cuales tienen el mismo efecto en la retención del preservante en la madera de duramen, y a su vez presentan los valores más altos de retención de los compuestos bóricos.

Además, se muestra un segundo grupo de tratamientos conformado por el octoborato de sodio a una presión 90 PSI durante 20 y 30 minutos y octoborato de sodio a una presión 60 PSI durante 20 minutos, los que generan el mismo efecto en la retención de los preservantes.

Por último, se observa un tercer grupo conformado por el octoborato de sodio a una presión 90 PSI durante 10 minutos, octoborato de sodio a una presión 60 PSI durante 10 y 30 minutos y la mezcla de ácido bórico-bórax a una presión de 60 PSI durante 10 minutos. Estos tratamientos proporcionan diferente retención de los compuestos bóricos a comparación de los grupos anteriores, y además presentan los menores valores de retención de los preservantes en la madera de duramen para el ensayo.

Tabla 29: Prueba de Tukey del ensayo de preservación por vacío-presión para madera de duramen de *P. oocarpa*.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95.0%					
Tipo de preservante	Presion (psi)	Tiempo de presion (minutos)	N	Media	Agrupación
Octoborato de sodio	120	30	5	6.0	A
Octoborato de sodio	120	20	5	5.5	A
Acido borico	90	20	5	5.0	A B
Acido borico	120	20	5	4.5	A B C
Acido borico	120	30	5	4.5	A B C D
Acido borico	90	10	5	4.1	A B C D
Acido borico	120	10	5	4.1	A B C D
Acido borico	90	30	5	4.1	A B C D
Acido borico	60	30	5	4.1	A B C D
Octoborato de sodio	120	10	5	3.7	A B C D E
Acido borico	60	20	5	3.3	A B C D E
Octoborato de sodio	90	30	5	2.7	B C D E F
Octoborato de sodio	90	20	5	2.5	B C D E F
Octoborato de sodio	60	20	5	2.2	B C D E F
Octoborato de sodio	60	30	5	2.2	C D E F
Octoborato de sodio	90	10	5	2.2	D E F
Octoborato de sodio	60	10	5	1.8	E F
Acido borico	60	10	5	1.3	F

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

FUENTE: Elaboración propia, realizado con el programa Minitab 15

De esta manera, el tratamiento con la mezcla de ácido bórico-bórax, aplicada a una presión de 60 PSI durante 20 minutos, representa la mejor condición de retención de preservante para madera de duramen de *P. oocarpa*, debido a que la evidencia estadística indica que genera similar retención de preservante que los demás tratamientos del primer grupo (Tabla 29). Sin embargo, este tratamiento no obtuvo un valor promedio de retención igual o mayor a  $4 \text{ kg/m}^3$ , valor asignado a la retención límite tóxica para ambos compuestos bóricos, por consiguiente, el tratamiento más adecuado sería la mezcla de ácido bórico-bórax aplicada a

una presión de 60 PSI aplicada durante 30 minutos, dado que usa una menor magnitud de presión, obtuvo el mismo tipo de penetración que los demás tratamientos que superaron la retención límite tóxica, y su precio es menor en el mercado nacional a comparación del octoborato de sodio.

#### 5.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ENSAYO DE PRESERVACIÓN POR INMERSIÓN PROLONGADA.

##### 5.4.1. PARA MADERA DE ALBURA.

Según la tabla 30, en la prueba de Anderson-Darling, el valor de P-value es mayor que 0,05, por consiguiente los resultados de retención de los compuestos bóricos tienen una distribución normal. Asimismo, para la prueba de Bartlett's, el valor de P-value, es mayor que 0,05, por lo cual, se cumple la homogeneidad de variancias entre los tratamientos del ensayo.

Tabla 30: **Requisitos previos para la retención del ensayo de preservación por inmersión prolongada para madera de albura de *P. oocarpa*.**

<b>INDICADOR ESTADÍSTICO</b>	<b><math>\alpha</math></b>	<b>p- VALUE</b>	<b>Resultado</b>
<i>Prueba de Anderson-Darling</i>	0,05	0,244	Distribución Normal
<i>Prueba de Bartlett's</i>	0,05	0,368	Variancias Homogéneas

En la tabla 31, se muestra el análisis de variancia de la retención de los compuestos bóricos del ensayo de preservación por inmersión prolongada para madera de albura de *P. oocarpa*. Este análisis demuestra que no es significativa la variancia en el tipo de preservante, por lo tanto, no existe suficiente evidencia estadística para afirmar que algún tipo de preservante proporcione diferente retención en la madera. También, se aprecia que la variancia es significativa para el tiempo de inmersión, por consiguiente, existe evidencia estadística para afirmar que algún tiempo de inmersión proporcione una diferente retención de los compuestos bóricos. Por otro lado, se observa que no existe un efecto combinado del tipo de preservante y tiempo de inmersión sobre la retención de los preservantes.

Tabla 31: Análisis de variancia para la retención del ensayo de preservación por inmersión prolongada para madera de albura de *P. oocarpa*.

Modelo lineal general: Ln(Retención vs. TIPO DE PRES, TIEMPO DE IN							
Factor	Tipo	Niveles	Valores				
TIPO DE PRESERVANTE	fijo	2	Acido Borico- Borax, Octoborato de sodio				
TIEMPO DE INMERSION	fijo	7	16 horas, 2 horas, 32 horas, 4 horas, 64 horas, 8 horas, 96 horas				
Análisis de varianza para Ln(Retención), utilizando SC ajustada para pruebas							
Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P	
TIPO DE PRESERVANTE	1	0.08546	0.08546	0.08546	1.43	0.236	
TIEMPO DE INMERSION	6	10.58852	10.58852	1.76475	29.59	0.000	
TIPO DE PRESERVANTE* TIEMPO DE INMERSION	6	0.62495	0.62495	0.10416	1.75	0.127	
Error	56	3.33940	3.33940	0.05963			
Total	69	14.63832					
S = 0.244197 R-cuad. = 77.19% R-cuad. (ajustado) = 71.89%							

FUENTE: Elaboración propia, realizado con el programa Minitab 15

En relación con el coeficiente de determinación, este indica que el 77,19% de los valores de retención obtenidos son explicados por las variables estudiadas.

En la tabla 32, se muestra el resultado de todas las comparaciones realizadas según la Prueba de Tukey, en esta se observa que los tratamientos de 64 y 96 horas de inmersión, tienen el mismo efecto en la retención de los compuestos bóricos, y presentan los mayores valores promedio de retención de los preservantes en la madera de albura para este ensayo.

Tabla 32: Prueba de Tukey para el ensayo de preservación por inmersión prolongada para madera de albura de *P. oocarpa*.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95.0%			
TIEMPO DE INMERSION	N	Media	Agrupación
96 horas	10	5.5	A
64 horas	10	4.5	A B
32 horas	10	3.7	B C
16 horas	10	2.7	C D
8 horas	10	2.2	D E
4 horas	10	2.0	D E
2 horas	10	1.8	E
Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.			

FUENTE: Elaboración propia, realizado con el programa Minitab 15

De esta manera, el tratamiento con la mezcla de ácido bórico-bórax a 64 horas de inmersión representa la mejor condición de retención de preservante para madera de albura de *P. oocarpa*, debido a que la evidencia estadística indica que genera similar retención de preservante que los tratamientos con 96 horas de inmersión (Tabla 32). Además este tratamiento obtuvo un valor promedio de retención mayor a 4 kg/m<sup>3</sup>, valor asignado a la retención límite tóxica para ambos compuestos bóricos, mostro el mismo tipo de penetración de compuestos bóricos que el tratamiento a 96 horas de inmersión, y también, su precio es menor en el mercado nacional a comparación del octoborato de sodio.

#### 5.4.2. PARA MADERA DE DURAMEN.

Según la tabla 33, para la prueba de Anderson-Darling, el valor de P-value es mayor que 0,05, razón por la cual, los resultados de retención de los compuestos bóricos tienen una distribución normal. Por otra parte, en la prueba de Bartlett's, el valor de P-value es mayor a 0,05, en consecuencia, se cumplen la homogeneidad de variancias entre los tratamientos del ensayo.

Tabla 33: **Requisitos previos para la retención del ensayo de preservación por inmersión prolongada para madera de duramen de *P. oocarpa*.**

<b>INDICADOR ESTADÍSTICO</b>	<b><math>\alpha</math></b>	<b>p- VALUE</b>	<b>Resultado</b>
<i>Prueba de Anderson-Darling</i>	0,05	0,361	Distribución Normal
<i>Prueba de Bartlett's</i>	0,05	0,643	Variancias Homogéneas

En la tabla 34, se muestra el análisis de variancia de la retención de los compuestos bóricos del ensayo de preservación por inmersión prolongada para madera de duramen de *P. oocarpa*. Este análisis demuestra que no es significativa la variancia en el tipo de preservante, por lo tanto, no existe suficiente evidencia estadística para afirmar que algún tipo de preservante proporcione diferente retención en la madera. Además se aprecia que la variancia es significativa para el tiempo de inmersión, por lo cual, existe evidencia estadística para afirmar que algún tiempo de inmersión, proporcione una diferente retención de los compuestos bóricos. Por otra parte, se observa que no existe un efecto combinado del tipo de preservante y tiempo de inmersión sobre la retención de los preservantes.

Tabla 34: Análisis de variancia para la retención del ensayo de preservación por inmersión prolongada para madera de duramen de *P. oocarpa*.

Modelo lineal general: Ln(RET) vs. TIPO DE PRESERVA, TIEMPO DE INMERS						
Factor	Tipo	Niveles	Valores			
TIPO DE PRESERVANTE	fijo	2	Acido Borico- Borax, Octoborato de sodio			
TIEMPO DE INMERSION	fijo	7	16 horas, 2 horas, 32 horas, 4 horas, 64 horas, 8 horas, 96 horas			
Análisis de variancia para Ln(RET), utilizando SC ajustada para pruebas						
Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
TIPO DE PRESERVANTE	1	0.01917	0.01917	0.01917	0.52	0.473
TIEMPO DE INMERSION	6	10.83102	10.83102	1.80517	49.11	0.000
TIPO DE PRESERVANTE*	6	0.17843	0.17843	0.02974	0.81	0.567
TIEMPO DE INMERSION						
Error	56	2.05850	2.05850	0.03676		
Total	69	13.08713				
S = 0.191726 R-cuad. = 84.27% R-cuad. (ajustado) = 80.62%						

FUENTE: Elaboración propia, realizado con el programa Minitab 15

Acerca del coeficiente de determinación, este indica que el 84,27% de los valores de retención obtenidos son explicados por las variables estudiadas.

En la tabla 35, se muestra el resultado de todas las comparaciones realizadas según la Prueba de Tukey, en la cual se aprecia, que los tratamientos de 64 y 96 horas de inmersión, tienen el mismo efecto en la retención del preservante en la madera de duramen, y además presentan los valores más altos de retención de los compuestos bóricos.

Tabla 35: Prueba de Tukey para el ensayo de preservación por inmersión prolongada para la madera de duramen de *P. oocarpa*.

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.			
Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95.0%			
TIEMPO DE INMERSION	N	Media	Agrupación
96 horas	10	4.5	A
64 horas	10	3.7	A B
32 horas	10	3.3	B
16 horas	10	2.5	C
8 horas	10	2.0	C D
4 horas	10	1.6	D E
2 horas	10	1.5	E
Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.			

FUENTE: Elaboración propia, realizado con el programa Minitab 15

De esta manera, el tratamiento con la mezcla de ácido bórico-bórax a 64 horas de inmersión, representa la mejor condición de retención de preservante para madera de duramen de *P. oocarpa*, debido a que, la evidencia estadística indica que genera similar retención de preservante que los tratamientos con 96 horas de inmersión (Tabla 35). Sin embargo, este tratamiento no obtuvo un valor promedio de retención igual o mayor a  $4 \text{ kg/m}^3$ , valor asignado a la retención límite tóxica para ambos compuestos bóricos, por consiguiente, el tratamiento más adecuado sería la mezcla de ácido bórico-bórax a 96 horas de inmersión, debido a que, obtuvo el mismo tipo de penetración que el tratamiento a 64 horas de inmersión, y su precio es menor en el mercado nacional a comparación del octoborato de sodio.

## V. CONCLUSIONES

- 1) La madera de albura y duramen de *Pinus oocarpa* Schilde ex Schltldl son susceptibles a un ataque severo de termitas de madera seca de la especie *Cryptotermes brevis*.
- 2) El octoborato de sodio y la mezcla de ácido bórico-bórax, en ensayos de laboratorio, resultaron ser eficaces frente al ataque de termitas de madera seca de la especie *Cryptotermes brevis*, a una retención límite tóxica de 4 kg de sal por metro cúbico de madera.
- 3) El método de preservación por vacío-presión es efectivo en la protección de madera de albura de *Pinus oocarpa* Schilde ex Schltldl, a partir de la presión 60 PSI aplicada durante 10 minutos, para los dos compuestos bóricos usados en la presente investigación.
- 4) Con el método de preservación por vacío-presión, se alcanza una protección efectiva en la madera de duramen de *Pinus oocarpa* Schilde ex Schltldl, usando la mezcla de ácido bórico-bórax, para la presión de 60 PSI aplicada durante 30 minutos y con las presiones de 90 y 120 PSI aplicadas a partir de 10 minutos. En el caso del octoborato de sodio se alcanza una protección con la presión de 120 PSI aplicada a partir de 20 minutos.
- 5) El método de preservación por inmersión prolongada es efectivo en la protección de madera de albura de *Pinus oocarpa* Schilde ex Schltldl, a partir de 64 horas de inmersión para ambos compuestos bóricos.
- 6) El método de preservación por inmersión prolongada es efectivo en la protección de madera de duramen de *Pinus oocarpa* Schilde ex Schltldl, a partir de 96 horas de inmersión para ambos compuestos bóricos.



## VI. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios relacionados a la reducción de la magnitud de la presión y tiempo de aplicación de la presión de los compuestos bóricos, con el objetivo de determinar los valores óptimos que reduzcan los costos de producción en el proceso de preservación por vacío-presión de madera de albura de *Pinus oocarpa* Schilde ex Schltl.
- Incrementar el tiempo de duración de las pruebas de alimentación forzada para evaluar mejor la mortalidad y su relación con la eficacia de los preservantes.
- Realizar ensayos de laboratorio para comprobar la eficacia de los compuestos bóricos, frente al ataque de termitas como *Cryptotermes rospigliosi* Snyder, presentes en la Costa, y el género *Nasutitermes* Dudley, conocidas como comejenes u hormigas blancas en la Selva, las cuales son mencionadas por Dourojeanni (1964), debido al daño que ocasionan en los productos de la industria forestal nacional.
- Efectuar investigaciones para determinar la eficacia de los compuestos bóricos mediante los métodos de preservación, usados en el presente estudio, en otras especies forestales de rápido crecimiento seleccionadas para plantaciones en el país.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfaro P., J. 2013. Estudio de retención y penetración de tres preservantes comerciales en nueve especies maderables presentes en Costa Rica. *Revista Ingeniería de la Universidad de Costa Rica*. San José: Costa Rica. Vol. 23 (1): 107-119.
- ASTM (American Society for Testing and Materials, US). 2008. ASTM Designation: D 3345. "Standard Test Method for Laboratory Evaluation of Wood and Other Cellulosic Materials for Resistance to Termites". EEUU.
- Arcos R., J. 1999. Efecto del aceite de nim *azadirachta indica* A. juss., sobre la termita de madera seca *Incisitermes marginipennis* (Latreille) (Isoptera: Kalotermitidae). Tesis para obtener el título de ingeniero forestal con orientación en economía y ordenación. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo: México. 62 p.
- Barambio Z., A. 2012. Termitas *Cryptotermes brevis* y su expansión en Europa. *Pest Control News*. Revista de la Industria del Control de Plagas en Sanidad Ambiental, Alimentaria y Conservación. Junio Vol. 24: 16-20.
- Baeza, M., Briones, R. y Hernández, G. 2002. Retención mínima de sales CCA en madera Pino radiata que protege del ataque de la termita subterránea. *Revista Maderas: Ciencia y Tecnología*. Concepción: Chile. Vol. 4 (2): 186-192.
- Becker, G. 1976. Los Termes y la Madera. *Revista Unasyuva*. Roma: Italia. Vol. 28(111): 2-11.
- Bernabé S., R. 2008. Composición química de la madera de cinco especies de pino del municipio de Morelia, Michoacán, México. Tesis para obtener el título de ingeniero en tecnología de la madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia: México. 77 p.
- Berrocal, A., Muñoz, F. y González, G. 2004. Ensayo de penetrabilidad de dos preservantes a base de boro en madera de melina (*Gmelina arborea*) crecida en Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*. Costa Rica. Vol. 1(3). 12 p.

- Berrocal J., A. y Rojas A., L. 2007. Resistencia de la madera de teca (*Tectona grandis* L.f.) proveniente de plantaciones forestales ante el ataque de termitas de madera seca *Cryptotermes brevis* (Walker). Revista Forestal Mesoamericana Kurú. Costa Rica. Vol. 4(10). 15 p.
- Berrocal J., A. 2008. Sistema de preservación de madera para la construcción. Revista Forestal Mesoamericana Kurú. Costa Rica. Vol. 5(15):72-76.
- Bobadilla, E., Suirezs, T., Peryra, O., Weber, E., Silva, F. y Stehr, A. 2006. Durabilidad de la madera del *Pinus taeda* L. impregnado con arseniato de cobre cromatado, frente a hongos xilófagos, Misiones, Argentina. Revista Floresta. Paraná: Brasil. Vol. 37(1). 15-20.
- Canessa, E. y Berrocal J., A. 2006. Las termitas un enemigo silencioso. Revista Forestal Mesoamericana Kurú. Costa Rica. Vol. 3(8). 5 p.
- Carmona C., R. y Duran F., A. 2005. Eficacia de preservantes en madera de *Pinus radiata* D. Don frente al ataque de termitas subterráneas (*Reticulitermes hesperus*). Revista Maderas: Ciencia y Tecnología. Concepción: Chile. Vol. 7 (1): 27-36.
- Claros C., J. 2008. Durabilidad natural del *Pinus oocarpa* Schiede ex Schtdl y *Pinus tecunumanii* Eguiluz & J.P. Perry a la acción de hongos xilófagos. Tesis Ing. Forestal y Ambiental. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo: Perú. 108 p.
- De La Cruz Ch., J. y Huaman C., C. 2006. Anatomía y propiedades físico mecánicas de la madera de *Pinus oocarpa* schiede ex schltdl y de *Pinus tecunumanii* eguiluz & perry, Oxapampa. Tesis para optar por el título de ingeniero en ciencias forestales y del ambiente. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo: Perú. 142 p.
- Dourojeanni, M. J. 1963. Introducción al estudio de los Insectos que afectan la explotación Forestal en la Selva Peruana. Revista Peruana de Entomología. Lima: Perú. 6 (1): 27-38.
- \_\_\_\_\_. 1964. Apuntes bibliográficos sobre los termites (Isoptera Brullé) peruanos. Revista Peruana de Entomología. Lima: Perú. 7(1): 75-92.

- Eguigurems E., J. 2016. Pautas para el desarrollo de una estrategia de cadena de valor de madera de pino (*Pinus oocarpa* var. Scheide) del bosque de U-ESNACIFOR, Honduras. Tesis para optar por el grado de magister scientiae en manejo y conservación de bosques tropicales y biodiversidad. Turrialba: Costa Rica. 108 p.
- Encinas, O. 2005. Preservación de bambú y madera de plantaciones mediante desplazamiento de savia forzado. *Revista Forestal Venezolana*. Mérida: Venezuela. 49(2):153-162.
- Erdoiza, J. y Echenique M., R. 1980. Preservación de madera de pino con sales de boro. Instituto nacional de investigaciones sobre recursos bióticos. La madera y su uso en la construcción. N°4: 17 p.
- Experto en termitas. 2015. El blog personal de David Mora, experto en termitas y chinches de cama. Consultado el 14 de Abril del 2015. Disponible en: <http://www.expertoentermitas.org/cryptotermes-brevis-walker-termita-de-madera-seca-2/>
- FONDEBOSQUE. 2004. Diagnóstico de la situación social, política, económica y ambiental relacionada al sector forestal en la provincia de Oxapampa, Región Pasco. Oxapampa: Perú. 83 p.
- García E., L., Guindeo C, A., Peraza O, C., y De Palacios, P. 2003. La madera y su anatomía: anomalías y defectos, estructura microscópica de coníferas y frondosas, identificación de maderas, descripción de especies y pared celular. Fundación Conde del Valle de Salazar. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid: España. 330 p
- Grassé, P. 1982. *Termitología. Anatomía, fisiología y reproducción*. Fundación Singer-Polignac. Masson. Paris. Vol. I: 363.
- Gómez P. D. 2000. Composición florística en el bosque ribereño de la cuenca alta San Alberto, Oxapampa- Perú. Tesis para optar por el título de ingeniero forestal. UNALM. Lima: Perú. 26-27.
- González F., V. R. 1974. Preservación de la Madera. Contrato- Convenio UNALM- Ministerio de Energía y Minas. Lima. 201p.
- \_\_\_\_\_. 2001. Patología forestal. Notas de clase. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. 82p.

