



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Preservación de la madera

Dr. Alexander Berrocal Jiménez

A large, red, curved decorative swoosh that starts from the bottom left and extends towards the bottom right of the slide.

Contenido

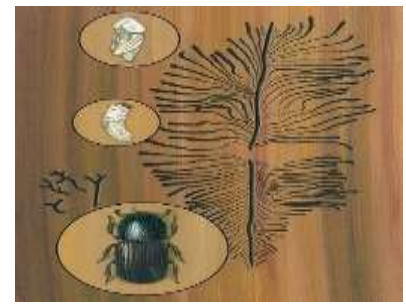
- Antecedentes.
- Durabilidad.
- Sistemas de preservación.
- Tipos de preservantes.
- Inmersión-difusión Costa Rica.
- Presión Costa Rica.
- Normativa.





50
1971-2021
ANIVERSARIO

TEC | Tecnológico
de Costa Rica





DURABILIDAD NATURAL de algunas especies tropicales (CR)

Clase 1 – Muy durables (> 30 años)

Peltogyne purpurea (Nazareno)
Guaicun sanctum (Guayacán real)
Minquartia guianensis (Manú)
Astromium graveolens (Ron-ron)
Bombacopsis quinata (Pochote)
Dialium guinense (Tamarindo)
Sideroxylon capiri (Tempisque)
Dypterix panamensis (Almendro)
Anarcadium excelsum (Espavel)

Clase 2 – Durables (10 a 30 años)

Pentaclethra macroloba (gavilán)
Carapa guianensis (caobilla)
Terminalia oblonga (surá)
Cordia alliodora (laurel)



Clase 3 – Poco durables (5 a 10 años)

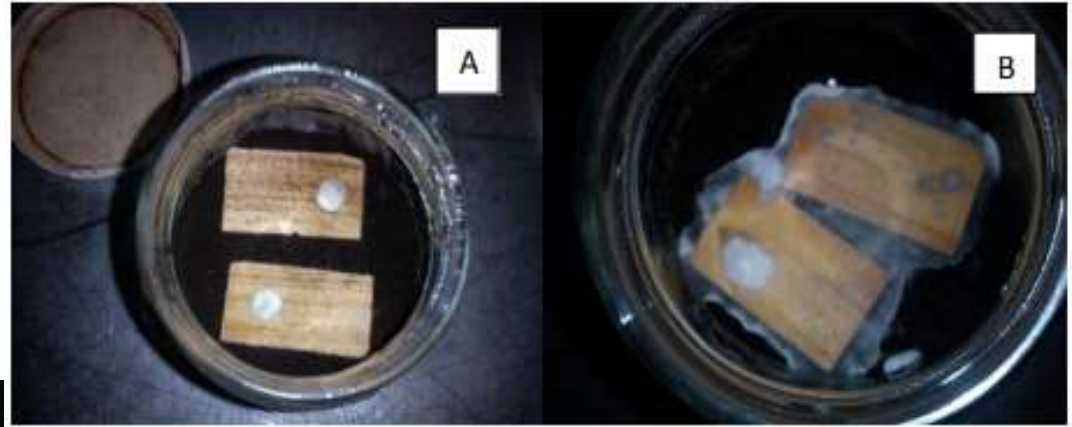
Vochysia ferruginea (Botarrama)
Ceiba pentandra (Ceiba)

Clase 4 – Muy poco durables (< 5 años)