- Guevara S., L. 1987. Evaluación tóxica e ignífuga de dos preservadores de maderas. Oxapampa- Perú. Tesis para optar por el título de ingeniero forestal. UNALM. Lima: Perú. 22-23.
- Guevara S., L. 1996. Características de preservación de 30 maderas. Revista Folia Amazónica. Iquitos: Perú. Vol. 8(1): 65-77.
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI). 1974a. Norma Técnica Peruana (NTP) 251.019. Tratamientos preservadores. Lima: Perú. 2 p.
- INDECOPI. 1974b. NTP 251.026. Penetración y retención de los preservadores en la madera. Lima: Perú. 9 p.
- INDECOPI. 1974c. NTP 251.027. Valor tóxico y permanencia de preservadores de madera en condiciones de laboratorio. Lima: Perú. 16 p.
- INDECOPI. 1979. NTP 251.020. Clasificación de preservadores. Lima: Perú. 3 p.
- INDECOPI. 1987. NTP 251.035. Composición química de los preservadores para madera. Lima: Perú. 5 p.
- Junta del Acuerdo de Cartagena (JUNAC). 1988. Manual del Grupo Andino para la preservación de maderas. Proyecto Sub-regional de Promoción industrial de la Madera para la Construcción. Ed. Carvajal. Lima: Perú. 442 p.
- Keil, G.; Maly, L.; De Cristóforo, N.; Refort, M. y Acciaresi, G. 2012. Comportamiento a la impregnación por vacío y presión de las maderas de *Pinus ponderosa* Dougl. Ex Laws y *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. Revista de la Facultad de Agronomía. La Plata: Argentina. Vol. 111 (2): 99-110.
- Keil G., Tonello, M. L., Maly L. y Refort, M. 2015. Evaluación de la eficiencia ignífuga de soluciones hidrosolubles en la impregnación de madera de *Pinus ponderosa* Dougl. Ex Laws. Revista Forestal Yvyrareta. Misiones: Argentina. Vol. 22:59-64.
- Kollman, F. 1959. Tecnología de la Madera y sus aplicaciones. 2da. Ed. Instituto Forestal de investigaciones y experiencias al servicio de la madera. Madrid- España. 789p.

- Landauro P, D. 2010. Características de preservación por el método de inmersión del tallo de *Guadua angustifolia* Kunth (Bambú), proveniente del distrito de La Florida, Cajamarca. Tesis para optar el título de ingeniero forestal. UNALM. Lima: Perú. 59 p.
- Loayza V, M. 1979. Resistencia natural de maderas de diez especies forestales al ataque de termitas. Tesis para optar al grado de magister scientiae. Universidad de Costa Rica y el Centro Agronómico Tropical de investigación y enseñanza. Turrialba: Costa Rica. 82 p.
- Luján L., M. y Agueda C., M. 1998. Modificaciones ultraestructurales de la madera de *Pinus pinaster* Ait. impregnada con preservantes cupro-cromo-arsenicales. Revista de la Facultad de Agronomía. La Plata: Argentina. Vol. 103 (1):11-16.
- Machuca V., R., Fuentes S., M. y Borja D., A. 2006. Absorción de soluciones preservantes de nueve especies de maderas, mediante procesos de impregnación a vacío-presión e inmersión. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. Chapingo: México. Vol. 12(1): 71-78.
- Márquez, A., Briceño, A. y Encinas, O. 2008. Evaluación de compuestos de boro como protectores de madera pino caribe contra termitas. Revista Copérnico Arbitrada de Divulgación Científica. Bolívar: Venezuela. Año V. No. 9: 24-31.
- Medina, G. S., Martorell, L. y Acin, D. N. 1987. Comejenes de Importancia Económica en Puerto Rico y su Control. Universidad de Puerto Rico. Recinto de Mayaguez. Estación Experimental Agrícola. Rio Piedras, Puerto Rico. 16 p.
- Millones R., J. 2000. Valor eficaz de un preservante (compuesto bórico) en el tratamiento de tres maderas comerciales de baja durabilidad natural. Tesis para optar el título de ingeniero forestal. Lima: Perú. 115 p.
- Ministerio de Agricultura y Riego. 2016. Dirección General forestal y de fauna silvestre. Anuario Perú Forestal en números 2015. Lima: Perú. 218 p.
- Mohali, S. y Castro, F. 2005. Evaluación de laboratorio de la durabilidad natural e inducida de las maderas de Pino Caribe (*Pinus caribaea* Mor. *Var.* Hondurensis) y Melina (*Gmelina arborea* Roxb.). Revista Arbitraria de Divulgación Científica Copérnico de la Universidad Nacional Experimental de Guayana. Bolívar: Venezuela. Año 1. Numero 2: 52-59.

- Mora, N. y Encinas, O. 2006. Biodegradación de maderas. Universidad de Los Andes Facultad de ciencias Forestales y Ambientales. Editorial Litorama. Mérida: Venezuela. 111 p.
- Morales P., T. 2006. Evaluación y ajuste del proceso de preservación de guadua por inmersión con sales de boro. Revista Scientia et Technica. Pereira: Colombia. Vol. XII (32): 457-462.
- Moreno, G., Pan, E., Wottitz, A., Carranza, M. E. y Segienowicz, R. 2008. Impregnación de la madera de orígenes de *Pinus taeda* implantados en la localidad de Famaillá, Provincia de Tucumán. Revista de Ciencias Forestales Quebracho. Santiago del Estero: Argentina. Vol.15: 42-46.
- Muñoz U., C. 2001. Efecto del duramen en la impregnación bajo vacío-presión de *Pinus radiata* D. Don. Tesis para optar por el título de ingeniero forestal. Universidad de Talca. Talca: Chile. 57 p.
- Nogales B., M. 2003. Efectividad del ácido bórico para el control de la termita de madera seca *Incisitermes marginipennis* (Latreille) (Isóptera: Kalotermitidae). Tesis para obtener el título de ingeniero en restauración forestal. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo: México. 87 p.
- Novoa L. y Bernuy M. 2006. Manual de buenas prácticas de manufactura para la preservación de madera aserrada. Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (MINCETUR). Dirección nacional de desarrollo de Comercio Exterior (DNC). Plan Estratégico Nacional Exportador (PENX). Lima - Perú. 41 p.
- Ofi-Catie. 2003. Árboles de Centroamérica, un manual para extensionistas. Turrialba: Costa Rica. 1079 p.
- Otaño, M.E., Keil G.D., Luna M.L., Díaz B. y Marlats, R.M. 1999. Impregnación de maderas de *Pinus radiata*, *P. pinaster*, *P. pinea* y *P. halepensis*: relación entre la absorción de preservantes hidrosolubles y sus características físicas y anatómicas. Revista de la Facultad de Agronomía. La Plata: Argentina. Vol. 104 (1):75-84.
- Piqueras V, I. 2011. Monitoreo de Plantaciones Forestales fomentadas por Fondebosque en Oxapampa, Pasco. Tesis para optar el título de ingeniero forestal. UNALM. Lima: Perú. 70 p.

- Posada G., R. E. 2015. Desarrollo de métodos alternativos de valoración de la calidad de la preservación, empleando sales de bórax en la *Guadua angustifolia* Kunth. Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de magister en ecotecnología. Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira: Colombia. 143 p.
- Ramírez, J. y Lanfranco, D. 2001. Descripción de la biología, daño y control de las termitas: especies existentes en Chile. Revista Bosque. Valdivia: Chile. 22(2): 77-84.
- Ramírez, M., Garay, D., Reyes, E. y Valero, S. 2004. Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de la especie *Pinus oocarpa* proveniente de aclareos en la plantación “Emilio Menotti Sposito” de 35 años de edad con fines protectores. Mérida: Venezuela. 16 p.
- Revista Lignum. 2013. Informe Técnico. Termitas y madera: Enemigas naturales. Santiago: Chile. Año23. Setiembre- Octubre. N°143: 21-26.
- Ripa S. R. y Luppichini B. P. 2004. Como reconocer las termitas. Revista Tierra Adentro. Santiago: Chile. Noviembre – Diciembre. N°59: 44-48.
- Riveros A., J. 2008. Evaluación de la Oleorresina de la especie Pino (*Pinus oocarpa*) en la zona de Oxapampa. Tesis para optar el título de ingeniero forestal. UNALM. Lima: Perú. 99 p.
- Rodríguez, M. 2012. Origen, evolución y distribución geográfica de las termitas de la madera seca. Revista Infoplagas. Asociación Nacional de Empresas de Control de Plagas (ANECPLA). Octubre Vol.47: 8-15.
- Romero, P. J. 1999. Influencia de la temperatura sobre el comportamiento de dos especies de termitas de madera seca *Cryptotermes brevis* Walker e *Incisitermes marginipennis* Latreille (Kalotermitidae). 79 p.
- Salazar, R., Soihet, R. y Méndez, J. (Téc. Comps.) 2000. Manejo de semillas de 100 especies forestales de América Latina.: CATIE: Proyecto de semillas Forestales: Danida Forest Seed Centre. Turrialba: Costa Rica. v. 1, 204 p.
- Sanjurjo V., J. 1992. Preservación con pentaclorofenol y sales CCA por baño caliente-frío de la *Tachigalia longiflora* Ducke (Tangarana). Revista Folia Amazónica. Iquitos: Perú. Vol. 4(1): 81-99.

- Santos, G. C. 2002. Durabilidad natural y adquirida en madera de Tornillo (*Cedrelinga cateniformis*), Copaiba (*Copaifera officinalis*) y Pino Radiata (*Pinus radiata*). Tesis para optar el título de ingeniero forestal. UNALM. Lima: Perú. 72 p.
- Silva, G. J. 2006. Fichas técnicas sobre características tecnológicas y usos de maderas comercializadas en México. Tomo II. Comisión Nacional Forestal. México. 132 p.
- Silva S., M. 2007. Aplicación de ondas ultrasónicas como medio de control al ataque de termitas subterráneas *Reticulitermes hesperus* banks en madera de *Pinus radiata* (D. Don). Memoria para optar al título profesional de ingeniero de la madera. Universidad de Chile. Santiago: Chile. 80 p.
- Sotomayor C., J. R. y Villaseñor A., J. M. 2016. Retención y absorción de solución de sales de boro de diez maderas mexicanas. Acta Universitaria. Guanajuato: México. Vol. 26(2):12-19.
- Toledo, E. 1981. Estudio de la Preservación de la Madera en el Perú. Lima, PE, Proyecto PNUD/FAO/PER/78. 48 p. (Documento de Trabajo N° 9).
- Torres, M., Figueroa, V. y Vives, I. 2011. Biodeterioro en rolletes de *Pinus radiata* preservados con sal CCA frente al ataque de hongos de pudrición parda. Revista Bosque. Valdivia: Chile. Vol.32 (3):315-320.
- Tuset, R. y Duran, F. 1979. Manual de Maderas Comerciales, Equipos y procesos de utilización. Montevideo,UY, Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur. 688 p.
- Vaca de Fuentes, R. 1998. Técnicas para la preservación de la madera. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible BOLFOR. Universidad Autónoma Juan Misael Caracho. Santa Cruz: Bolivia. 59 p.
- Vásquez M., A. y Guzmán R., J. 1999. Preservación de la madera de árboles de Pino oocarpa, Chingalé y Ceiba con sales de boro y determinación de su efectividad contra el ataque de termitas y *Lyctus*. Tesis para optar por el título de ingeniero forestal. Universidad Nacional de Colombia. Medellín: Colombia. 77 p.
- Viana, R. I. 2001. Determinación de la absorción neta durante la preservación de la madera de dos especies forestales por los métodos de presión y difusión. Revista Técnico Científica Tatascan. Siguatepeque: Honduras. Vol.13 (2): 29-38.

- Vidal, R., Diaz-Vaz, J. y Poblete, H. 1981. Propiedades de tableros de partículas de *Pinus radiata* (D. Don) preservados contra termitos. Revista Bosque. Valdivia: Chile Vol. 4(1). 49-54.
- Wadsworth, F. 2007. Sinergia Sostenida: Las polillas y el Dr. Wolcott. Revista Acta Científica Asociación de Maestros de Ciencia de Puerto Rico. Vol. 21(1-3):61-65.
- Wikipedia. La Enciclopedia libre. Consultado el 13 de Mayo del 2017. Disponible en: <https://en.wikipedia.org/wiki/Termite#CITEREFBignellRoisinLo2010>
- Wottiz, C. A. 2009. Análisis teórico de las variables que influyen en la impregnación con preservantes hidrosolubles de tablas de dimensiones comerciales. Revista de Ciencias Forestales Quebracho. Santiago del Estero: Argentina. Vol.17 (1-2): 5-15.



## VIII. ANEXOS

### ANEXO 1

VALORES DE CONCENTRACIÓN DE LOS COMPUESTOS BÓRICOS Y TIEMPOS DE INMERSIÓN PARA OBTENER DIFERENTES RETENCIONES EN PROBETAS DE ALBURA DE *P. oocarpa* PARA EL ENSAYO DE VALOR EFICAZ.

Concentración (%)	Tiempo de inmersión (minutos)	Código probeta	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)	Espesor (m)	Ancho (m)	Largo (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Retención (kg/m <sup>3</sup> )	Promedio de retención (kg/m <sup>3</sup> )
1	1	16	0,0026316	0,00311	0,00606	0,02453	0,02518	0,000003743052324	1,278101289	1,40916557
		63	0,0024385	0,0030105	0,0058	0,02431	0,02534	0,000003572889320	1,600945198	
		109	0,0026891	0,003246	0,00632	0,0251	0,02556	0,000004054633920	1,373490211	
		115	0,0025043	0,0030461	0,00621	0,02469	0,02553	0,000003914384697	1,384125583	
	20	24	0,0027319	0,0035954	0,00611	0,02473	0,02691	0,000004066109073	2,123651836	2,088890302
		32	0,0026095	0,0034079	0,0063	0,02466	0,02575	0,000004000468500	1,995766246	
		79	0,0023537	0,0034125	0,00643	0,02612	0,02669	0,000004482628204	2,362007179	
		87	0,0023939	0,0031833	0,00635	0,02579	0,02572	0,000004212074380	1,874135945	
2	5	22	0,0026437	0,0032591	0,00638	0,02439	0,02567	0,000003994462494	3,081265632	3,640750323
		46	0,0024876	0,0032051	0,00655	0,02592	0,02551	0,000004330985760	3,313333452	
		88	0,0023387	0,0033302	0,00636	0,02615	0,02554	0,000004247659560	4,668453232	
		123	0,0028456	0,0035901	0,00636	0,02614	0,02559	0,000004254347736	3,499948975	
	30	9	0,002582	0,0033825	0,00652	0,02447	0,02581	0,000004117840964	3,887959768	4,010644908
		15	0,0028635	0,0037215	0,00637	0,02617	0,02573	0,000004289265617	4,000684857	
		72	0,0026491	0,0036032	0,00612	0,02592	0,02557	0,000004056179328	4,704427112	
		119	0,0024385	0,0032104	0,00668	0,02613	0,02564	0,000004475420976	3,449507897	

## ANEXO 2

**PROBETAS DE ALBURA DE *P. oocarpa* PRESERVADAS CON LA MEZCLA DE ÁCIDO BÓRICO-BÓRAX PARA OBTENER LAS DIFERENTES RETENCIONES A SER USADAS EN EL ENSAYO DE VALOR EFICAZ.**

<b>Concentración (%)</b>	<b>Tiempo de inmersión (minutos)</b>	<b>Código probeta</b>	<b>Peso inicial (kg)</b>	<b>Peso final (kg)</b>	<b>Espesor (m)</b>	<b>Ancho (m)</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Retención (kg/m<sup>3</sup>)</b>
<b>1</b>	<b>1</b>	234	0,0023909	0,0029973	0,00637	0,02626	0,02607	0,000004360890534	1,390541669
		236	0,003056	0,0036026	0,00681	0,02586	0,02579	0,000004541789214	1,203490462
		237	0,0028015	0,0032392	0,00657	0,02569	0,02549	0,000004302286317	1,017366042
		238	0,0021521	0,0026871	0,00635	0,02455	0,02574	0,000004012672950	1,333275865
		239	0,0030231	0,0035047	0,00664	0,02578	0,02607	0,000004462641744	1,079181408
		240	0,0026809	0,003189	0,00613	0,02603	0,02553	0,000004073666367	1,247279365
		246	0,0023463	0,0029278	0,00653	0,02625	0,02535	0,000004345306875	1,338225393
		247	0,0024066	0,0029064	0,00655	0,02659	0,02584	0,000004500410680	1,110565314
		250	0,0027384	0,0032832	0,00685	0,02561	0,02563	0,000004496232455	1,211681125
	251	0,0025023	0,002967	0,00593	0,02605	0,02526	0,000003902076390	1,190904415	
	<b>20</b>	26	0,0025584	0,0034177	0,00646	0,02445	0,02561	0,000004045022670	2,124339145
		34	0,0026943	0,0035984	0,00644	0,02595	0,02577	0,000004306630860	2,09932086
		40	0,0024495	0,0032257	0,00591	0,02402	0,02548	0,000003617094936	2,145921005
		52	0,002616	0,0034255	0,00645	0,02434	0,02562	0,000004022160660	2,012599865
		57	0,002174	0,0030132	0,00616	0,02521	0,02552	0,000003963092672	2,117538169
		64	0,0025624	0,003423	0,00653	0,02443	0,02551	0,000004069556729	2,114726633
		85	0,0024332	0,0033491	0,0067	0,02584	0,02525	0,000004371482000	2,095170471
		122	0,0026337	0,0034541	0,00639	0,02416	0,02565	0,000003959908560	2,071765011

Continuación

Concentración (%)	Tiempo de inmersión (minutos)	Código probeta	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)	Espesor (m)	Ancho (m)	Largo (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Retención (kg/m <sup>3</sup> )
2	5	200	0,002202	0,0029283	0,00644	0,02452	0,02569	0,000004056677072	3,580763206
		202	0,0021034	0,0029379	0,00601	0,02522	0,02523	0,000003824166606	4,364349601
		206	0,0022348	0,0029038	0,00669	0,02464	0,02565	0,000004228187040	3,164476849
		210	0,0022542	0,0029247	0,00656	0,02467	0,02607	0,000004219043664	3,178445417
		214	0,0022232	0,002922	0,00608	0,0252	0,02578	0,000003949908480	3,538309829
		219	0,0027978	0,0032477	0,00635	0,02541	0,02587	0,000004174215045	2,155614865
		220	0,0024151	0,00332	0,00665	0,02502	0,02569	0,000004274379270	4,234065079
		221	0,0023684	0,0031478	0,00668	0,02635	0,02556	0,000004499020080	3,464754485
		223	0,0024429	0,0031399	0,00653	0,02644	0,02559	0,000004418195388	3,155134342
		224	0,0023225	0,0030031	0,00646	0,02489	0,0269	0,000004325234860	3,14711234
	227	0,0022401	0,0029574	0,00661	0,02446	0,02569	0,000004153574614	3,45389245	
	231	0,0027018	0,0031601	0,00644	0,02545	0,02588	0,000004241680240	2,160936111	
	30	137	0,0020014	0,0029275	0,00611	0,02516	0,02696	0,000004144496096	4,469059584
		141	0,0019298	0,0028287	0,00603	0,02522	0,02687	0,000004086298242	4,399580974
		144	0,0025208	0,0033276	0,00586	0,02513	0,02705	0,000003983431690	4,050778639
		150	0,0026117	0,0034817	0,00639	0,02513	0,02701	0,000004337284707	4,011726501
		164	0,0022631	0,0032586	0,00636	0,02623	0,02713	0,000004525902564	4,399122544
		165	0,0018531	0,0027087	0,00605	0,02514	0,02687	0,000004086846390	4,187091553
		167	0,0030072	0,0037035	0,0062	0,02513	0,02698	0,000004203645880	3,312838521
		169	0,002152	0,0030874	0,00615	0,02519	0,02703	0,000004187447055	4,467638577
171		0,002196	0,0031725	0,00624	0,02591	0,02704	0,000004371783936	4,467283902	
176		0,0026222	0,0032384	0,00623	0,02494	0,02689	0,000004178066018	2,949690107	

### ANEXO 3

#### PROBETAS DE ALBURA DE *P. oocarpa* PRESERVADAS CON OCTOBORATO DE SODIO PARA OBTENER LAS DIFERENTES RETENCIONES A SER USADAS EN EL ENSAYO DE VALOR EFICAZ.

Concentración (%)	Tiempo de inmersión (minutos)	Código probeta	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)	Espesor (m)	Ancho (m)	Largo (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Retención (kg/m <sup>3</sup> )
1	1	186	0,0020912	0,0026295	0,00607	0,02469	0,0258	0,000003866602140	1,392178405
		188	0,0021647	0,0026645	0,00562	0,02547	0,02599	0,000003720244986	1,343459912
		189	0,0021605	0,0027223	0,00626	0,02573	0,02598	0,000004184593404	1,342543817
		191	0,0024265	0,003005	0,0069	0,02418	0,02562	0,000004274492040	1,353377184
		192	0,0027198	0,0033338	0,00684	0,0255	0,02589	0,000004515733800	1,359690423
		193	0,0025583	0,0030748	0,00599	0,02576	0,02597	0,000004007233328	1,288919206
		194	0,0025849	0,0030728	0,006	0,02597	0,02587	0,000004031063400	1,210350599
		199	0,0026127	0,0032446	0,00687	0,02604	0,026	0,000004651264800	1,358555204
		215	0,0023129	0,0032788	0,00631	0,02635	0,02565	0,000004264787025	2,264825874
	218	0,0022369	0,0028202	0,00623	0,02609	0,02577	0,000004188673839	1,39256486	
	20	4	0,0024126	0,0034179	0,00644	0,02592	0,02542	0,000004243228416	2,369186623
		21	0,0026486	0,0035161	0,00637	0,02586	0,02542	0,000004187390844	2,071695794
		39	0,0025247	0,0033513	0,00639	0,02406	0,02547	0,000003915844398	2,110911252
		54	0,0027074	0,0035546	0,00634	0,02576	0,02552	0,000004167885568	2,032685366
		103	0,0026339	0,0034489	0,00607	0,02581	0,02552	0,000003998134184	2,038450844
		121	0,0026751	0,0034908	0,00651	0,02481	0,02486	0,000004015215666	2,031522259
		129	0,0023374	0,0032354	0,00631	0,02585	0,02568	0,000004188754680	2,143835265
		127	0,0026462	0,0032206	0,00646	0,02501	0,02563	0,000004140900698	1,387137828

Continuación

Concentración (%)	Tiempo de inmersión (minutos)	Código probeta	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)	Espesor (m)	Ancho (m)	Largo (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Retención (kg/m <sup>3</sup> )
2	5	65	0,0029032	0,0036307	0,00642	0,02605	0,02571	0,000004299766110	3,383904991
		134	0,0026694	0,003392	0,00631	0,02512	0,02698	0,000004276524256	3,379379874
		148	0,0021543	0,0029646	0,00602	0,02539	0,02712	0,000004145232336	3,90955167
		149	0,0021585	0,0029902	0,00623	0,02512	0,02733	0,000004277079408	3,889102449
		155	0,0030144	0,0034688	0,00624	0,02495	0,02701	0,000004205132880	2,161168329
		157	0,002742	0,0033867	0,00624	0,02498	0,02682	0,000004180572864	3,0842663
		172	0,0030233	0,0034871	0,00621	0,02509	0,02708	0,000004219305012	2,198466329
		183	0,0024441	0,0031739	0,00665	0,02544	0,02605	0,000004407034800	3,311977477
	30	8	0,0026608	0,0036166	0,0062	0,02604	0,02568	0,000004145984640	4,610726199
		13	0,0026079	0,0034496	0,00654	0,02431	0,02542	0,000004041459708	4,165326693
		23	0,0026883	0,0035264	0,00639	0,02477	0,02561	0,000004053558483	4,135132149
		35	0,0025445	0,0034497	0,00646	0,02515	0,02571	0,000004177077990	4,334130233
		43	0,0026912	0,0034382	0,00647	0,02594	0,02562	0,000004299850716	3,474539231
		48	0,002655	0,0033363	0,00614	0,02592	0,02549	0,000004056702912	3,358885355
		51	0,0023049	0,0030645	0,00572	0,02442	0,02557	0,000003571678968	4,253461785
		56	0,0022544	0,0032389	0,00652	0,02605	0,02576	0,000004375232960	4,500331795
		86	0,0024942	0,0031498	0,00604	0,02574	0,02556	0,000003973802976	3,299609991
		89	0,0025415	0,0033867	0,00651	0,02447	0,0256	0,000004078072320	4,145095691
		105	0,0025995	0,0032851	0,00616	0,02563	0,02622	0,000004139634576	3,312369667
107	0,0026633	0,0032864	0,00619	0,0259	0,02533	0,000004060930930	3,068754484		
111	0,0025099	0,0032899	0,00646	0,02445	0,02542	0,000004015012740	3,88541731		
114	0,0027499	0,0034833	0,00644	0,02563	0,02548	0,000004205657456	3,487682997		

## ANEXO 4

### DAÑO OCASIONADO Y MORTALIDAD DE *Cryptotermes brevis* EN PROBETAS DE ALBURA DE *P. oocarpa* PRESERVADAS CON LA MEZCLA DE ÁCIDO BÓRICO-BÓRAX A DIFERENTES RETENCIONES.

Retención (kg/m <sup>3</sup> )	Concentración (%)	Tiempo de inmersión (minutos)	Código probeta	Peso inicial de termitas (g)	Peso de termitas vivas (g)	Peso de termitas muertas (g)	% Mortalidad	Clasificación de Mortalidad	Daño ocasionado
0	0	0	207	1,0271	0,8013	0,2258	21,98422744	Ligera	4
	0	0	254	1,0012	0,5823	0,4189	41,83979225	Moderada	9
	0	0	258	1,0044	0,6078	0,3966	39,48626045	Moderada	9
	0	0	259	1,0028	0,5553	0,4475	44,62504986	Moderada	9
	0	0	260	1,0059	0,7403	0,2656	26,40421513	Ligera	4
	0	0	261	1,0143	0,6808	0,3335	32,87981859	Ligera	4
	0	0	264	1,0044	0,5679	0,4365	43,45878136	Moderada	9
	0	0	268	1,011	0,697	0,314	31,05835806	Ligera	4
	0	0	273	1,0091	0,7364	0,2727	27,02408086	Ligera	4
	0	0	276	1,0187	0,7044	0,3143	30,853048	Ligera	4
1	1	1	234	1,0143	0,517	0,4973	49,02888692	Moderada	7
	1	1	236	1,0271	0,4972	0,5299	51,59186058	Moderada	7
	1	1	237	1,011	0,4494	0,5616	55,54896142	Moderada	7
	1	1	238	1,0187	0,4552	0,5635	55,31559831	Moderada	7
	1	1	239	1,0091	0,4567	0,5524	54,74184917	Moderada	7
	1	1	240	1,0059	0,3915	0,6144	61,07963018	Moderada	9
	1	1	246	1,0012	0,431	0,5702	56,95165801	Moderada	9
	1	1	247	1,0044	0,3876	0,6168	61,40979689	Moderada	9
	1	1	250	1,0028	0,345	0,6578	65,59633028	Moderada	9
	1	1	251	1,0044	0,4107	0,5937	59,10991637	Moderada	7
2	1	20	26	1,0103	0,398	0,6123	60,60576067	Moderada	7
	1	20	34	1,004	0,4465	0,5575	55,52788845	Moderada	7
	1	20	40	1,002	0,4913	0,5107	50,96806387	Moderada	7
	1	20	52	1,0053	0,4228	0,5825	57,94290262	Moderada	7
	1	20	57	1,0087	0,4053	0,6034	59,81956974	Moderada	7
	1	20	64	1,0004	0,3368	0,6636	66,33346661	Moderada	7
	1	20	85	1,0034	0,3892	0,6142	61,21187961	Moderada	9
	1	20	122	1,0005	0,3015	0,699	69,86506747	Fuerte	9
	2	5	219	1,0014	0,3219	0,6795	67,855003	Fuerte	9
	2	5	231	1,0023	0,3182	0,6841	68,25301806	Fuerte	9

Continuación

<i>Retención (kg/m<sup>3</sup>)</i>	<i>Concentración (%)</i>	<i>Tiempo de inmersión (minutos)</i>	<i>Código probeta</i>	<i>Peso inicial de termitas (g)</i>	<i>Peso de termitas vivas (g)</i>	<i>Peso de termitas muertas (g)</i>	<i>% Mortalidad</i>	<i>Clasificación de Mortalidad</i>	<i>Daño ocasionado</i>
<b>3</b>	2	30	167	1,0053	0,3674	0,6379	63,45369541	Moderada	9
	2	30	176	1,0072	0,3383	0,6689	66,41183479	Moderada	9
	2	5	200	1,0038	0,3116	0,6922	68,95795975	Fuerte	9
	2	5	206	1,0025	0,2933	0,7092	70,74314214	Fuerte	9
	2	5	210	1,0051	0,3259	0,6792	67,57536564	Fuerte	9
	2	5	214	1,0058	0,2683	0,7375	73,32471664	Fuerte	10
	2	5	221	1,0053	0,2238	0,7815	77,73798866	Fuerte	10
	2	5	223	1,0074	0,3757	0,6317	62,70597578	Moderada	10
	2	5	224	1,0034	0,3839	0,6195	61,74008372	Moderada	10
	2	5	227	1,003	0,3041	0,6989	69,68095713	Fuerte	9
<b>4</b>	2	30	137	1,0029	0,2731	0,7298	72,76896999	Fuerte	9
	2	30	141	1,0074	0,2199	0,7875	78,17153067	Fuerte	10
	2	30	144	1,0042	0,2393	0,7649	76,17008564	Fuerte	10
	2	30	150	1,0061	0,2638	0,7423	73,77994235	Fuerte	10
	2	30	164	1,0059	0,2497	0,7562	75,17645889	Fuerte	10
	2	30	165	1,0049	0,2573	0,7476	74,39546224	Fuerte	10
	2	30	169	1,0045	0,2648	0,7397	73,63862618	Fuerte	10
	2	30	171	1,0039	0,2321	0,7718	76,88016735	Fuerte	9
	2	5	202	1,004	0,2817	0,7223	71,94223108	Fuerte	9
	2	5	220	1,0041	0,2205	0,7836	78,04003585	Fuerte	9

## ANEXO 5

### DAÑO OCASIONADO Y MORTALIDAD DE *Cryptotermes brevis* EN PROBETAS DE ALBURA DE *P. oocarpa* PRESERVADAS CON OCTOBORATO DE SODIO A DIFERENTES RETENCIONES.

Retención (kg/m <sup>3</sup> )	Concentración (%)	Tiempo de inmersión (minutos)	Código probeta	Peso inicial de termitas (g)	Peso de termitas vivas (g)	Peso de termitas muertas (g)	% Mortalidad	Clasificación de Mortalidad	Daño ocasionado
0	0	0	256	1,0069	0,6624	0,3445	34,21392392	Moderada	4
	0	0	262	1,0056	0,6702	0,3354	33,35322196	Ligera	4
	0	0	265	1,0037	0,5587	0,445	44,33595696	Moderada	9
	0	0	267	1,0071	0,6757	0,3314	32,90636481	Ligera	4
	0	0	269	1,0097	0,6661	0,3436	34,02990987	Moderada	7
	0	0	270	1,0045	0,7199	0,2846	28,33250373	Ligera	4
	0	0	271	1,0035	0,6694	0,3341	33,29347285	Ligera	7
	0	0	272	1,0021	0,6866	0,3155	31,48388384	Ligera	4
	0	0	274	1,0085	0,6882	0,3203	31,76003966	Ligera	4
	0	0	277	1,0013	0,6584	0,3429	34,24548087	Moderada	4
1	1	20	127	1,0034	0,4126	0,5908	58,87980865	Moderada	9
	1	1	186	1,0048	0,5083	0,4965	49,41281847	Moderada	7
	1	1	188	1,0035	0,5084	0,4951	49,33731938	Moderada	9
	1	1	189	1,0021	0,5276	0,4745	47,35056382	Moderada	7
	1	1	191	1,0062	0,5131	0,4931	49,0061618	Moderada	7
	1	1	192	1,0052	0,6032	0,402	39,99204138	Moderada	7
	1	1	193	1,0032	0,5156	0,4876	48,60446571	Moderada	7
	1	1	194	1,0033	0,5302	0,4731	47,15439051	Moderada	9
	1	1	199	1,0052	0,5136	0,4916	48,90569041	Moderada	9
	1	1	218	1,0038	0,5766	0,4272	42,55827854	Moderada	7
2	1	20	4	1,0014	0,4654	0,536	53,52506491	Moderada	9
	1	20	21	1,0046	0,5539	0,4507	44,86362731	Moderada	9
	1	20	39	1,0047	0,5113	0,4934	49,10918682	Moderada	7
	1	20	54	1,0043	0,5308	0,4735	47,14726675	Moderada	9
	1	20	103	1,0011	0,5909	0,4102	40,97492758	Moderada	7
	1	20	121	1,0046	0,5074	0,4972	49,49233526	Moderada	7
	1	20	129	1,0027	0,5615	0,4412	44,00119677	Moderada	7
	2	5	155	1,0024	0,5567	0,4457	44,46328811	Moderada	7
	2	5	172	1,0004	0,5087	0,4917	49,15033986	Moderada	9
	1	1	215	1,0034	0,4905	0,5129	51,1162049	Moderada	7

Continuación

<i>Retención (kg/m<sup>3</sup>)</i>	<i>Concentración (%)</i>	<i>Tiempo de inmersión (minutos)</i>	<i>Código probeta</i>	<i>Peso inicial de termitas (g)</i>	<i>Peso de termitas vivas (g)</i>	<i>Peso de termitas muertas (g)</i>	<i>% Mortalidad</i>	<i>Clasificación de Mortalidad</i>	<i>Daño ocasionado</i>
<b>3</b>	2	30	43	1,0021	0,3732	0,6289	62,75820776	Moderada	10
	2	30	48	1,0036	0,3288	0,6748	67,2379434	Fuerte	10
	2	5	65	1,0027	0,4399	0,5628	56,12845318	Moderada	10
	2	30	86	1,0052	0,3322	0,673	66,95185038	Moderada	10
	2	30	105	1,0017	0,4047	0,597	59,59868224	Moderada	9
	2	30	107	1,0008	0,4989	0,5019	50,1498801	Moderada	9
	2	30	114	1,0064	0,3551	0,6513	64,71581876	Moderada	10
	2	5	134	1,0058	0,4186	0,5872	58,38138795	Moderada	10
	2	5	157	1,0033	0,4693	0,534	53,22435961	Moderada	9
	2	5	183	1,0018	0,4092	0,5926	59,15352366	Moderada	9
<b>4</b>	2	30	8	1,0056	0,3386	0,667	66,32856006	Moderada	10
	2	30	13	1,0009	0,3594	0,6415	64,09231691	Moderada	9
	2	30	23	1,0051	0,1663	0,8388	83,45438265	Fuerte	10
	2	30	35	1,0047	0,2251	0,7796	77,59530208	Fuerte	9
	2	30	51	1,0008	0,2069	0,7939	79,32653877	Fuerte	9
	2	30	56	1,0036	0,2339	0,7697	76,69390195	Fuerte	10
	2	30	89	1,0044	0,1804	0,824	82,03902828	Fuerte	10
	2	30	111	1,0014	0,2218	0,7796	77,85100859	Fuerte	9
	2	5	148	1,0023	0,1744	0,8279	82,60001995	Fuerte	10
	2	5	149	1,0066	0,1991	0,8075	80,22054441	Fuerte	10

## ANEXO 6

### DAÑO OCASIONADO Y MORTALIDAD DE *Cryptotermes brevis* EN PROBETAS DE DURAMEN DE *P. oocarpa*.

<i>Retención (kg/m<sup>3</sup>)</i>	<i>Código probeta</i>	<i>Peso inicial de termitas (g)</i>	<i>Peso de termitas vivas (g)</i>	<i>Peso de termitas muertas (g)</i>	<i>% Mortalidad</i>	<i>Clasificación de Mortalidad</i>	<i>Daño ocasionado</i>
<i>0</i>	4	1,008	0,6548	0,3532	35,03968254	Moderada	4
	7	1,0079	0,6113	0,3966	39,34914178	Moderada	4
	8	1,0057	0,6514	0,3543	35,2291936	Moderada	4
	12	1,0027	0,6707	0,332	33,11060138	Ligera	4
	15	1,0021	0,6658	0,3363	33,559525	Ligera	4
	16	1,0091	0,6528	0,3563	35,30869091	Moderada	4
	23	1,0046	0,6092	0,3954	39,35894884	Moderada	4
	25	1,0044	0,6512	0,3532	35,1652728	Moderada	4
	28	1,0047	0,5571	0,4476	44,55061212	Moderada	4
	30	1,0078	0,6725	0,3353	33,27049018	Ligera	4

## ANEXO 7

### RETENCIÓN EN PROBETAS DE ALBURA Y DURAMEN DE *P. oocarpa* UTILIZADAS EN EL ENSAYO PRELIMINAR PARA EL METODO DE VACÍO- PRESIÓN.

<i>Tipo de madera: Albura</i>										
<i>Presión (PSI)</i>	<i>Tiempo de presión (minutos)</i>	<i>Código probeta</i>	<i>Peso inicial (kg)</i>	<i>Peso final (kg)</i>	<i>Espesor (m)</i>	<i>Ancho (m)</i>	<i>Largo (m)</i>	<i>Volumen (m<sup>3</sup>)</i>	<i>Retención (kg/m<sup>3</sup>)</i>	<i>Promedio de retención (kg/m<sup>3</sup>)</i>
<b>90</b>	<b>15</b>	17	0,2028	0,3443	0,0254	0,0254	0,49	0,000316128	13,42808808	12,69737233
		18	0,2082	0,3343	0,0254	0,0254	0,49	0,000316128	11,96665659	

<i>Tipo de madera: Duramen</i>										
<i>Presión (PSI)</i>	<i>Tiempo de presión (minutos)</i>	<i>Código probeta</i>	<i>Peso inicial (kg)</i>	<i>Peso final (kg)</i>	<i>Espesor (m)</i>	<i>Ancho (m)</i>	<i>Largo (m)</i>	<i>Volumen (m<sup>3</sup>)</i>	<i>Retención (kg/m<sup>3</sup>)</i>	<i>Promedio de retención (kg/m<sup>3</sup>)</i>
<b>90</b>	<b>15</b>	19	0,222	0,2715	0,0254	0,0254	0,49	0,000316128	4,697458375	4,61205004
		20	0,2105	0,2582	0,0254	0,0254	0,49	0,000316128	4,526641706	

## ANEXO 8

### RETENCIÓN EN PROBETAS DE ALBURA Y DURAMEN DE *P. oocarpa* UTILIZADAS EN EL ENSAYO PRELIMINAR PARA EL METODO DE INMERSIÓN PROLONGADA.