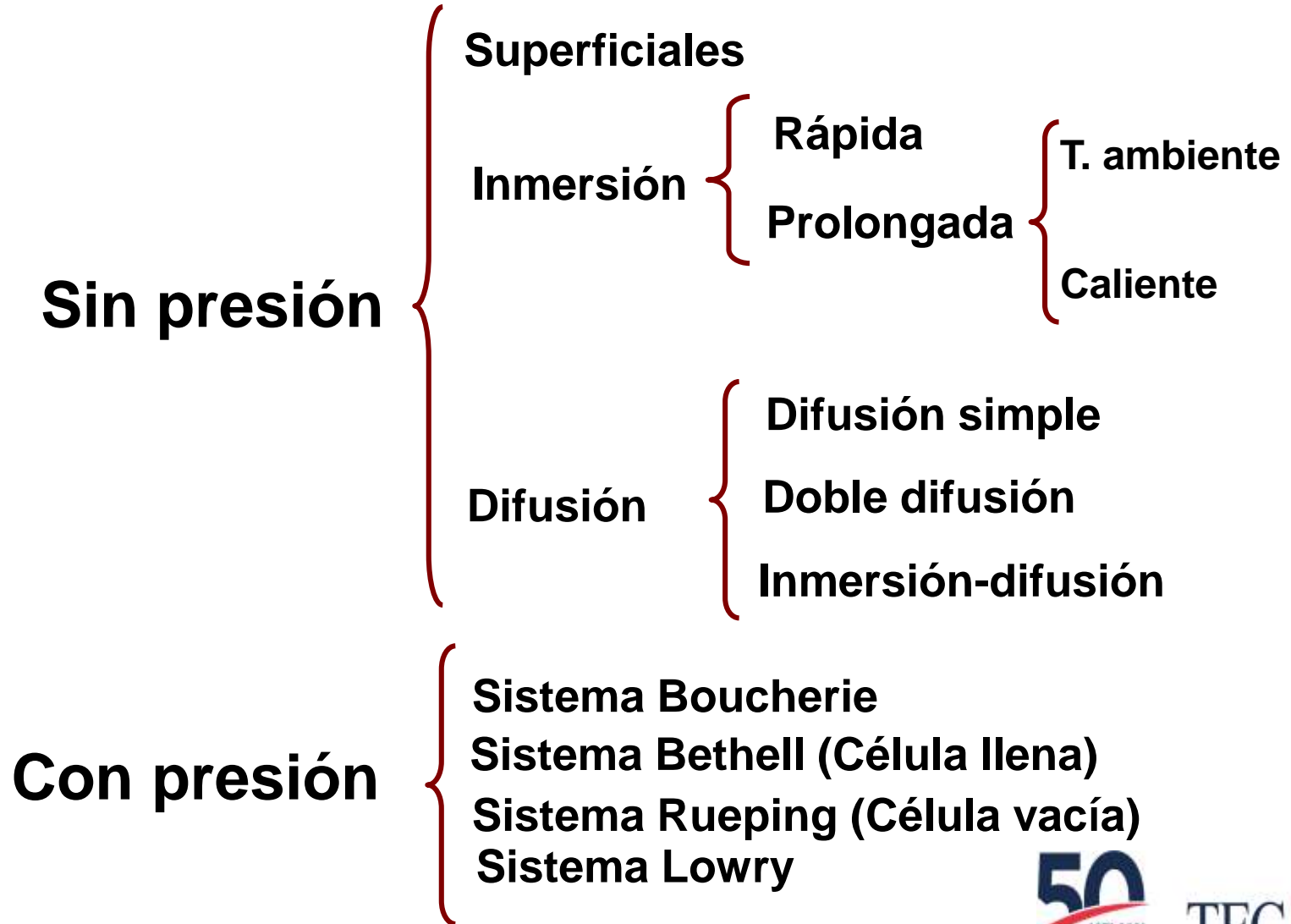
Alnus acuminata (Jaúl)
Vochysia guatemalensis (Chancho blanco)
Brosimum utile (Lechoso)
Virola koschnyi (Fruta dorada)



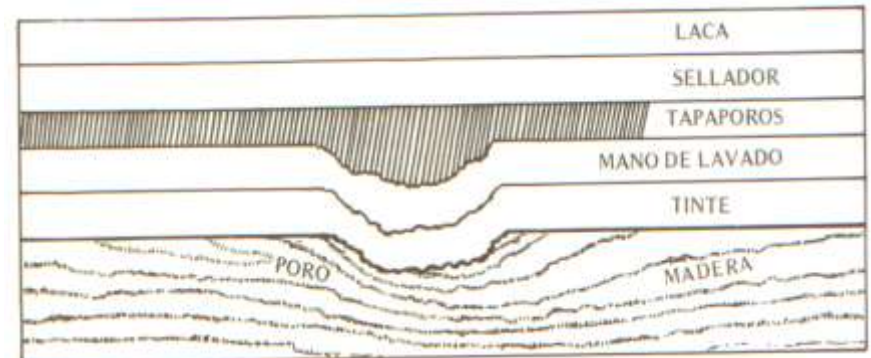
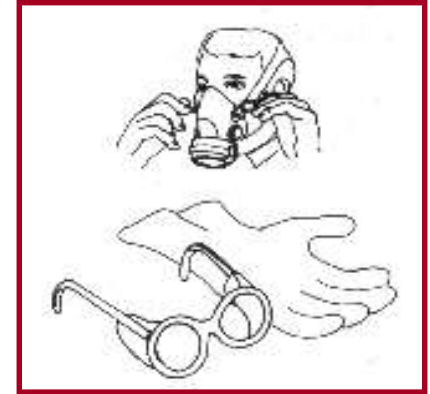
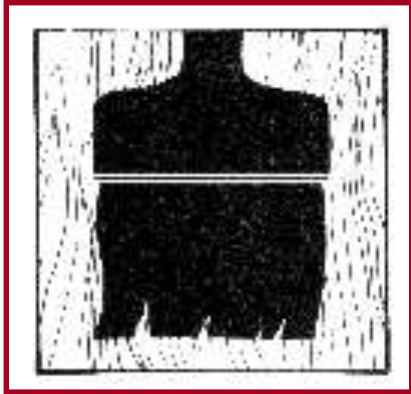