<i>Tipo de madera: Albura</i>									
<i>Tiempo de inmersión (horas)</i>	<i>Código probeta</i>	<i>Peso inicial (kg)</i>	<i>Peso final (kg)</i>	<i>Espesor (m)</i>	<i>Ancho (m)</i>	<i>Largo (m)</i>	<i>Volumen (m<sup>3</sup>)</i>	<i>Retención (kg/m<sup>3</sup>)</i>	<i>Promedio de retención (kg/m<sup>3</sup>)</i>
4	1	0,1782	0,2197	0,0254	0,0254	0,49	0,000316128	3,938273183	3,240771788
	2	0,1978	0,2246	0,0254	0,0254	0,49	0,000316128	2,543270393	
16	3	0,1595	0,2048	0,0254	0,0254	0,49	0,000316128	4,298886149	4,052150961
	4	0,2021	0,2422	0,0254	0,0254	0,49	0,000316128	3,805415774	
24	5	0,2	0,2308	0,0254	0,0254	0,49	0,000316128	2,922862989	3,463782438
	6	0,19	0,2322	0,0254	0,0254	0,49	0,000316128	4,004701887	
48	7	0,1687	0,2191	0,0254	0,0254	0,49	0,000316128	4,782866709	4,759142171
	8	0,1784	0,2283	0,0254	0,0254	0,49	0,000316128	4,735417634	

<i>Tipo de madera: Duramen</i>									
<i>Tiempo de inmersión (horas)</i>	<i>Código probeta</i>	<i>Peso inicial (kg)</i>	<i>Peso final (kg)</i>	<i>Espesor (m)</i>	<i>Ancho (m)</i>	<i>Largo (m)</i>	<i>Volumen (m<sup>3</sup>)</i>	<i>Retención (kg/m<sup>3</sup>)</i>	<i>Promedio de retención (kg/m<sup>3</sup>)</i>
4	9	0,1765	0,1847	0,0254	0,0254	0,49	0,000316128	0,778164822	0,711736117
	10	0,2548	0,2616	0,0254	0,0254	0,49	0,000316128	0,645307413	
16	11	0,1395	0,1554	0,0254	0,0254	0,49	0,000316128	1,508880569	1,651227792
	12	0,1326	0,1515	0,0254	0,0254	0,49	0,000316128	1,793575016	
24	13	0,2027	0,2187	0,0254	0,0254	0,49	0,000316128	1,518370384	1,722401404
	14	0,1424	0,1627	0,0254	0,0254	0,49	0,000316128	1,926432424	
48	15	0,1365	0,16	0,0254	0,0254	0,49	0,000316128	2,230106501	2,168422704
	16	0,1214	0,1436	0,0254	0,0254	0,49	0,000316128	2,106738907	

**ANEXO 9**

**RETENCIÓN Y TIPO DE PENETRACIÓN DE LA MEZCLA DE ÁCIDO BÓRICO-BÓRAX POR EL METODO DE VACÍO-PRESIÓN EN PROBETAS DE ALBURA DE *P. oocarpa*.**

<i>Presión (PSI)</i>	<i>Tiempo de presión (minutos)</i>	<i>Código probeta</i>	<i>Peso inicial (kg)</i>	<i>Peso final (kg)</i>	<i>Espesor (m)</i>	<i>Ancho (m)</i>	<i>Largo (m)</i>	<i>Volumen (m<sup>3</sup>)</i>	<i>Retención (kg/m<sup>3</sup>)</i>	<i>Promedio de retención (kg/m<sup>3</sup>)</i>	<i>Tipo de penetración</i>	
<b>60</b>	<b>10</b>	VA6F1M1	0,1921	0,3003	0,02478	0,02603	0,49	0,000316061	9,437439016	9,10129258	Tr	
		VA6F1M3	0,1933	0,3021	0,02506	0,02596	0,4905	0,000319099	9,399452912		Tr	
		VA6F1M4	0,2075	0,3079	0,02609	0,02564	0,49	0,000327784	8,443917482		Tr	
		VA6F1M5	0,1988	0,3045	0,02452	0,02577	0,4905	0,000309937	9,401551706		Tr	
		VA6F1M6	0,1677	0,2541	0,0232	0,02372	0,4905	0,000269924	8,824101782		Tr	
		VA6F2M1	0,1688	0,2856	0,02316	0,02472	0,491	0,000281105	11,45441139		Tr	
	VA6F2M2	0,1988	0,328	0,02578	0,02603	0,4895	0,000328481	10,8430431	Tr			
	VA6F2M4	0,1778	0,2889	0,0237	0,02457	0,491	0,000285914	10,71217138	Tr			
	VA6F2M5	0,2098	0,3282	0,02557	0,02576	0,49	0,000322755	10,11294123	Tr			
	VA6F2M6	0,1498	0,2587	0,02615	0,02166	0,49	0,00027754	10,81683243	Tr			
	VA6F3M1	0,1856	0,3039	0,0244	0,02592	0,4915	0,000310848	10,49143385	Tr			
	VA6F3M2	0,1892	0,2914	0,02483	0,02396	0,483	0,00028735	9,80479865	Tr			
	VA6F3M3	0,1975	0,2891	0,02285	0,0258	0,485	0,000285922	8,831739942	Tr			
	VA6F3M4	0,2078	0,3201	0,02496	0,02587	0,491	0,000317046	9,764627985	Tr			
	VA6F3M5	0,1902	0,2609	0,02382	0,02425	0,4905	0,00028333	6,879000637	Tr			
	<b>90</b>	<b>10</b>	VA9F1M1	0,1477	0,2709	0,02292	0,02606	0,491	0,000293272	11,58080206	9,736781309	Tr
			VA9F1M2	0,1839	0,3002	0,02585	0,02386	0,491	0,000302839	10,58682376		Tr
			VA9F1M3	0,1593	0,2542	0,02163	0,02595	0,49	0,000275036	9,512062572		Tr
VA9F1M4			0,1906	0,2839	0,02531	0,02449	0,491	0,000304342	8,451186174	Tr		
VA9F1M6			0,1381	0,2296	0,02294	0,02621	0,4905	0,000294917	8,553031973	Tr		

Continuación

<b>Presión (PSI)</b>	<b>Tiempo de presión (minutos)</b>	<b>Código probeta</b>	<b>Peso inicial (kg)</b>	<b>Peso final (kg)</b>	<b>Espesor (m)</b>	<b>Ancho (m)</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Retención (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Promedio de retención (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Tipo de penetración</b>
<b>90</b>	<b>20</b>	VA9F2M1	0,1748	0,2975	0,0255	0,02252	0,4905	0,000281675	12,00868442	10,9604292	Tr
		VA9F2M2	0,1376	0,2762	0,0253	0,02622	0,489	0,000324386	11,77876102		Tr
		VA9F2M3	0,1924	0,301	0,02601	0,02238	0,4905	0,000285522	10,48549233		Tr
		VA9F2M4	0,1412	0,269	0,02575	0,02345	0,4905	0,000296182	11,89515785		Tr
		VA9F2M6	0,2125	0,3159	0,02569	0,0262	0,4905	0,000330145	8,634050394		Tr
	<b>30</b>	VA9F3M1	0,2015	0,3129	0,0256	0,02578	0,4895	0,000323054	9,506224448	11,67622606	Tr
		VA9F3M2	0,1809	0,3119	0,02276	0,02592	0,489	0,00028848	12,5185385		Tr
		VA9F3M3	0,1963	0,3329	0,02617	0,02606	0,491	0,000334857	11,24577839		Tr
		VA9F3M4	0,145	0,2883	0,02355	0,02643	0,4915	0,000305923	12,91317514		Tr
		VA9F3M5	0,2036	0,3403	0,02626	0,02406	0,489	0,000308958	12,19741382		Tr
<b>120</b>	<b>10</b>	VA12F1M1	0,1283	0,2537	0,02296	0,02612	0,49	0,00029386	11,76399545	10,57905966	Tr
		VA12F1M2	0,2223	0,343	0,02593	0,02453	0,4905	0,000311989	10,66514197		Tr
		VA12F1M4	0,2006	0,3117	0,02581	0,0235	0,4905	0,000297505	10,29479323		Tr
		VA12F1M5	0,1833	0,2945	0,02326	0,0259	0,491	0,000295795	10,3636388		Tr
		VA12F1M6	0,1845	0,3004	0,02595	0,02549	0,4925	0,000325772	9,807728863		Tr
	<b>20</b>	VA12F2M2	0,1479	0,2821	0,02301	0,02482	0,492	0,000280985	13,16641273	11,69622687	Tr
		VA12F2M3	0,162	0,2861	0,02232	0,02435	0,491	0,000266855	12,82022305		Tr
		VA12F2M4	0,2118	0,3352	0,026	0,02603	0,4905	0,000331961	10,24771596		Tr
		VA12F2M5	0,1978	0,3273	0,02624	0,02494	0,491	0,000321323	11,11031684		Tr
		VA12F2M6	0,1696	0,2947	0,02554	0,02472	0,4905	0,000309677	11,13646577		Tr
	<b>30</b>	VA12F3M1	0,1915	0,3545	0,02495	0,02617	0,491	0,000320594	14,01620005	13,36504503	Tr
		VA12F3M2	0,1589	0,3227	0,02493	0,02475	0,491	0,000302956	14,90504773		Tr
		VA12F3M4	0,1719	0,3218	0,02498	0,02415	0,491	0,000296204	13,95111823		Tr
		VA12F3M5	0,2065	0,3502	0,0247	0,02613	0,491	0,000316897	12,50078716		Tr
		VA12F3M6	0,1982	0,3319	0,02717	0,02415	0,4905	0,000321844	11,452072		Tr

**ANEXO 10**

**RETENCIÓN Y TIPO DE PENETRACIÓN DE OCTOBORATO DE SODIO POR EL METODO DE VACÍO-PRESIÓN EN  
PROBETAS DE ALBURA DE *P. oocarpa*.**

<b>Presión (PSI)</b>	<b>Tiempo de presión (minutos)</b>	<b>Código probeta</b>	<b>Peso inicial (kg)</b>	<b>Peso final (kg)</b>	<b>Espesor (m)</b>	<b>Ancho (m)</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Retención (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Promedio de retención (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Tipo de penetración</b>
<b>60</b>	<b>10</b>	VAX6F1M1	0,2011	0,2916	0,02491	0,02227	0,491	0,00027238	9,123861754	8,269361617	Tr
		VAX6F1M3	0,2103	0,3023	0,02443	0,02574	0,4885	0,000307183	8,224259467		Tr
		VAX6F1M4	0,2324	0,3135	0,02435	0,02565	0,4875	0,000304482	7,314176781		Tr
		VAX6F1M5	0,1641	0,2519	0,02576	0,02167	0,49	0,000273527	8,814531204		Tr
		VAX6F1M6	0,2023	0,2887	0,02603	0,02354	0,492	0,000301471	7,869978878		Tr
	<b>20</b>	VAX6F2M1	0,1982	0,2919	0,0272	0,0246	0,492	0,000329207	7,815846666	9,040387393	Tr
		VAX6F2M2	0,2126	0,324	0,02625	0,02608	0,4905	0,000335796	9,109925765		Tr
		VAX6F2M3	0,1518	0,2456	0,02339	0,02606	0,49	0,000298676	8,623978772		Tr
		VAX6F2M4	0,2118	0,3355	0,02666	0,02552	0,4905	0,000333718	10,17877294		Tr
		VAX6F2M5	0,1891	0,2953	0,02412	0,02602	0,4905	0,000307839	9,473412824		Tr
	<b>30</b>	VAX6F3M1	0,1816	0,3004	0,02647	0,02447	0,4905	0,000317707	10,2682178	9,632508886	Tr
		VAX6F3M2	0,1953	0,3236	0,02643	0,02631	0,4905	0,000341081	10,32940218		Tr
		VAX6F3M3	0,2095	0,3036	0,02334	0,02585	0,4905	0,000295938	8,731618779		Tr
		VAX6F3M5	0,1762	0,2778	0,02285	0,02576	0,4905	0,000288716	9,663360617		Tr
		VAX6F3M6	0,1549	0,2515	0,023	0,02604	0,483	0,000289278	9,169945055		Tr
<b>90</b>	<b>10</b>	VAX9F1M1	0,1809	0,3006	0,02544	0,02616	0,4905	0,000326433	10,06945223	9,171765541	Tr
		VAX9F1M3	0,1673	0,2721	0,02416	0,02466	0,491	0,000292531	9,837740034		Tr
		VAX9F1M4	0,1818	0,2725	0,02096	0,02591	0,49	0,000266106	9,359616824		Tr
		VAX9F1M5	0,2127	0,3178	0,02557	0,02577	0,489	0,000322221	8,95682861		Tr
		VAX9F1M6	0,2054	0,2911	0,02407	0,02616	0,4895	0,000308224	7,635190012		Tr

Continuación

<b>Presión (PSI)</b>	<b>Tiempo de presión (minutos)</b>	<b>Código probeta</b>	<b>Peso inicial (kg)</b>	<b>Peso final (kg)</b>	<b>Espesor (m)</b>	<b>Ancho (m)</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Retención (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Promedio de retención (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Tipo de penetración</b>
<b>90</b>	<b>20</b>	VAX9F2M1	0,1616	0,2747	0,02369	0,0244	0,491	0,000283816	10,94288359	10,42493387	Tr
		VAX9F2M2	0,1321	0,2465	0,02229	0,02494	0,49	0,000272397	11,53264651		Tr
		VAX9F2M3	0,1808	0,2925	0,02311	0,02496	0,491	0,000283221	10,83010602		Tr
		VAX9F2M5	0,1931	0,3128	0,02604	0,02593	0,49	0,000330856	9,934822847		Tr
		VAX9F2M6	0,1308	0,218	0,0236	0,02326	0,491	0,000269528	8,884210358		Tr
	<b>30</b>	VAX9F3M1	0,2215	0,3297	0,0262	0,02394	0,4895	0,000307028	9,677310615	8,710275095	Tr
		VAX9F3M2	0,1892	0,2953	0,02592	0,02381	0,489	0,000301789	9,654230994		Tr
		VAX9F3M3	0,2163	0,3044	0,02241	0,02598	0,49	0,000285284	8,48016649		Tr
		VAX9F3M5	0,1957	0,2917	0,02424	0,02549	0,4905	0,000303069	8,698318864		Tr
		VAX9F3M6	0,1455	0,2226	0,02355	0,02603	0,4905	0,00030068	7,041348514		Tr
<b>120</b>	<b>10</b>	VAX12F1M1	0,2035	0,3229	0,02534	0,02407	0,491	0,000299477	10,94827475	11,20886529	Tr
		VAX12F1M2	0,1503	0,2682	0,02296	0,02419	0,4905	0,000272425	11,88427232		Tr
		VAX12F1M3	0,2138	0,3366	0,02536	0,02596	0,49	0,000322589	10,45331176		Tr
		VAX12F1M5	0,1676	0,281	0,02085	0,02572	0,491	0,000263305	11,82660502		Tr
		VAX12F1M6	0,2138	0,3468	0,02607	0,0261	0,491	0,00033409	10,93186259		Tr
	<b>20</b>	VAX12F2M2	0,1389	0,2456	0,02231	0,02596	0,4905	0,000284082	10,31398993	10,66010146	Tr
		VAX12F2M3	0,22	0,342	0,02676	0,02606	0,491	0,000342407	9,784156072		Tr
		VAX12F2M4	0,1772	0,3118	0,0265	0,02402	0,4905	0,000312218	11,83839223		Tr
		VAX12F2M5	0,2111	0,3207	0,02401	0,02572	0,489	0,000301976	9,966533351		Tr
		VAX12F2M6	0,1625	0,2864	0,02336	0,026	0,4915	0,000298517	11,39743572		Tr
	<b>30</b>	VAX12F3M1	0,2201	0,3445	0,02632	0,0239	0,491	0,000308863	11,06014081	10,21768846	Tr
		VAX12F3M3	0,1658	0,3066	0,02605	0,02436	0,49	0,000310943	12,43446536		Tr
		VAX12F3M4	0,1918	0,2962	0,0255	0,02513	0,488	0,000312718	9,167555784		Tr
		VAX12F3M5	0,2037	0,3171	0,02586	0,0251	0,492	0,00031935	9,751047308		Tr
		VAX12F3M6	0,1941	0,2886	0,02585	0,02381	0,486	0,000299127	8,675233043		Tr

**ANEXO 11**  
**RETENCIÓN Y TIPO DE PENETRACIÓN DE LA MEZCLA DE ÁCIDO BÓRICO-BÓRAX POR EL METODO DE VACÍO-PRESIÓN EN PROBETAS DE DURAMEN DE *P. oocarpa*.**

<b>Presión (PSI)</b>	<b>Tiempo de presión (minutos)</b>	<b>Código probeta</b>	<b>Peso inicial (kg)</b>	<b>Peso final (kg)</b>	<b>Espesor (m)</b>	<b>Ancho (m)</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Retención (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Promedio de retención (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Tipo de penetración</b>
<b>60</b>	<b>10</b>	VD1F1M1	0,1984	0,2115	0,02514	0,02535	0,492	0,000313551	1,15175844	1,415272922	Ti
		VD1F1M3	0,2468	0,2584	0,02495	0,025	0,493	0,000307509	1,039917673		Ti
		VD1F1M4	0,2396	0,249	0,02489	0,02533	0,493	0,000310819	1,011105082		Ti
		VD1F1M5	0,1826	0,2127	0,02462	0,02471	0,4905	0,000298401	2,318848437		Ti
		VD1F1M6	0,1754	0,1932	0,02532	0,02531	0,4925	0,000315618	1,554734976		Ti
	<b>20</b>	VD1F2M1	0,194	0,2094	0,02564	0,02523	0,4925	0,000318597	2,716980926	3,350516916	Ti
		VD1F2M2	0,1765	0,2187	0,02542	0,0249	0,491	0,000310782	3,743298957		Ti
		VD1F2M4	0,2135	0,2492	0,02502	0,02554	0,494	0,000315671	3,117679854		Ti
		VD1F2M5	0,1724	0,2127	0,02514	0,02481	0,493	0,000307496	3,61297151		Ti
		VD1F2M6	0,206	0,2471	0,02563	0,0251	0,4945	0,000318118	3,561653333		Ti
	<b>30</b>	VD1F3M1	0,1521	0,1872	0,02539	0,02375	0,4905	0,000295778	3,271449628	4,01423412	Ti
		VD1F3M2	0,1416	0,2076	0,02493	0,02336	0,49	0,000285359	5,699795346		Ti
		VD1F3M3	0,1738	0,2021	0,02384	0,02512	0,488	0,000292244	3,046879381		Ti
		VD1F3M4	0,2051	0,2616	0,02563	0,02494	0,4935	0,000315451	4,937586116		Ti
		VD1F3M5	0,1673	0,2044	0,02606	0,02458	0,5125	0,000328284	3,115460129		Ti
<b>90</b>	<b>10</b>	VD2F1M2	0,208	0,2492	0,02527	0,02547	0,492	0,000316664	3,586710912	4,230554159	Ti
		VD2F1M3	0,1784	0,2299	0,02486	0,0257	0,4945	0,000315937	4,493710944		Ti
		VD2F1M4	0,1597	0,2277	0,02523	0,02596	0,4905	0,000321263	5,062785283		Ti
		VD2F1M5	0,2192	0,2416	0,02549	0,02522	0,493	0,000316929	2,992230554		Ti
		VD2F1M6	0,1966	0,2544	0,02539	0,02532	0,494	0,00031758	5,017333103		Ti

Continuación

<b>Presión (PSI)</b>	<b>Tiempo de presión (minutos)</b>	<b>Código probeta</b>	<b>Peso inicial (kg)</b>	<b>Peso final (kg)</b>	<b>Espesor (m)</b>	<b>Ancho (m)</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Retención (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Promedio de retención (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Tipo de penetración</b>
<b>90</b>	<b>20</b>	VD2F2M1	0,1753	0,2603	0,02505	0,02383	0,49	0,000292501	7,068574807	5,114416006	Ti
		VD2F2M2	0,2209	0,2662	0,0253	0,02581	0,4925	0,000321599	3,883129633		Ti
		VD2F2M3	0,1819	0,2472	0,02523	0,02554	0,4925	0,000317354	5,672405255		Ti
		VD2F2M4	0,1665	0,254	0,02462	0,02552	0,4935	0,000310067	6,712580758		Ti
		VD2F2M6	0,2054	0,2199	0,0254	0,02519	0,4915	0,000314474	2,235389578		Ti
	<b>30</b>	VD2F3M1	0,1493	0,2131	0,02422	0,02552	0,489	0,000302248	5,819095149	4,129067432	Ti
		VD2F3M2	0,1476	0,1944	0,02536	0,02515	0,494	0,000315075	4,094775661		Ti
		VD2F3M3	0,1492	0,1804	0,02432	0,02513	0,489	0,000298858	3,431440472		Ti
		VD2F3M4	0,1452	0,1862	0,0251	0,02392	0,49	0,000294192	3,84194663		Ti
		VD2F3M5	0,1453	0,1836	0,02493	0,02502	0,4895	0,000305325	3,458079248		Ti
<b>120</b>	<b>10</b>	VD3F1M1	0,1851	0,2478	0,02516	0,02481	0,4945	0,000308677	5,599668165	4,210339138	Ti
		VD3F1M2	0,179	0,2438	0,02417	0,02485	0,4955	0,000297609	5,724535072		Ti
		VD3F1M3	0,1593	0,1886	0,02491	0,02583	0,491	0,000315922	3,167564353		Ti
		VD3F1M4	0,2161	0,2559	0,02554	0,02497	0,4935	0,000314722	3,486221103		Ti
		VD3F1M5	0,1466	0,172	0,02408	0,02544	0,489	0,000299559	3,073706998		Ti
	<b>20</b>	VD3F2M1	0,1608	0,2089	0,02477	0,0233	0,489	0,000282222	4,698429745	4,555091281	Ti
		VD3F2M2	0,1534	0,1985	0,0243	0,02511	0,49	0,000298985	4,158396755		Ti
		VD3F2M3	0,1635	0,2143	0,02614	0,02457	0,491	0,00031535	4,440889102		Ti
		VD3F2M4	0,1572	0,2215	0,0249	0,02468	0,492	0,00030235	5,406840221		Ti
		VD3F2M5	0,1543	0,1963	0,02485	0,02495	0,4915	0,000304734	4,070900581		Ti
	<b>30</b>	VD3F3M1	0,1396	0,1792	0,02521	0,02341	0,491	0,000289772	4,052773151	4,402555528	Ti
		VD3F3M2	0,1583	0,2062	0,02291	0,02452	0,491	0,000275821	4,787479353		Ti
		VD3F3M3	0,1763	0,2237	0,02503	0,02439	0,493	0,000300967	4,341674094		Ti
		VD3F3M4	0,2539	0,2989	0,02486	0,02391	0,4935	0,000293338	4,229052768		Ti
		VD3F3M5	0,1301	0,1782	0,02432	0,02418	0,49	0,000288148	4,601798274		Ti

**ANEXO 12**  
**RETENCIÓN Y TIPO DE PENETRACIÓN DE OCTOBORATO DE SODIO POR EL METODO DE VACÍO-PRESIÓN EN**  
**PROBETAS DE DURAMEN DE *P. oocarpa*.**

<b>Presión (PSI)</b>	<b>Tiempo de presión (minutos)</b>	<b>Código probeta</b>	<b>Peso inicial (kg)</b>	<b>Peso final (kg)</b>	<b>Espesor (m)</b>	<b>Ancho (m)</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Retención (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Promedio de retención (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Tipo de penetración</b>
<b>60</b>	<b>10</b>	VDX1F1M1	0,1617	0,1824	0,02495	0,02394	0,488	0,000291484	1,950120201	1,817577464	Ti
		VDX1F1M2	0,1687	0,1873	0,02447	0,02365	0,4895	0,000283281	1,803020594		Ti
		VDX1F1M3	0,1635	0,181	0,02408	0,02379	0,491	0,000281276	1,708485061		Ti
		VDX1F1M4	0,2413	0,2474	0,02538	0,02442	0,49	0,000303692	1,184522984		Ti
		VDX1F1M5	0,1559	0,1832	0,02588	0,02431	0,488	0,000307022	2,441738483		Ti
	<b>20</b>	VDX1F2M1	0,1749	0,2345	0,02367	0,02419	0,4915	0,000281422	4,839824143	2,493444545	Ti
		VDX1F2M2	0,1717	0,1909	0,02438	0,02473	0,49	0,00029543	1,784649295		Ti
		VDX1F2M3	0,1612	0,1854	0,02544	0,02448	0,49	0,000305158	2,177691315		Ti
		VDX1F2M4	0,1316	0,1499	0,02507	0,02422	0,49	0,000297526	1,689009493		Ti
		VDX1F2M5	0,1498	0,1705	0,0237	0,02472	0,491	0,000287659	1,976048477		Ti
	<b>30</b>	VDX1F3M1	0,1818	0,2105	0,02572	0,02454	0,49	0,000309273	2,548272384	2,21243094	Ti
		VDX1F3M2	0,1761	0,2008	0,02547	0,02443	0,489	0,000304271	2,229159971		Ti
		VDX1F3M3	0,1379	0,1568	0,02372	0,02431	0,491	0,000283127	1,930089706		Ti
		VDX1F3M4	0,1384	0,1563	0,02412	0,02462	0,491	0,000291573	1,874182101		Ti
		VDX1F3M5	0,1645	0,1929	0,0256	0,02509	0,4895	0,000314408	2,480450536		Ti
<b>90</b>	<b>10</b>	VDX2F1M1	0,194	0,2237	0,02577	0,02476	0,49	0,000312652	2,608560202	2,168785585	Ti
		VDX2F1M2	0,1599	0,1902	0,02455	0,0253	0,4905	0,000304657	2,731097174		Ti
		VDX2F1M3	0,1529	0,1738	0,02493	0,02402	0,491	0,00029402	1,951978663		Ti
		VDX2F1M4	0,1547	0,1743	0,02327	0,02472	0,4915	0,000282728	1,903676958		Ti
		VDX2F1M5	0,1961	0,2078	0,02486	0,02557	0,49	0,000311478	1,648614927		Ti

Continuación

Presión (PSI)	Tiempo de presión (minutos)	Código probeta	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)	Espesor (m)	Ancho (m)	Largo (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Retención (kg/m <sup>3</sup> )	Promedio de retención (kg/m <sup>3</sup> )	Tipo de penetración
90	20	VDX2F2M1	0,1722	0,1849	0,02388	0,0248	0,49	0,00029019	1,769559121	2,618878662	Ti
		VDX2F2M2	0,1473	0,1689	0,02413	0,02404	0,49	0,000284242	2,086754888		Ti
		VDX2F2M3	0,1367	0,1618	0,024	0,02502	0,489	0,000293635	2,347317675		Ti
		VDX2F2M4	0,1566	0,191	0,0249	0,02442	0,489	0,00029734	3,176948176		Ti
		VDX2F2M5	0,1679	0,2065	0,02398	0,02429	0,49	0,000285412	3,71381345		Ti
	30	VDX2F3M1	0,1411	0,1652	0,02446	0,02378	0,499	0,000290248	2,280099229	2,927389683	Ti
		VDX2F3M2	0,1983	0,2254	0,02525	0,02455	0,4895	0,000303435	2,452501431		Ti
		VDX2F3M3	0,1796	0,2566	0,02486	0,02378	0,494	0,000292038	6,205968483		Ti
		VDX2F3M4	0,2532	0,2645	0,02526	0,02455	0,49	0,000303865	1,7441424		Ti
		VDX2F3M5	0,2317	0,2457	0,02547	0,02477	0,49	0,000309137	1,954236871		Ti
120	10	VDX3F1M1	0,1761	0,2318	0,02488	0,02546	0,491	0,000311021	4,917795683	4,015942305	Ti
		VDX3F1M2	0,1447	0,1672	0,02478	0,02452	0,4915	0,000298638	2,068915635		Ti
		VDX3F1M3	0,143	0,1685	0,02531	0,02394	0,49	0,000296901	2,358486327		Ti
		VDX3F1M4	0,1872	0,2798	0,0247	0,02481	0,492	0,000301501	7,88741379		Ti
		VDX3F1M5	0,1534	0,1832	0,02403	0,02446	0,489	0,000287421	2,84710009		Ti
	20	VDX3F2M1	0,1763	0,2166	0,02566	0,02352	0,4905	0,000296028	3,738329851	6,008016293	Ti
		VDX3F2M2	0,1691	0,2075	0,02537	0,02484	0,49	0,000308793	3,414826471		Ti
		VDX3F2M3	0,1346	0,2169	0,02338	0,02387	0,49	0,000273459	8,264420057		Ti
		VDX3F2M4	0,1505	0,2448	0,02284	0,02458	0,489	0,000274528	8,732386713		Ti
		VDX3F2M5	0,187	0,2546	0,02495	0,02557	0,494	0,000315158	5,890118371		Ti
	30	VDX3F3M1	0,1602	0,2352	0,02389	0,02244	0,4895	0,000262417	7,639003611	6,454940162	Ti
		VDX3F3M2	0,1702	0,2628	0,02541	0,02534	0,493	0,000317437	7,837463955		Ti
		VDX3F3M3	0,1308	0,1971	0,02503	0,02308	0,49	0,000283069	6,431708426		Ti
		VDX3F3M4	0,2447	0,2757	0,02509	0,02437	0,4905	0,000299913	3,387755629		Ti
		VDX3F3M5	0,1585	0,2244	0,02364	0,02234	0,491	0,000259306	6,978769191		Ti

**ANEXO 13**  
**RETENCIÓN Y TIPO DE PENETRACIÓN DE LA MEZCLA DE ÁCIDO BÓRICO-BÓRAX POR EL METODO INMERSIÓN**  
**PROLONGADA EN PROBETAS DE ALBURA DE *P. oocarpa*.**

<b>Tiempo de inmersión (horas)</b>	<b>Código probeta</b>	<b>Peso inicial (kg)</b>	<b>Peso final (kg)</b>	<b>Espesor (m)</b>	<b>Ancho (m)</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Retención (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Promedio de retención (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Tipo de penetración</b>
<b>2</b>	IA2M1	0,196	0,2129	0,02369	0,02592	0,4905	0,000301189	1,546842453	2,049015538	Ti
	IA2M2	0,1389	0,155	0,02583	0,02258	0,486	0,000283455	1,565812338		Ti
	IA2M3	0,2077	0,2248	0,02371	0,02612	0,489	0,00030284	1,556614144		Ti
	IA2M4	0,1656	0,2055	0,02361	0,02592	0,4905	0,000300172	3,664387115		Ti
	IA2M5	0,1619	0,1822	0,02645	0,02259	0,49	0,000292778	1,911421639		Ti
<b>4</b>	IA4M2	0,2042	0,2244	0,02465	0,02562	0,489	0,00030882	1,803204195	1,96832559	Ti
	IA4M3	0,2058	0,2221	0,02623	0,0254	0,49	0,000326459	1,376442155		Ti
	IA4M4	0,2063	0,2247	0,02679	0,02577	0,49	0,000338285	1,499453694		Ti
	IA4M5	0,1655	0,1989	0,02425	0,02616	0,491	0,000311481	2,95606473		Ti
	IA4M6	0,2036	0,2264	0,02234	0,02597	0,491	0,000284863	2,206463178		Ti
<b>8</b>	IA8M1	0,2031	0,2246	0,02404	0,02608	0,4895	0,000306898	1,931266295	2,372857081	Ti
	IA8M2	0,2133	0,243	0,02541	0,02583	0,4905	0,000321935	2,543236888		Ti
	IA8M4	0,1909	0,2127	0,02429	0,02646	0,489	0,000314287	1,912179806		Ti
	IA8M5	0,1549	0,1823	0,02157	0,02586	0,491	0,00027388	2,75796565		Ti
	IA8M6	0,1501	0,1801	0,02631	0,02354	0,491	0,000304095	2,719636766		Ti
<b>16</b>	IA16M1	0,2366	0,2623	0,02468	0,026	0,488	0,00031314	2,262524265	3,333887895	Ti
	IA16M2	0,1701	0,209	0,02115	0,02595	0,491	0,000269482	3,979411247		Ti
	IA16M3	0,1478	0,1903	0,0247	0,02397	0,49	0,000290109	4,03855787		Ti
	IA16M5	0,1636	0,1971	0,02187	0,02626	0,4905	0,000281697	3,27839092		Ti
	IA16M6	0,1737	0,206	0,02269	0,0258	0,489	0,000286262	3,110555174		Ti

Continuación

<b>Tiempo de inmersión (horas)</b>	<b>Código probeta</b>	<b>Peso inicial (kg)</b>	<b>Peso final (kg)</b>	<b>Espesor (m)</b>	<b>Ancho (m)</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Retención (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Promedio de retención (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Tipo de penetración</b>
<b>32</b>	IA32M1	0,1888	0,2224	0,02278	0,02619	0,49	0,000292338	3,168490628	3,330184204	Ti
	IA32M3	0,1927	0,2248	0,02516	0,02625	0,4895	0,00032329	2,737227153		Ti
	IA32M4	0,1926	0,2274	0,02262	0,02599	0,491	0,000288656	3,323512522		Ti
	IA32M5	0,148	0,2001	0,02619	0,0245	0,49	0,000314411	4,568130564		Ti
	IA32M6	0,2122	0,2445	0,0246	0,02594	0,489	0,000312043	2,853560154		Ti
<b>64</b>	IA64M1	0,1887	0,2398	0,02619	0,02457	0,4895	0,000314988	4,472249218	4,794897724	Tr
	IA64M2	0,2082	0,2956	0,0246	0,02607	0,4905	0,000314568	7,659399645		Tr
	IA64M4	0,19	0,2317	0,02426	0,02482	0,4885	0,000294142	3,908205224		Tr
	IA64M5	0,2104	0,2509	0,02499	0,02569	0,489	0,000313935	3,556429888		Tr
	IA64M6	0,1712	0,2205	0,02777	0,02272	0,492	0,00031042	4,378204645		Tr
<b>96</b>	IA96M1	0,2328	0,3061	0,02543	0,0253	0,49	0,000315256	6,409725942	6,18383282	Tr
	IA96M2	0,1763	0,2481	0,02233	0,0262	0,49	0,000286673	6,904572553		Tr
	IA96M3	0,1898	0,251	0,02261	0,02595	0,491	0,000288084	5,856396241		Tr
	IA96M5	0,1683	0,2406	0,0257	0,02495	0,491	0,000314837	6,330697755		Tr
	IA96M6	0,2088	0,2654	0,02258	0,02603	0,49	0,000288001	5,417771611		Tr

**ANEXO 14**  
**RETENCIÓN Y TIPO DE PENETRACIÓN DE OCTOBORATO DE SODIO POR EL METODO DE INMERSIÓN PROLONGADA**  
**EN PROBETAS DE ALBURA DE *P. oocarpa*.**

<i>Tiempo de inmersión (horas)</i>	<i>Código probeta</i>	<i>Peso inicial (kg)</i>	<i>Peso final (kg)</i>	<i>Espesor (m)</i>	<i>Ancho (m)</i>	<i>Largo (m)</i>	<i>Volumen (m<sup>3</sup>)</i>	<i>Retención (kg/m<sup>3</sup>)</i>	<i>Promedio de retención (kg/m<sup>3</sup>)</i>	<i>Tipo de penetración</i>
<b>2</b>	IAX2M2	0,2094	0,2322	0,02546	0,02593	0,491	0,000324147	1,931514588	1,731104882	Ti
	IAX2M3	0,1799	0,1981	0,02446	0,02649	0,4905	0,000317817	1,572532098		Ti
	IAX2M4	0,1333	0,1546	0,02368	0,02592	0,4905	0,000301062	1,942806063		Ti
	IAX2M5	0,1566	0,174	0,02649	0,02324	0,49	0,000301658	1,583946979		Ti
	IAX2M6	0,187	0,2048	0,02606	0,02356	0,49	0,000300847	1,624724683		Ti
<b>4</b>	IAX4M1	0,1571	0,183	0,02481	0,02607	0,492	0,000318224	2,234973713	2,347735754	Ti
	IAX4M2	0,2124	0,2365	0,02422	0,02594	0,49	0,000307851	2,149722518		Ti
	IAX4M3	0,1904	0,2151	0,02348	0,02445	0,492	0,00028245	2,401377561		Ti
	IAX4M4	0,138	0,1579	0,0218	0,02586	0,485	0,000273418	1,998627585		Ti
	IAX4M5	0,1674	0,1999	0,02373	0,02593	0,491	0,000302122	2,953977395		Ti
<b>8</b>	IAX8M1	0,1817	0,2065	0,02395	0,02585	0,49	0,000303363	2,244890124	2,152724755	Ti
	IAX8M2	0,1555	0,1848	0,02618	0,02397	0,492	0,000308747	2,6059759		Ti
	IAX8M3	0,1517	0,1764	0,02584	0,02362	0,49	0,000299067	2,267952865		Ti
	IAX8M4	0,2161	0,2296	0,02445	0,0261	0,489	0,000312053	1,18798537		Ti
	IAX8M6	0,1653	0,1935	0,02498	0,02583	0,4885	0,000315197	2,456819518		Ti
<b>16</b>	IAX16M1	0,1946	0,2153	0,0263	0,0256	0,49	0,000329907	1,72299535	2,336428388	Ti
	IAX16M2	0,2059	0,2407	0,02617	0,02614	0,49	0,000335201	2,850883115		Ti
	IAX16M3	0,2125	0,2326	0,02605	0,0258	0,49	0,000329324	1,676015758		Ti
	IAX16M4	0,1723	0,195	0,02534	0,02567	0,49	0,000318734	1,955702773		Ti
	IAX16M6	0,1949	0,2334	0,02398	0,02596	0,4885	0,000304101	3,476544944		Ti

Continuación

<b>Tiempo de inmersión (horas)</b>	<b>Código probeta</b>	<b>Peso inicial (kg)</b>	<b>Peso final (kg)</b>	<b>Espesor (m)</b>	<b>Ancho (m)</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Retención (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Promedio de retención (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Tipo de penetración</b>
<b>32</b>	IAX32M1	0,1442	0,1987	0,02309	0,02597	0,4895	0,000293527	5,098629768	4,013597491	Ti
	IAX32M3	0,1953	0,2351	0,02398	0,02623	0,49	0,000308208	3,546051808		Ti
	IAX32M4	0,1847	0,2425	0,02619	0,02485	0,49	0,000318903	4,977089157		Ti
	IAX32M5	0,2013	0,2338	0,02546	0,02583	0,4895	0,000321911	2,772384187		Ti
	IAX32M6	0,1885	0,2314	0,02538	0,02589	0,488	0,000320659	3,673832533		Ti
<b>64</b>	IAX64M1	0,1671	0,2068	0,02121	0,02607	0,491	0,000271496	4,015437482	4,292277584	Tr
	IAX64M2	0,1225	0,1715	0,02372	0,02336	0,491	0,000272063	4,945755225		Tr
	IAX64M3	0,1509	0,2044	0,0224	0,02586	0,49	0,000283839	5,175910008		Tr
	IAX64M5	0,2178	0,2609	0,02561	0,02604	0,49	0,000326773	3,621897749		Tr
	IAX64M6	0,1727	0,2141	0,02551	0,02454	0,4905	0,000307061	3,702387458		Tr
<b>96</b>	IAX96M1	0,1881	0,2364	0,02486	0,02577	0,489	0,000313274	4,233779955	5,22502721	Tr
	IAX96M2	0,1418	0,1939	0,02169	0,02596	0,491	0,000276469	5,174847367		Tr
	IAX96M3	0,1883	0,2434	0,02516	0,02458	0,491	0,000303651	4,98291117		Tr
	IAX96M5	0,1773	0,2556	0,02572	0,02373	0,49	0,000299064	7,189563655		Tr
	IAX96M6	0,1984	0,2496	0,02433	0,02598	0,4895	0,00030941	4,544033902		Tr

**ANEXO 15**  
**RETENCIÓN Y TIPO DE PENETRACIÓN DE LA MEZCLA DE ÁCIDO BÓRICO-BÓRAX POR EL METODO INMERSIÓN**  
**PROLONGADA EN PROBETAS DE DURAMEN DE *P. oocarpa*.**

Tiempo de inmersión (horas)	Código probeta	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)	Espesor (m)	Ancho (m)	Largo (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Absorción (kg/m <sup>3</sup> )	Penetración			Retención (kg/m <sup>3</sup> )	Promedio de retención (kg/m <sup>3</sup> )
									Tipo	Profundidad (mm)	% Madera impregnada		
2	IDIM2	0,1592	0,165	0,02466	0,02543	0,491	0,000307908	0,519284688	Pr	1,85	30,94	1,678227333	1,39842224
	IDIM3	0,1977	0,2031	0,02636	0,02454	0,491	0,000317615	0,468695465	Pr	1,82	34,29	1,366815815	
	IDIM4	0,2111	0,2168	0,02542	0,02535	0,494	0,000318332	0,49362011	Pr	2,21	34,54	1,429124123	
	IDIM5	0,202	0,2071	0,02494	0,0255	0,492	0,000312897	0,449331527	Pr	2,92	41,48	1,083292108	
	IDIM6	0,1663	0,1724	0,02552	0,0249	0,4905	0,000311687	0,539522118	Pr	2,09	37,61	1,434651844	
4	ID2M1	0,2648	0,2704	0,02517	0,02466	0,493	0,000306001	0,504502436	Pr	1,87	30,67	1,6450229	1,61034997
	ID2M2	0,1876	0,1961	0,02511	0,02561	0,494	0,000317675	0,737622462	Pr	2,33	37,06	1,990188907	
	ID2M4	0,1625	0,1691	0,02505	0,02411	0,49	0,000295938	0,614810623	Pr	2,31	41,02	1,498740285	
	ID2M5	0,2026	0,2087	0,0252	0,02513	0,493	0,000312205	0,538627266	Pr	4,58	45,64	1,180240794	
	ID2M6	0,1764	0,1839	0,0262	0,02463	0,4925	0,000317813	0,650560623	Pr	2,05	37,44	1,73755695	
8	ID3M1	0,1847	0,1947	0,02521	0,02504	0,493	0,00031121	0,885817709	Pr	1,48	33,46	2,64767409	2,14389373
	ID3M2	0,194	0,2042	0,02839	0,02463	0,491	0,00034333	0,819006452	Pr	1,70	41,07	1,994102665	
	ID3M3	0,1884	0,1979	0,02527	0,02539	0,493	0,000316311	0,827955873	Pr	2,72	53,70	1,541710935	
	ID3M4	0,1496	0,1618	0,02573	0,02461	0,49	0,000310275	1,083953865	Pr	1,94	39,83	2,721294704	
	ID3M5	0,2054	0,2144	0,02568	0,02542	0,493	0,000321823	0,770945135	Pr	2,12	42,48	1,814686241	
16	ID4M1	0,1587	0,1709	0,02296	0,02384	0,4885	0,000267388	1,257811542	Pr	3,09	49,23	2,555066651	2,44046447
	ID4M3	0,1808	0,1961	0,02432	0,02774	0,492	0,000331921	1,270734288	Pr	2,96	43,54	2,91885602	
	ID4M4	0,215	0,2261	0,02566	0,02525	0,4935	0,000319746	0,957009469	Pr	2,75	43,76	2,18702164	
	ID4M5	0,1959	0,208	0,0255	0,02502	0,494	0,000315177	1,058350169	Pr	2,41	43,00	2,461336304	
	ID4M6	0,228	0,2391	0,02497	0,02551	0,4935	0,000314352	0,973431215	Pr	2,56	46,80	2,080041717	

Continuación

Tiempo de inmersión (horas)	Código probeta	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)	Espesor (m)	Ancho (m)	Largo (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Absorción (kg/m <sup>3</sup> )	Penetración			Retención (kg/m <sup>3</sup> )	Promedio de retención (kg/m <sup>3</sup> )
									Tipo	Profundidad (mm)	% Madera impregnada		
32	ID5M1	0,1363	0,1558	0,02372	0,02515	0,49	0,000292313	1,839010907	Pr	3,49	51,38	3,579202092	3,27952259
	ID5M2	0,2244	0,2385	0,02545	0,0247	0,495	0,000311164	1,249187476	Pr	4,21	62,29	2,005452326	
	ID5M3	0,1969	0,2137	0,0256	0,0249	0,494	0,000314895	1,470758842	Pr	2,77	42,62	3,450958614	
	ID5M4	0,1385	0,1582	0,0243	0,0255	0,491	0,000304248	1,784993865	Pr	2,15	40,83	4,372232163	
	ID5M5	0,2249	0,2374	0,02483	0,02413	0,4885	0,000292684	1,177361557	Pr	2,48	39,38	2,989767772	
64	ID6M1	0,1475	0,1746	0,0257	0,02357	0,4915	0,000297726	2,509293783	Pr	3,13	59,25	4,235432181	3,87706691
	ID6M2	0,1483	0,1771	0,0257	0,0238	0,49	0,000299713	2,649017181	Pr	4,67	58,17	4,553928412	
	ID6M3	0,1905	0,2151	0,0247	0,02495	0,493	0,000303819	2,23212819	Pr	4,68	62,67	3,561906686	
	ID6M4	0,1549	0,1831	0,0246	0,02477	0,489	0,000297968	2,609021051	Pr	4,06	60,87	4,286462829	
	ID6M5	0,1782	0,2041	0,02533	0,02482	0,494	0,000310573	2,29897525	Pr	9,85	83,67	2,747604419	
96	ID7M1	0,1437	0,1765	0,02548	0,02363	0,491	0,000295627	3,058635001	Pr	4,56	58,94	5,189027539	4,85552234
	ID7M2	0,1294	0,1616	0,02498	0,02395	0,489	0,000292555	3,034223087	Pr	5,91	62,25	4,873870155	
	ID7M3	0,1913	0,2268	0,02808	0,02452	0,4915	0,000338408	2,891916234	Pr	5,68	59,72	4,842632764	
	ID7M4	0,1566	0,196	0,02429	0,02634	0,4905	0,000313821	3,461085854	Pr	4,67	66,73	5,187026274	
	ID7M5	0,2113	0,2426	0,0249	0,02513	0,493	0,000308488	2,797074476	Pr	6,17	66,83	4,185054984	

**ANEXO 16**  
**RETENCIÓN Y TIPO DE PENETRACIÓN DE OCTOBORATO DE SODIO POR EL METODO DE INMERSIÓN PROLONGADA**  
**EN PROBETAS DE DURAMEN DE *P. oocarpa*.**

Tiempo de inmersión (horas)	Código probeta	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)	Espesor (m)	Ancho (m)	Largo (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Absorción (kg/m <sup>3</sup> )	Penetración			Retención (kg/m <sup>3</sup> )	Promedio de retención (kg/m <sup>3</sup> )
									Tipo	Profundidad (mm)	% Madera impregnada		
2	IDX1M1	0,1749	0,1819	0,0248	0,02384	0,4905	0,000289999	0,662836858	Pr	1,87	32,44	2,043037	1,65710119
	IDX1M2	0,1593	0,1651	0,02525	0,02407	0,4905	0,00029811	0,534265416	Pr	1,79	34,29	1,558031762	
	IDX1M3	0,1632	0,17	0,02483	0,0241	0,4905	0,000293517	0,636182462	Pr	2,24	34,54	1,841869253	
	IDX1M4	0,1405	0,1467	0,02463	0,02515	0,489	0,000302908	0,562064276	Pr	2,89	41,48	1,355079174	
	IDX1M5	0,1446	0,1504	0,02517	0,02401	0,491	0,000296727	0,536755718	Pr	2,10	36,08	1,487488743	
4	IDX2M1	0,157	0,1646	0,02489	0,0246	0,489	0,000299412	0,697028094	Pr	1,88	30,67	2,272788188	1,80148661
	IDX2M2	0,148	0,1557	0,02518	0,0241	0,492	0,000298564	0,708204053	Pr	2,29	37,06	1,910814708	
	IDX2M3	0,2603	0,2672	0,02496	0,02516	0,4915	0,000308659	0,613869286	Pr	2,35	41,02	1,496445562	
	IDX2M4	0,1611	0,1685	0,02426	0,02586	0,491	0,000308036	0,65968478	Pr	4,54	45,64	1,445502183	
	IDX2M5	0,1617	0,1694	0,02457	0,02485	0,4915	0,000300092	0,704597677	Pr	2,07	37,44	1,881882405	
8	IDX3M1	0,1604	0,1706	0,02485	0,0246	0,4905	0,000299848	0,93412547	Pr	1,49	34,87	2,678705781	2,10059833
	IDX3M2	0,1576	0,1688	0,02831	0,02434	0,4905	0,000337987	0,909963812	Pr	1,69	41,04	2,217285559	
	IDX3M3	0,1592	0,1691	0,02582	0,02465	0,4905	0,000312185	0,870820361	Pr	2,74	54,55	1,596503996	
	IDX3M4	0,1526	0,1631	0,02485	0,02436	0,491	0,000297225	0,970084764	Pr	1,96	44,78	2,16627951	
	IDX3M5	0,1442	0,1535	0,02394	0,02542	0,492	0,000299409	0,852950262	Pr	2,30	46,25	1,844216784	
16	IDX4M1	0,1542	0,1671	0,02498	0,02467	0,489	0,000301349	1,175505922	Pr	3,09	60,38	1,946931683	2,31262484
	IDX4M2	0,145	0,159	0,02504	0,02469	0,4915	0,000303864	1,265186802	Pr	2,95	50,65	2,497932916	
	IDX4M3	0,1519	0,1658	0,02496	0,02502	0,49	0,000306005	1,24736165	Pr	2,76	48,82	2,554940759	
	IDX4M4	0,1811	0,1956	0,02892	0,0238	0,4925	0,000338986	1,174605623	Pr	2,40	48,36	2,428804645	
	IDX4M5	0,1485	0,1605	0,02492	0,02416	0,4915	0,000295916	1,113572019	Pr	2,54	52,17	2,134514177	

Continuación

Tiempo de inmersión (horas)	Código probeta	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)	Espesor (m)	Ancho (m)	Largo (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Absorción (kg/m <sup>3</sup> )	Penetración			Retención (kg/m <sup>3</sup> )	Promedio de retención (kg/m <sup>3</sup> )
									Tipo	Profundidad (mm)	% Madera impregnada		
32	IDX5M1	0,166	0,184	0,0254	0,0242	0,4895	0,000300886	1,642768172	Pr	3,47	52,25	3,144133514	3,74222008
	IDX5M2	0,1517	0,1711	0,02376	0,02536	0,4895	0,00029495	1,806171154	Pr	4,27	58,35	3,095562459	
	IDX5M3	0,1606	0,1802	0,02385	0,02527	0,49	0,000295318	1,822518392	Pr	2,71	43,64	4,17592052	
	IDX5M4	0,1563	0,1744	0,02489	0,02448	0,4905	0,000298865	1,663063403	Pr	2,19	41,36	4,020592843	
	IDX5M5	0,1424	0,1611	0,02487	0,02498	0,491	0,000305035	1,68343925	Pr	2,47	39,38	4,27489108	
64	IDX6M1	0,151	0,1714	0,02486	0,02429	0,49	0,000295886	1,893263237	Pr	3,18	55,06	3,438838258	3,79622452
	IDX6M2	0,1616	0,1849	0,0247	0,02502	0,492	0,000304053	2,104321601	Pr	4,65	50,25	4,187529608	
	IDX6M3	0,1551	0,1768	0,02461	0,02472	0,4905	0,0002984	1,996945423	Pr	4,70	61,33	3,255889277	
	IDX6M4	0,1646	0,1981	0,0252	0,02438	0,49	0,000301044	3,055765607	Pr	4,03	55,14	5,541410969	
	IDX6M5	0,1547	0,177	0,02557	0,02408	0,49	0,000301706	2,029677915	Pr	10,00	79,36	2,55745449	
96	IDX7M1	0,1409	0,1688	0,02537	0,02479	0,491	0,000308801	2,481025745	Pr	4,55	55,81	4,445847265	4,40726503
	IDX7M2	0,1607	0,1892	0,02542	0,0241	0,4905	0,000300491	2,604466725	Pr	5,90	55,68	4,677721601	
	IDX7M3	0,18	0,2099	0,02557	0,02473	0,489	0,000309217	2,655296595	Pr	5,67	51,89	5,117160987	
	IDX7M4	0,1952	0,2197	0,02431	0,02526	0,49	0,000300895	2,235925109	Pr	4,69	60,24	3,711963689	
	IDX7M5	0,1326	0,161	0,02404	0,02453	0,491	0,000289543	2,69345913	Pr	6,20	65,96	4,083631584	

## ANEXO 17

### ELABORACIÓN DE LAS TABLAS DE CONCENTRACIONES CON SUS RESPECTIVAS DENSIDADES PARA CADA COMPUESTO BÓRICO.

Con el propósito de elaborar una tabla con la combinación de diferentes valores de concentración y sus respectivas densidades, para cada compuesto bórico, se prepararon 500 mL de las soluciones preservadoras, empleando agua destilada como solvente, a diferentes concentraciones, siendo éstas las siguientes: 1, 2, 3 y 4 por ciento. Luego, usando un densímetro se tomó lectura de la densidad, y también se tomó la temperatura a la que se encontraban, la cual fue de 23 °C para todas las soluciones. Los valores de densidad obtenidos para las diferentes concentraciones, tanto para la mezcla de ácido bórico- bórax como para el octoborato de sodio, se muestran en las tablas 1 y 2, respectivamente.

Tabla 1: **Densidades de la mezcla de Ácido bórico-Bórax a diferentes concentraciones para la temperatura de 23 °C.**

Volumen (mL)	Concentración (%)	Peso del preservante (g)		T°C	Densidad (g/mL)
		Ácido bórico	Bórax		
500	1	2	3	23	1,006
	2	4	6		1,009
	3	6	9		1,013
	4	8	12		1,017

Tabla 2: **Densidades de Octoborato de sodio a diferentes concentraciones para la temperatura de 23 °C.**

Volumen (mL)	Concentración (%)	Peso del preservante (g)	T°C	Densidad (g/mL)
500	1	5	23	1,007
	2	10		1,013
	3	15		1,019
	4	20		1,026

A continuación, se elaboraron las rectas de regresión lineal para cada compuesto bórico, usando los valores de concentraciones y sus respectivas densidades mostradas anteriormente, las cuales corresponden a la temperatura de 23°C. Estas rectas tuvieron la siguiente ecuación general:

$$y = ax + b$$

Dónde:

y: Densidad de la solución preservadora (g/mL)

x: Concentración de la solución preservadora (%)

a: pendiente de la recta de regresión lineal

b: punto de intersección con el eje de ordenadas

Las rectas de regresión lineal y sus correspondientes ecuaciones, para cada compuesto bórico, se muestran en las figuras 1 y 2.

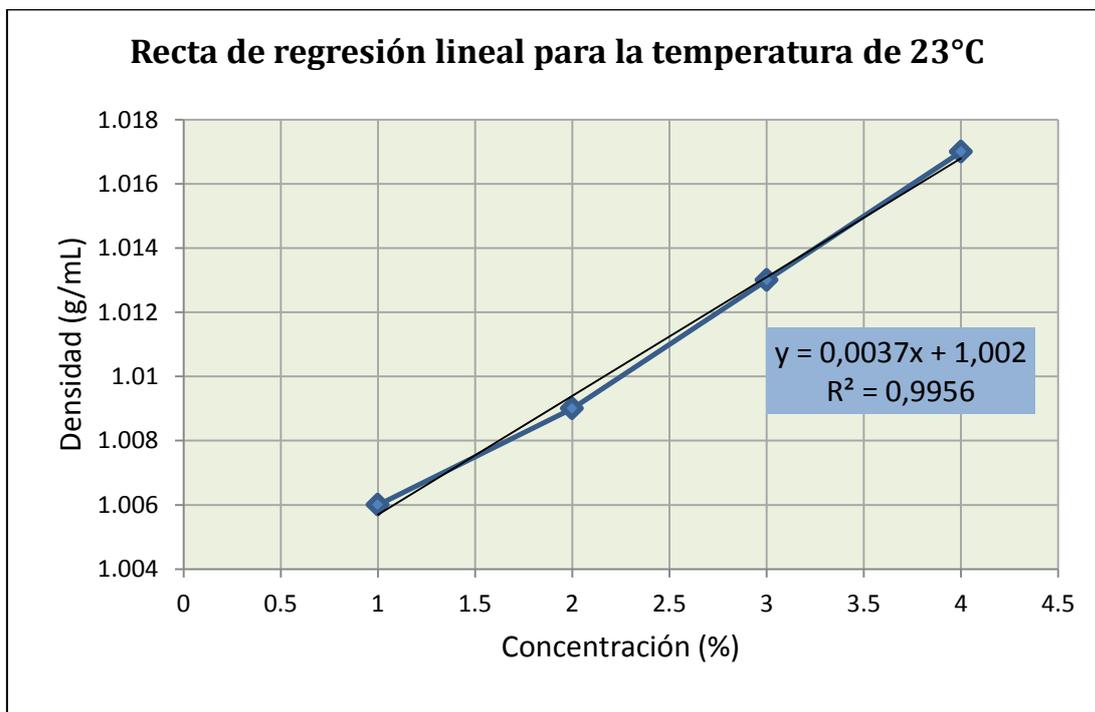
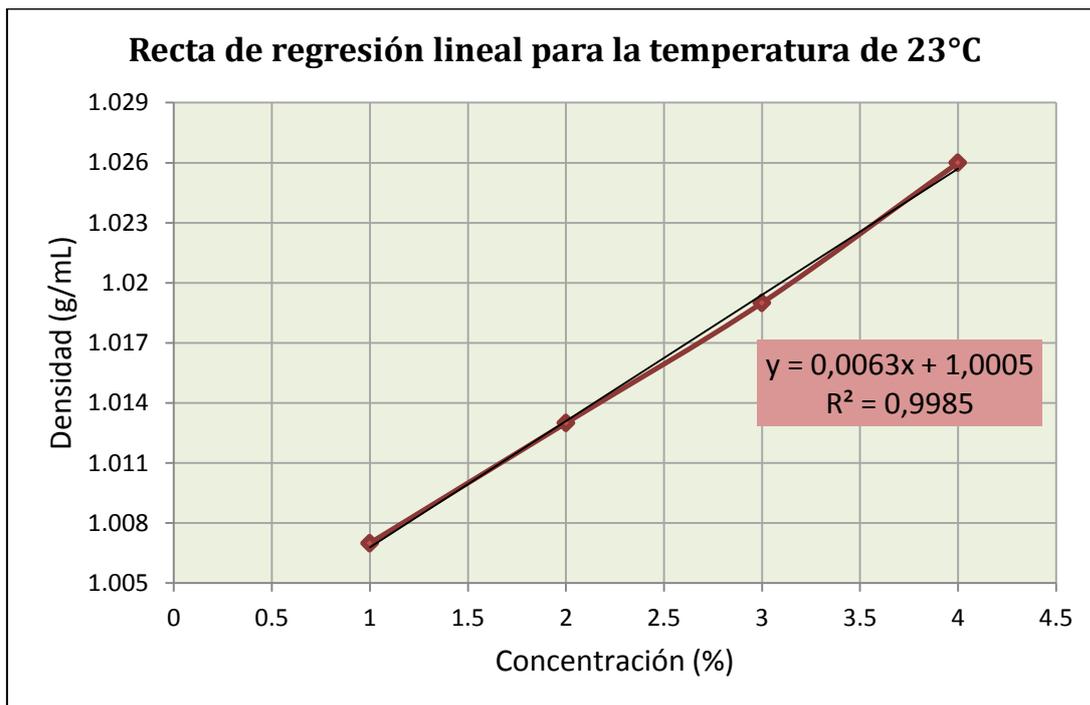


Figura 1: **Recta de regresión lineal de la mezcla de Ácido bórico- Bórax a diferentes concentraciones para la temperatura de 23°C.**



**Figura 2: Recta de regresión lineal de Octaborato de sodio a diferentes concentraciones para la temperatura de 23°C.**

En las ecuaciones de las rectas de regresión lineal, se reemplazó por la letra “x”, diferentes valores de concentración ascendentes, para cada compuesto bórico, obteniéndose sus respectivas densidades. De manera que, con las combinaciones de las diferentes concentraciones y sus densidades correspondientes, se elaboró para cada solución preservadora, las tablas 3 y 4 que se muestran a continuación:

Tabla 3: **Tabla de concentraciones con sus respectivas densidades de la mezcla de Ácido bórico- Bórax para la temperatura de 23°C.**

<i>Preservante: Ácido bórico- Bórax</i>	
<i>Concentración (%)</i>	<i>Densidad (g/mL)</i>
1	1,00570
1,1	1,00607
1,2	1,00644
1,3	1,00681
1,4	1,00718
1,5	1,00755
1,6	1,00792
1,7	1,00829
1,8	1,00866
1,9	1,00903
2	1,00940
2,1	1,00977
2,2	1,01014
2,3	1,01051
2,4	1,01088
2,5	1,01125
2,6	1,01162
2,7	1,01199
2,8	1,01236
2,9	1,01273
3	1,01310
3,1	1,01347
3,2	1,01384
3,3	1,01421
3,4	1,01458
3,5	1,01495
3,6	1,01532
3,7	1,01569
3,8	1,01606
3,9	1,01643
4	1,01680

Tabla 4: **Tabla de concentraciones con sus respectivas densidades de Octoborato de sodio para la temperatura de 23°C.**

<i>Preservante: Octoborato de sodio</i>	
<i>Concentración (%)</i>	<i>Densidad (g/mL)</i>
1	1,00680
1,1	1,00743
1,2	1,00806
1,3	1,00869
1,4	1,00932
1,5	1,00995
1,6	1,01058
1,7	1,01121
1,8	1,01184
1,9	1,01247
2	1,01310
2,1	1,01373
2,2	1,01436
2,3	1,01499
2,4	1,01562
2,5	1,01625
2,6	1,01688
2,7	1,01751
2,8	1,01814
2,9	1,01877
3	1,01940
3,1	1,02003
3,2	1,02066
3,3	1,02129
3,4	1,02192
3,5	1,02255
3,6	1,02318
3,7	1,02381
3,8	1,02444
3,9	1,02507
4	1,02570

## ANEXO 18

### **OBTENCIÓN DE LAS DENSIDADES A DIFERENTES TEMPERATURAS PARA CADA COMPUESTO BÓRICO.**

Con el objetivo de encontrar los valores de las densidades a diferentes temperaturas, para cada compuesto bórico, se prepararon 500 mL de las soluciones preservadoras a una concentración de 3%, las cuales se colocaron en diferentes probetas de vidrio graduadas. Después, consecutivamente las probetas de vidrio se colocaron en un recipiente de plástico, al cual se le añadió agua y hielo para que la solución preservadora alcanzara la temperatura de 7 °C, se usó un termómetro para registrar los valores de temperatura y un densímetro para obtener los respectivos valores de densidad.

A continuación se disminuyó la cantidad de hielo para que gradualmente la solución preservadora fuera aumentando de temperatura, y así poder registrar el valor de la densidad correspondiente, esto se realizó hasta llegar al valor de temperatura ambiente que se tuvo en ese momento. Los valores de temperatura anotados fueron aquellos en los que se produjo una disminución en el valor de la densidad., dado que, en algunos valores de temperatura consecutivos no hubo variación en esta.

Después, cada probeta de vidrio graduada se colocó dentro de un recipiente de metal, el cual se puso sobre una rejilla de asbesto, que estaba encima de un trípode de laboratorio. Luego se agregó agua al recipiente de metal y con el uso de un mechero bunsen, mediante una baja intensidad de llama, se incrementó la temperatura de la solución en forma gradual. De manera semejante, solo se anotaron los valores de temperatura que registraron una disminución en la densidad, puesto que, para varios valores consecutivos de temperatura se obtuvo un valor de densidad similar.

Los valores de las densidades a diferentes temperaturas, para cada compuesto bórico, se muestran en las tablas 1 y 2.

Tabla 1: **Densidades a diferentes valores de temperatura para la mezcla de Ácido bórico- Bórax a la concentración de 3%.**

Volumen (ml)	Concentración (%)	Peso del preservante (g)		T°C	Densidad (g/mL)
		Ácido bórico	Bórax		
500	3	6	9	7	1,015
				15	1,014
				18	1,014
				20	1,013
				22	1,013
				25	1,012
				28	1,012
				30	1,011
				33	1,010
				35	1,009

Tabla 2: **Densidades a diferentes valores de temperatura para el Octoborato de sodio a la concentración de 3%.**

Volumen (mL)	Concentración (%)	Peso del preservante (g)	T°C	Densidad (g/mL)
500	3	15	7	1,022
			10	1,021
			17	1,021
			19	1,020
			22	1,019
			29	1,018
			31	1,017
			34	1,016
			36	1,015
			40	1,014
			42	1,013

**ANEXO 19**  
**CÁLCULO DE LA CONCENTRACIÓN DE LOS COMPUESTOS BÓRICOS**  
**PARA LA TEMPERATURA DE 17 °C.**

Se realizaron modificaciones en las ecuaciones de las rectas de regresión lineal encontradas para los compuestos bóricos a la temperatura ambiente de 23 °C, con el objetivo de encontrar la concentración de cada solución preservadora para la temperatura ambiente de 17 °C. Debido a que, a esta temperatura se realizó la preparación de las soluciones preservadoras, además de los ensayos de preservación por vacío- presión e inmersión prolongada. A continuación, se muestran los cálculos realizados para obtener las concentraciones de los compuestos bóricos, a la temperatura de 17 °C.

**a. Para la mezcla de Ácido bórico-Bórax**

En la ecuación de la recta de regresión lineal para la temperatura de 23 °C, que se muestra:

$$y = 0,0037x + 1,002$$

Se reemplazó por la letra “y” el valor de la densidad expresada en g/mL encontrada para la temperatura de 17 °C, y por la letra “x” el valor de la concentración de 3%.

$$1,014 = 0,0037(3) + b$$

Obteniéndose el valor de “b” de la ecuación de la recta de regresión lineal para la temperatura de 17 °C.

$$b = 1,014 - (0,0037 \times 3)$$

$$b = 1,0029$$

Remplazando el nuevo valor de “b”, se encontró la ecuación de la recta de regresión lineal para la temperatura de 17 °C

$$y = 0,0037x + 1,0029$$

Luego, se reemplazó la letra “y” por el valor de la densidad expresada en g/mL, de la tabla de concentraciones para la concentración de 3% a la temperatura de 23 °C, lo que dio como resultado el valor de la concentración en % de la solución preservadora para la temperatura 17 °C. Este valor de concentración hallado, se usó para calcular la retención de la mezcla de ácido bórico-bórax en cada probeta, expresada en  $\text{kg/m}^3$ , para los ensayos de preservación.

$$1,01310 = 0,0037x + 1,0029$$

$$x = \frac{(1,0130 - 1,0029)}{0,0037}$$

$$0,0037$$

$$x = 2.756756757$$

**b. Para el Octoborato de sodio**

En la ecuación de la recta de regresión lineal para la temperatura de 23 °C, que se muestra:

$$y = 0,0063x + 1,0005$$

Se reemplazó por la letra “y” el valor de la densidad expresada en g/mL encontrada para la temperatura de 17 °C y por la letra “x” el valor de la concentración de 3%.

$$1,021 = 0,0063(3) + b$$

Obteniéndose el valor de “b” de la ecuación de la recta de regresión lineal para la temperatura de 17 °C.

$$b = 1,021 - (0,0063 \times 3)$$

$$b = 1,0021$$

Reemplazando el nuevo valor de “b”, se encontró la ecuación de la recta de regresión lineal para la temperatura de 17 °C

$$y = 0,0063x + 1,0021$$

Para terminar, se reemplazó la letra “y” por el valor de la densidad expresada en g/mL, de la tabla de concentraciones para la concentración de 3% a la temperatura de 23 °C, lo que dio como resultado el valor de la concentración en % de la solución preservadora para la temperatura 17 °C. Este valor de concentración hallado se usó para calcular la retención del octoborato de sodio en cada probeta, expresada en kg/m<sup>3</sup>, para los ensayos de preservación.

$$1,01940 = 0,0063x + 1,0021$$

$$x = \frac{(1,01940 - 1,0021)}{0,0063}$$

$$0,0063$$

$$x = 2.746031746$$

**ANEXO 20**  
**CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGUA A AGREGARSE A LA SOLUCIÓN**  
**PRESERVADORA DE ÁCIDO BÓRICO-BÓRAX PARA OBTENER UNA**  
**CONCENTRACIÓN DE 3%.**

Debido al uso de la solución en el ensayo de preservación por vacío-presión, se tuvo que determinar a qué concentración se encontraba antes de empezar los tratamientos de inmersión. Para lo cual se extrajo una muestra, con la que se determinó la densidad y temperatura que tenía la solución preservadora en ese momento.

El valor de la densidad de la solución preservadora fue de 1,014 g/mL con una temperatura de 17 °C, debido a que el valor de la densidad encontrada correspondía a la concentración de 3,3%, según la tabla de concentraciones encontrada anteriormente, se procedió a disminuir su valor hasta llegar a 3%. Para lograr esto, teniendo en cuenta que se usaría 90 litros de solución preservadora, primero se calculó el volumen del preservante utilizando la siguiente ecuación:

$$\rho_i \%C_i \times V_i = \rho_f \%C_f \times V_f$$

$$1,014 \times 3,3\% \times V_i = 1,013 \times 3\% \times 90$$

$$V_i = 81,74 \text{ litros}$$

A continuación se calculó el volumen de agua a agregar para obtener 90 litros de solución preservadora a una concentración de 3%, usando la siguiente diferencia:

$$90 \text{ litros} - V_i = V_{\text{agua}}$$

$$90 - 81,74 = 8,26 \text{ litros de agua}$$

**ANEXO 21**  
**CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGUA A AGREGARSE A LA SOLUCIÓN**  
**PRESERVADORA DE OCTOBORATO DE SODIO PARA OBTENER UNA**  
**CONCENTRACIÓN DE 3%.**

Debido al uso de la solución en el ensayo de preservación por vacío-presión, se tuvo que determinar a qué concentración se encontraba antes de empezar los tratamientos de inmersión. Para lo cual se extrajo una muestra, con la que se determinó la densidad y temperatura que tenía la solución preservadora en ese momento.

El valor de la densidad de la solución preservadora fue de 1,020 g/mL con una temperatura de 17 °C, debido a que el valor de la densidad encontrada correspondía a la concentración de 3,1%, según la tabla de concentraciones encontrada anteriormente, se procedió a disminuir su valor hasta llegar a 3%. Para lograr esto, teniendo en cuenta que se usaría 90 litros de solución preservadora, primero se calculó el volumen del preservante utilizando la siguiente ecuación:

$$\rho_i \%C_i \times V_i = \rho_f \%C_f \times V_f$$

$$1,020 \times 3,1\% \times V_i = 1,019 \times 3\% \times 90$$

$$V_i = 87,01 \text{ litros}$$

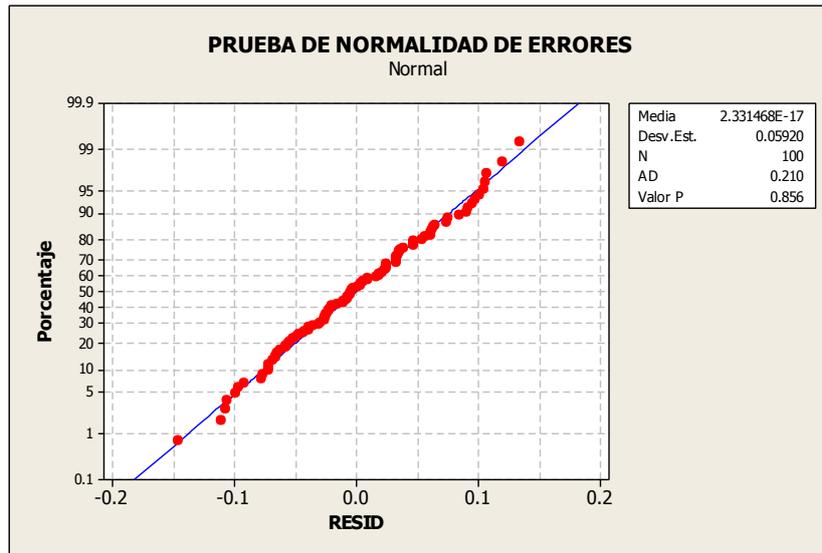
A continuación se calculó el volumen de agua a agregar para obtener 90 litros de solución preservadora a una concentración de 3%, usando la siguiente diferencia:

$$90 \text{ litros} - V_i = V_{\text{agua}}$$

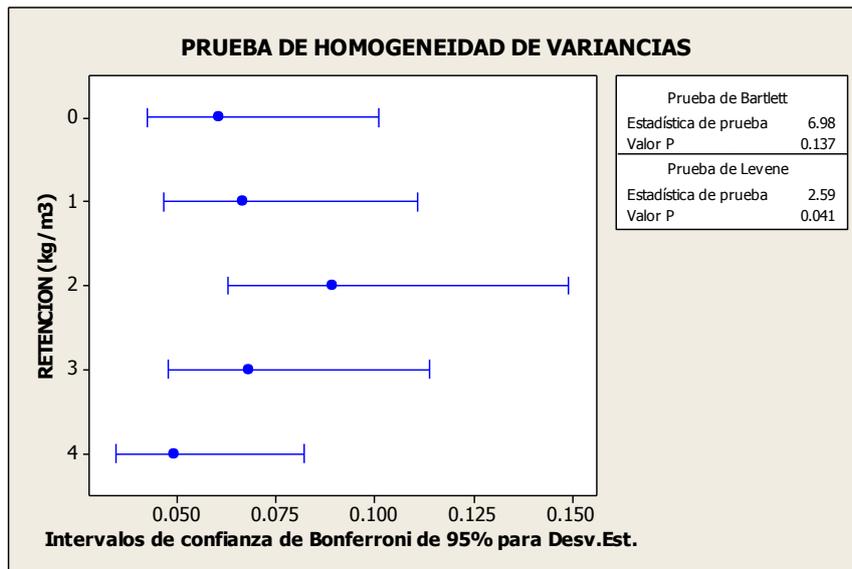
$$90 - 87,01 = 2,99 \text{ litros de agua}$$

## ANEXO 22 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ENSAYO DE VALOR EFICAZ DE LOS PRESERVANTES EN PRUEBA.

Prueba de Normalidad (Anderson Darling) para el peso de termitas muertas para probetas de albura de *P. oocarpa*, sin tratamiento preservador y preservadas con dos compuestos bóricos.



Prueba de Bartlett para el peso de termitas muertas para probetas de albura de *P. oocarpa* sin tratamiento preservador y preservadas con dos compuestos bóricos.



**ANEXO 23**  
**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ENSAYO DE RESISTENCIA AL ATAQUE DE**  
**TERMITAS DE MADERA SECA.**

Prueba T, para el peso de termitas muertas en probetas de albura y duramen de *P. oocarpa*.

**Prueba T e IC de dos muestras: DURAMEN, ALBURA**

T de dos muestras para DURAMEN vs. ALBURA

				Error estándar de la media
	N	Media	Desv.Est.	
DURAMEN	10	0.3660	0.0365	0.012
ALBURA	10	0.3397	0.0412	0.013

Diferencia =  $\mu$  (DURAMEN) -  $\mu$  (ALBURA)

Estimado de la diferencia: 0.0263

IC de 95% para la diferencia: (-0.0103, 0.0628)

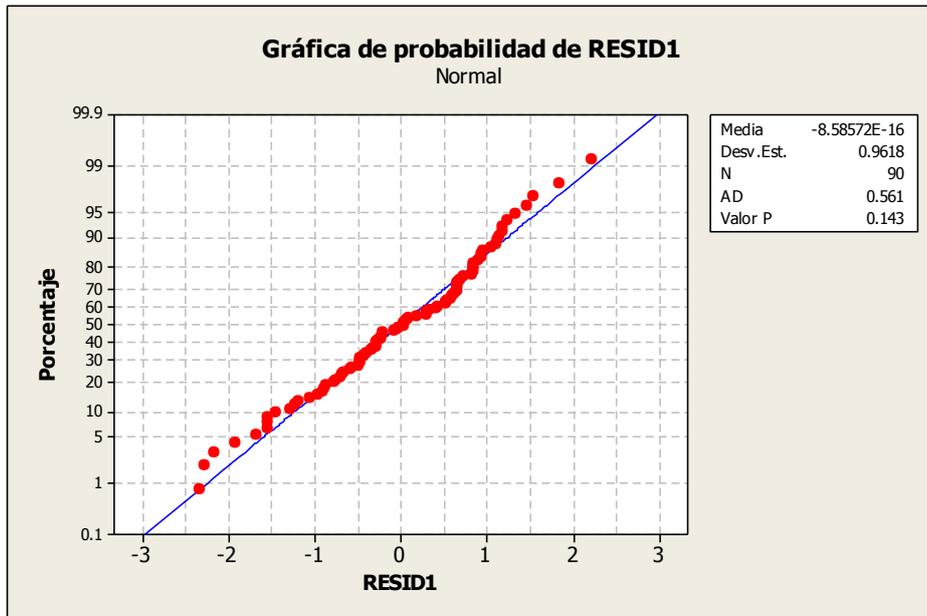
Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 1.51 Valor P = 0.148 GL = 18

Ambos utilizan Desv.Est. agrupada = 0.0389

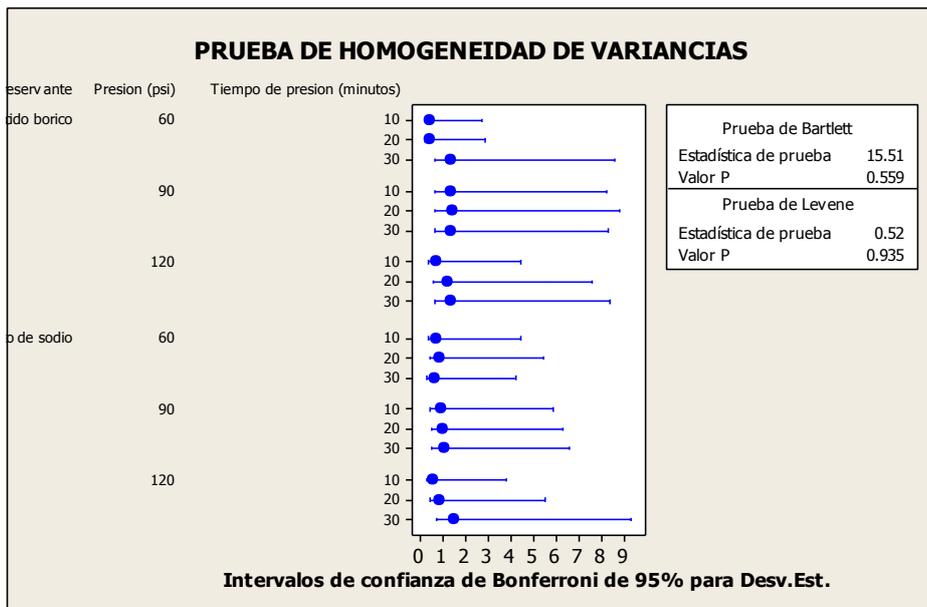
## ANEXO 24

### ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ENSAYO DE PRESERVACIÓN POR VACÍO-PRESIÓN PARA MADERA DE ALBURA DE *P. oocarpa*.

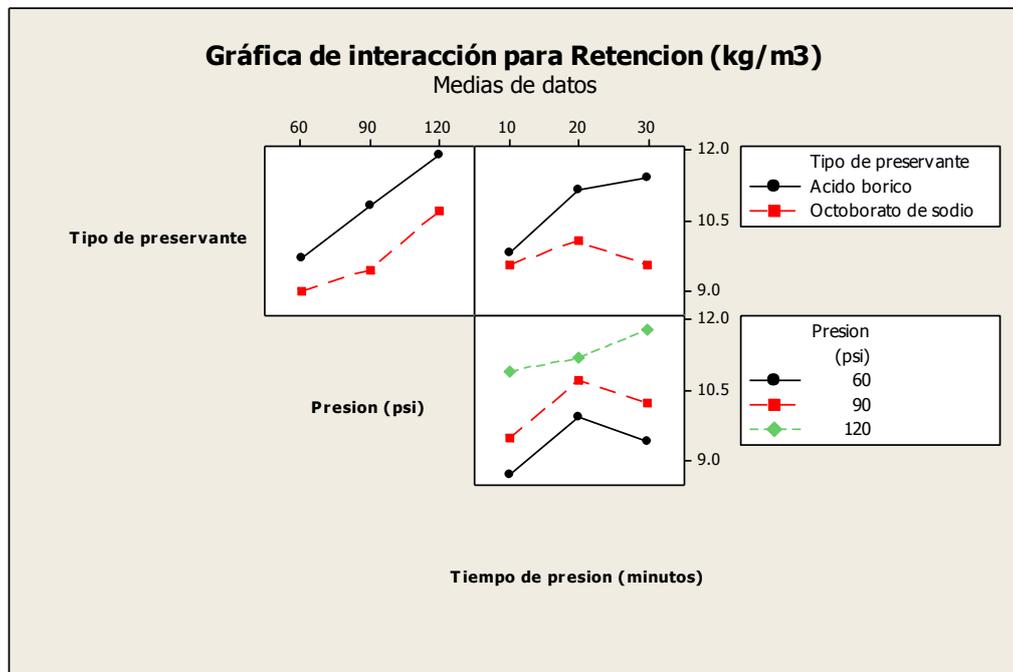
Prueba de Normalidad (Anderson Darling) para la retención de los compuestos bóricos en probetas de albura de *P. oocarpa*.



Prueba de Bartlett para la retención de los compuestos bóricos en probetas de albura de *P. oocarpa*.



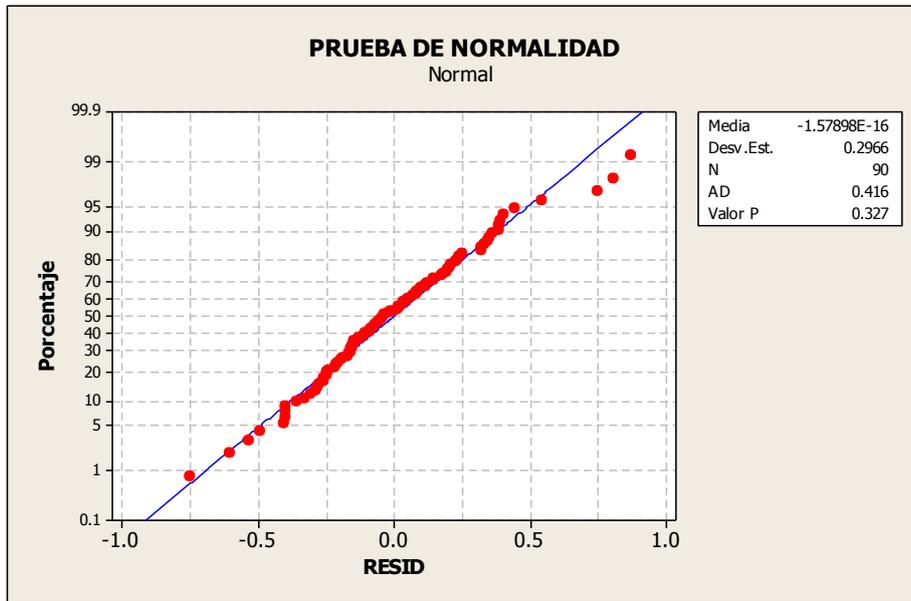
Graficas de los factores e interacciones que presentan diferencias significativas en la retención de los preservantes, según el cuadro de análisis de variancia.



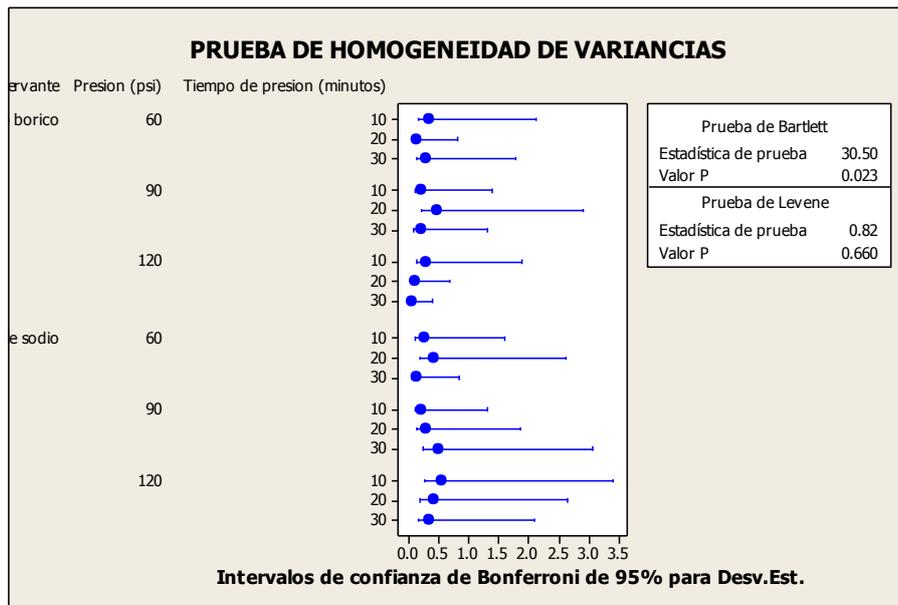
## ANEXO 25

### ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ENSAYO DE PRESERVACIÓN POR VACÍO-PRESIÓN PARA MADERA DE DURAMEN DE *P. oocarpa*.

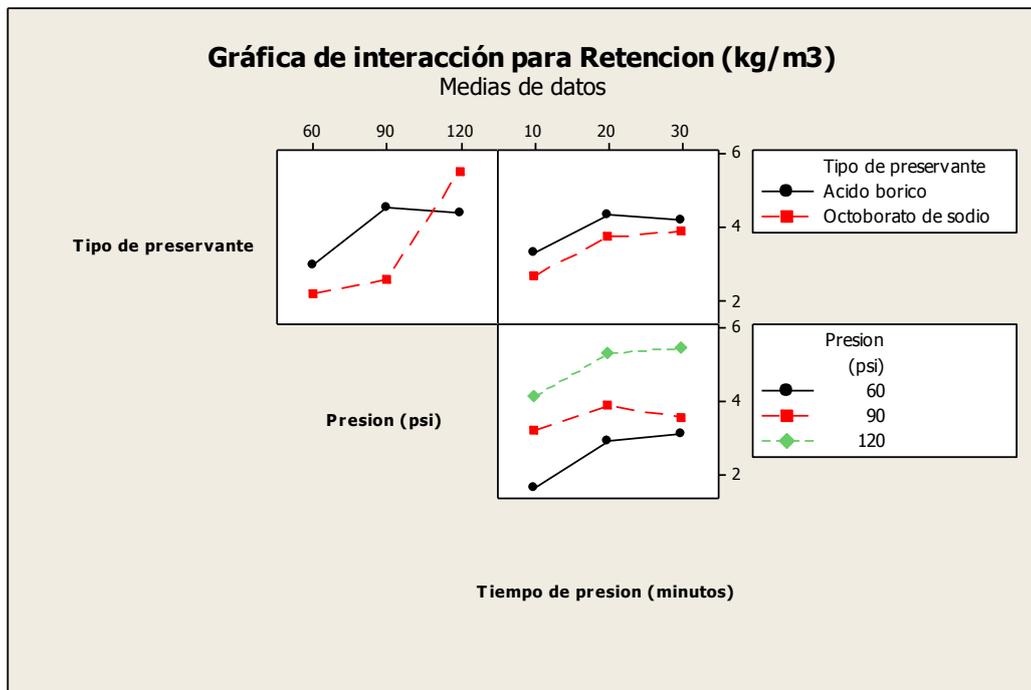
Prueba de Normalidad (Anderson Darling) para la retención de los compuestos bóricos en probetas de duramen de *P. oocarpa*.



Prueba de Bartlett para la retención de los compuestos bóricos en probetas de duramen de *P. oocarpa*.

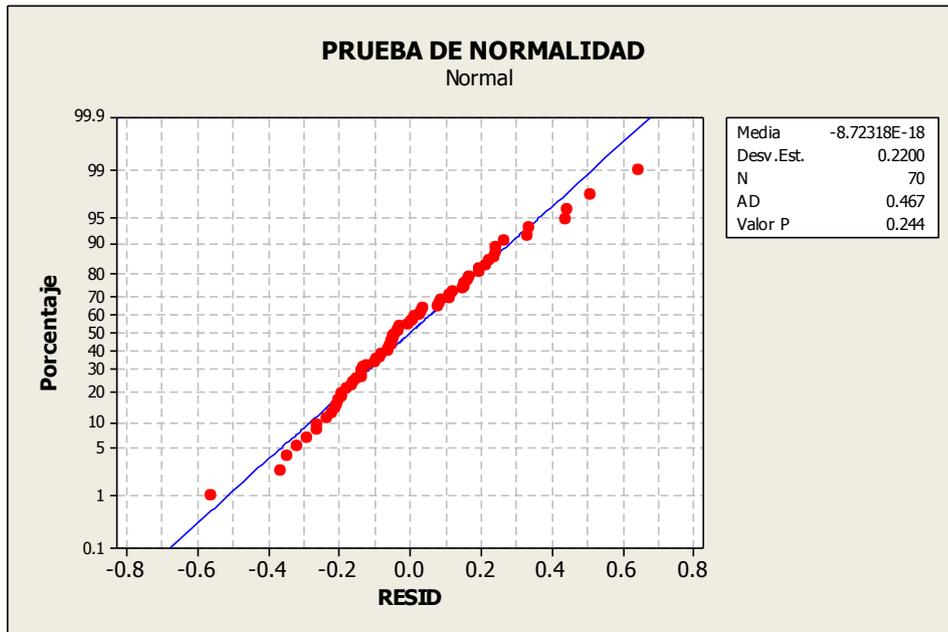


Graficas de los factores e interacciones que presentan diferencias significativas en la retención de los preservantes, según el cuadro de análisis de variancia.

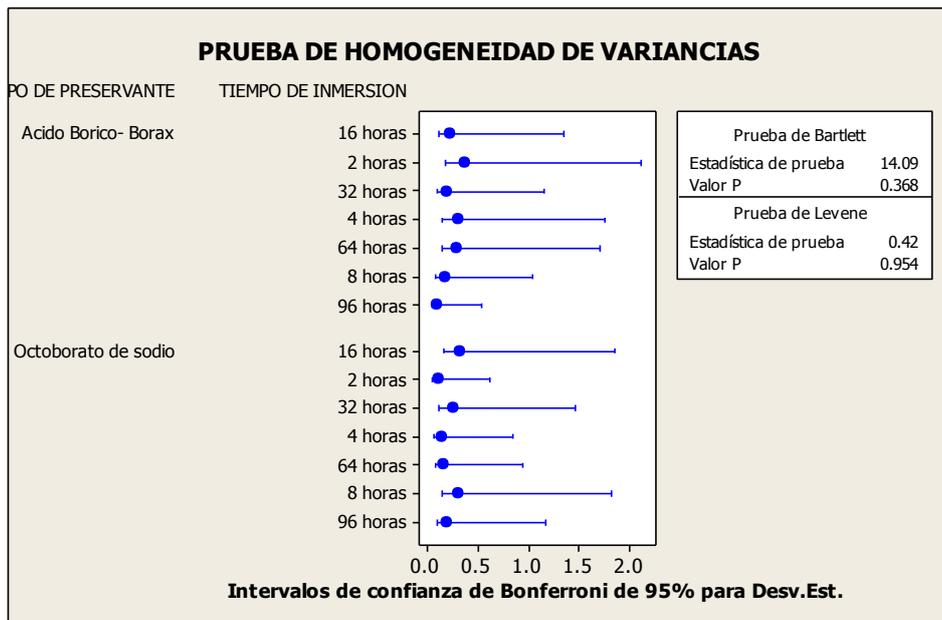


**ANEXO 26**  
**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ENSAYO DE PRESERVACIÓN POR**  
**INMERSIÓN PROLONGADA PARA MADERA DE ALBURA DE *P. oocarpa*.**

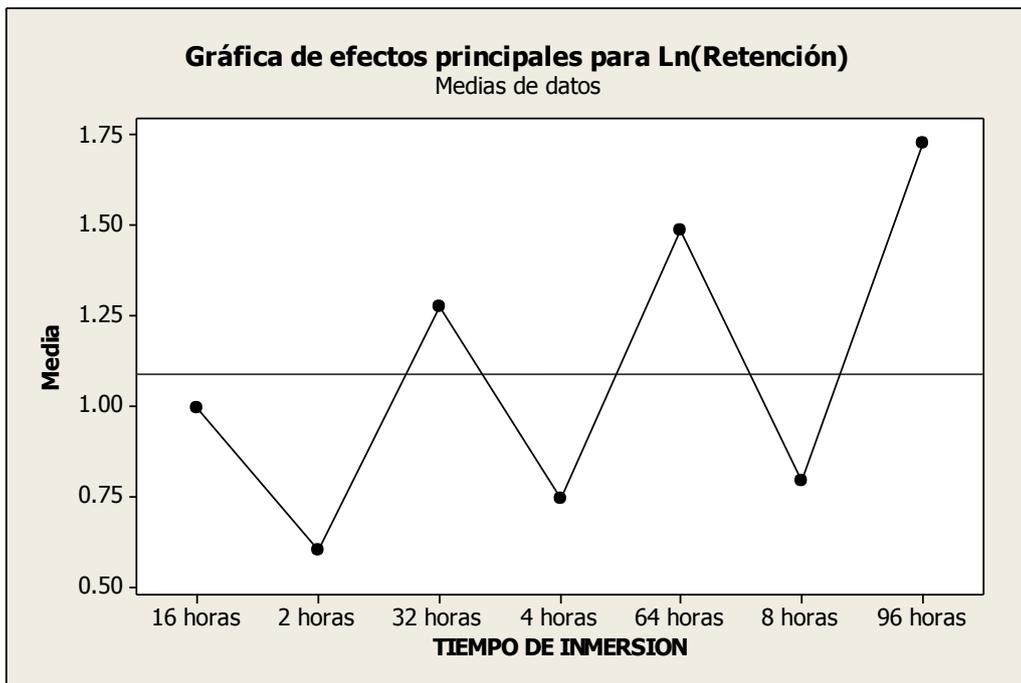
Prueba de Normalidad (Anderson Darling) para la retención de los compuestos bóricos en probetas de albura de *P. oocarpa*.



Prueba de Bartlett para la retención de los compuestos bóricos en probetas de albura de *P. oocarpa*

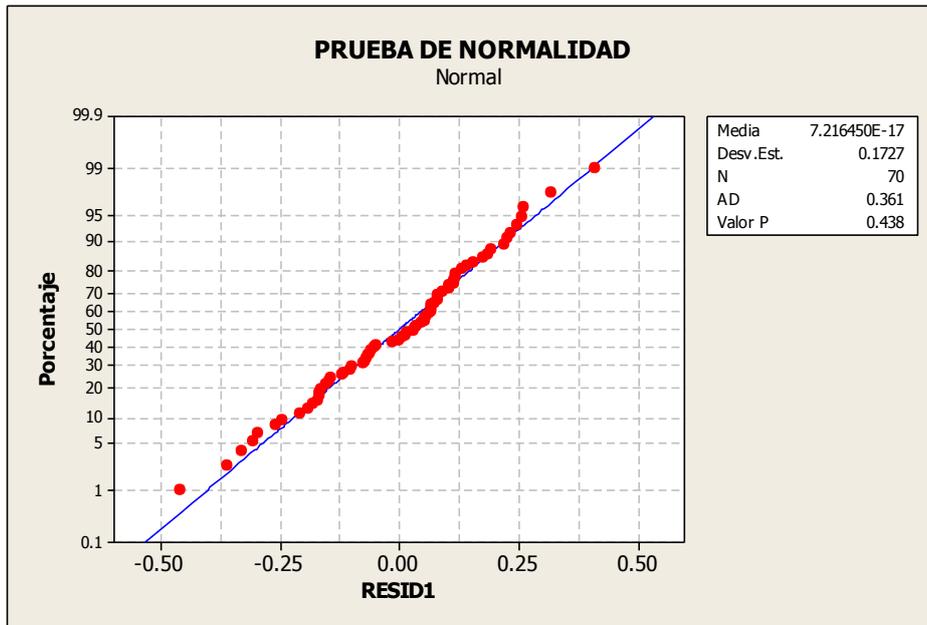


Gráfica del factor tiempo de inmersión, que presenta diferencias significativas en la retención de los preservantes, según el cuadro de análisis de variancia.

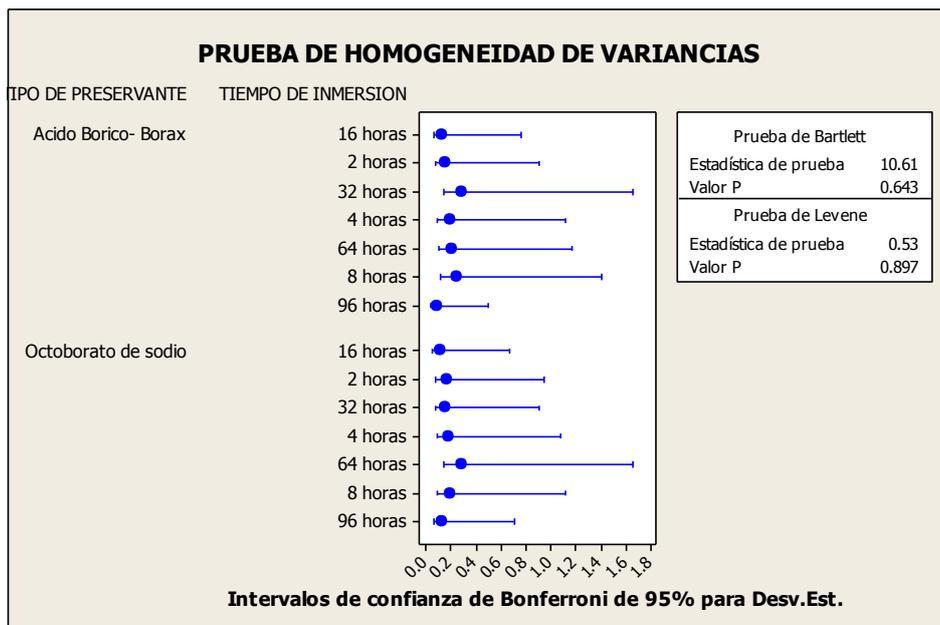


**ANEXO 27**  
**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ENSAYO DE PRESERVACIÓN POR**  
**INMERSIÓN PROLONGADA PARA MADERA DE DURAMEN DE *P. oocarpa*.**

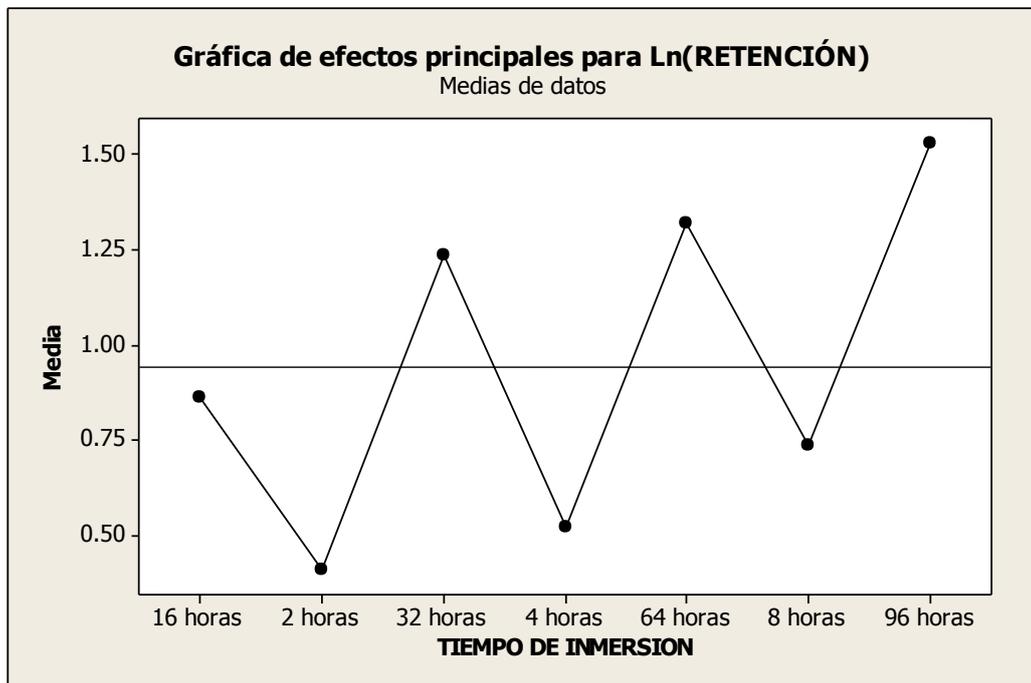
Prueba de Normalidad (Anderson Darling) para la retención de los compuestos bóricos en probetas de duramen de *P. oocarpa*.



Prueba de Bartlett para la retención de los compuestos bóricos en probetas de duramen de *P. oocarpa*.



Gráfica del factor tiempo de inmersión, que presenta diferencias significativas en la retención de los preservantes, según el cuadro de análisis de varianza.



**ANEXO 28**  
**CONSTANCIA DE DETERMINACIÓN BOTÁNICA DEL HERBARIO**  
**FORESTAL DE LA FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES DE LA**  
**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA.**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES: FAX: 349-2041, TEF: 349-5647 / 349-5669, Anexo .203  
/244, APDO. 12 - 056 LA MOLINA LIMA PERU



**CONSTANCIA DE DETERMINACIÓN BOTÁNICA**

A solicitud del Bachiller **Douglas Alejandro Farje Morote**, ex alumno de la Universidad Nacional Agraria La Molina, se proporciona la identidad del espécimen indicado, el cual se halla depositado en el Herbario Forestal (MOL).

Zona de colección : Quebrada San Alberto  
Provincia : Oxapampa  
Departamento : Pasco  
Colector : Douglas A. Farje

Nº COL	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	FAMILIA
01-DF	<i>Pinus oocarpa</i> Schilde ex Schltdl.	Pino	PINACEAE



Determinador :

**Carlos Reynel Rodríguez Ph. D.**  
Profesor Principal Dpto. Manejo Forestal  
Director del Laboratorio de Dendrología  
y Herbario Forestal UNALM (MOL)

La Molina, 27 de mayo 2016

\* ROGAMOS A LOS USUARIOS DE LOS SERVICIOS DEL HERBARIO FORESTAL (MOL) TENER ESPECIAL CUIDADO EN TRANSCRIBIR CORRECTAMENTE LOS NOMBRES PROPORCIONADOS

**ANEXO 29**  
**CONSTANCIA DE SERVICIO DE IDENTIFICACION DEL MUSEO DE ENTOMOLOGIA KLAUS RAVEN BÜLER DEL DEPARTAMENTO DE ENTOMOLOGIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA.**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
DEPARTAMENTO DE ENTOMOLOGIA  
**MUSEO DE ENTOMOLOGIA KLAUS RAVEN BÜLER**  
Telf. (51-1) 614-7800 anexo 330 -Apartado Postal 12-056



**DEPARTAMENTO DE ENTOMOLOGIA**

**SERVICIO DE IDENTIFICACION**

PARA: Sr. Douglas Alejandro Farge Morote. Bachiller de la Facultad de Forestales.	Fecha: 26-06-2015
ATENCIÓN:	
Muestra: Adultos y obreras de termitas vivas, colectadas en postes de eucaliptos, en el distrito de La Molina – Lima.	Lote N° 23-15 Informe completo: X
La muestra de termitas corresponden a:  Orden Isoptera  Familia Kalotermitidae  Genero <i>Cryptotermes</i> Banks, 1906  Especie <i>Cryptotermes brevis</i> (Walker, 1853)	

Nota.- La muestra fue revisada e identificada por los Biol. Mg. Sc. Clorinda Vergara Cobián y Biol. Mg. Sc. Javier Huanca Maldonado del departamento de Entomología-UNALM.

  
Jefe del Museo de Entomología  
Biol. Mg. Sc. Clorinda Vergara Cobián de Sánchez