Sistemas de preservación



Superficiales

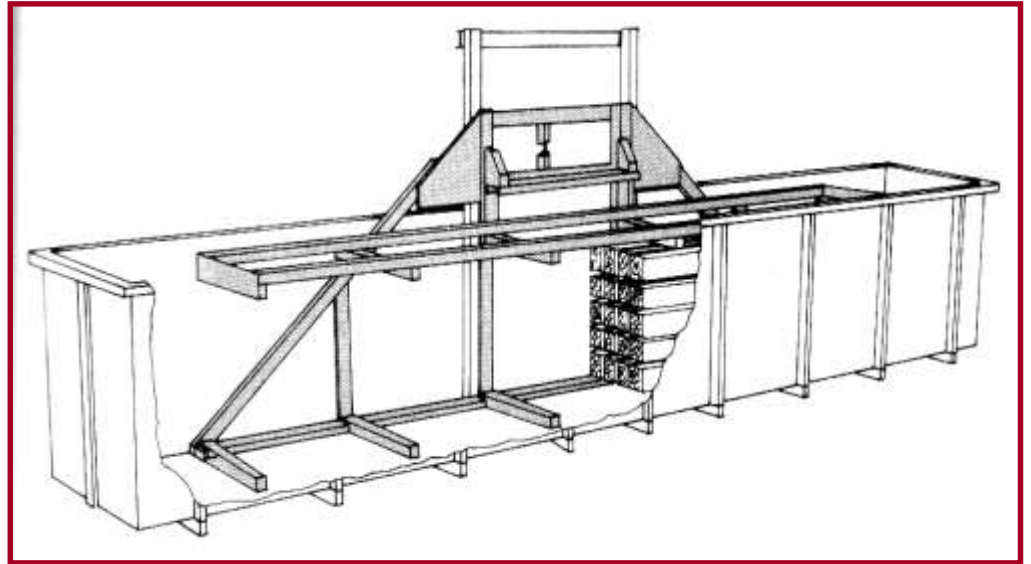


| ACABADO | USOS | CARACTERÍSTICAS | VENTAJAS | DESVENTAJAS |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Laca (nitrocelulosa) | Interior, paneles | Aplicación con pulverizadora o pincel/brocha, contenido de sólidos: medio, moderado grado de amarillamiento | Secado rápido, fácil de reparar, económico | Olor intenso, inflamable, poca resistencia al desgaste |
| Laca catalizada | Interior, paneles, armarios, puertas | Aplicación con pulverizadora, contenido de sólidos: medio, muy poco grado de amarillamiento | Secado rápido, duro, resistente a químicos | Olor intenso, inflamable |
| Poliuretano (a base de agua) | Interior, exterior (con suficiente contenido de sólidos, no expuesto directamente a las inclemencias del tiempo), muebles, paneles, armarios, puertas, molduras, pisos | Aplicación con pulverizadora o pincel/brocha, contenido de sólidos: medio, poco grado de amarillamiento, acabado duro, fácil de aplicar | Poco olor, secado rápido, fácil de aplicar y lijar, lavable con agua y jabón | No tan durable como el poliuretano a base de solvente, espera de 72hs si se aplica sobre un tinte a base de solvente, muy costoso |
| Poliuretano catalizado (a base de agua) | Interior, superficies que requieren un acabado durable, pisos | Aplicación con pulverizadora o pincel/brocha, poco grado de amarillamiento, acabado muy duro | Poco olor, secado rápido, lavable con agua y jabón | Corta vida útil, espera de 72hs si se aplica sobre un tinte a base de solvente, muy costoso |
| Poliuretano (a base de solvente) | Interior, superficies para comida, mesas, puertas (interior), molduras, pisos | Aplicación con pulverizadora o pincel/brocha, alto contenido de sólidos, alto grado de amarillamiento, acabado duro | Acabado muy durable, alta resistencia al desgaste, compuestos comunes y agentes de limpieza | Secado lento, se amarillenta |

| ACABADO | USOS | CARACTERÍSTICAS | VENTAJAS | DESVENTAJAS |
|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| Poliuretano UV (a base de solvente con inhibidores de rayos UV) | Interior & exterior, muebles de exterior, puertas & ventanas (interior y exterior) | Aplicación con pulverizadora o pincel/brocha, alto contenido de sólidos, alto grado de amarillamiento, acabado duro, renovación de resistencia UV con aplicaciones periódicas | Acabado muy durable; alta resistencia al desgaste y a la luz | Secado lento, se amarillenta, exposición directa al sol reducirá resistencia ultravioleta |
| Poliuretano gelatinoso (a base de solvente; aplicación con paño) | Interior, molduras | Aplicación con paño, bajo contenido de sólidos, poco grado de amarillamiento, poco olor | Muy fácil de aplicar, secado rápido, perfecto para superficies en lo alto como techos, no requiere el uso de cinta protectora para pintar o limpieza | Requiere muchas capas |

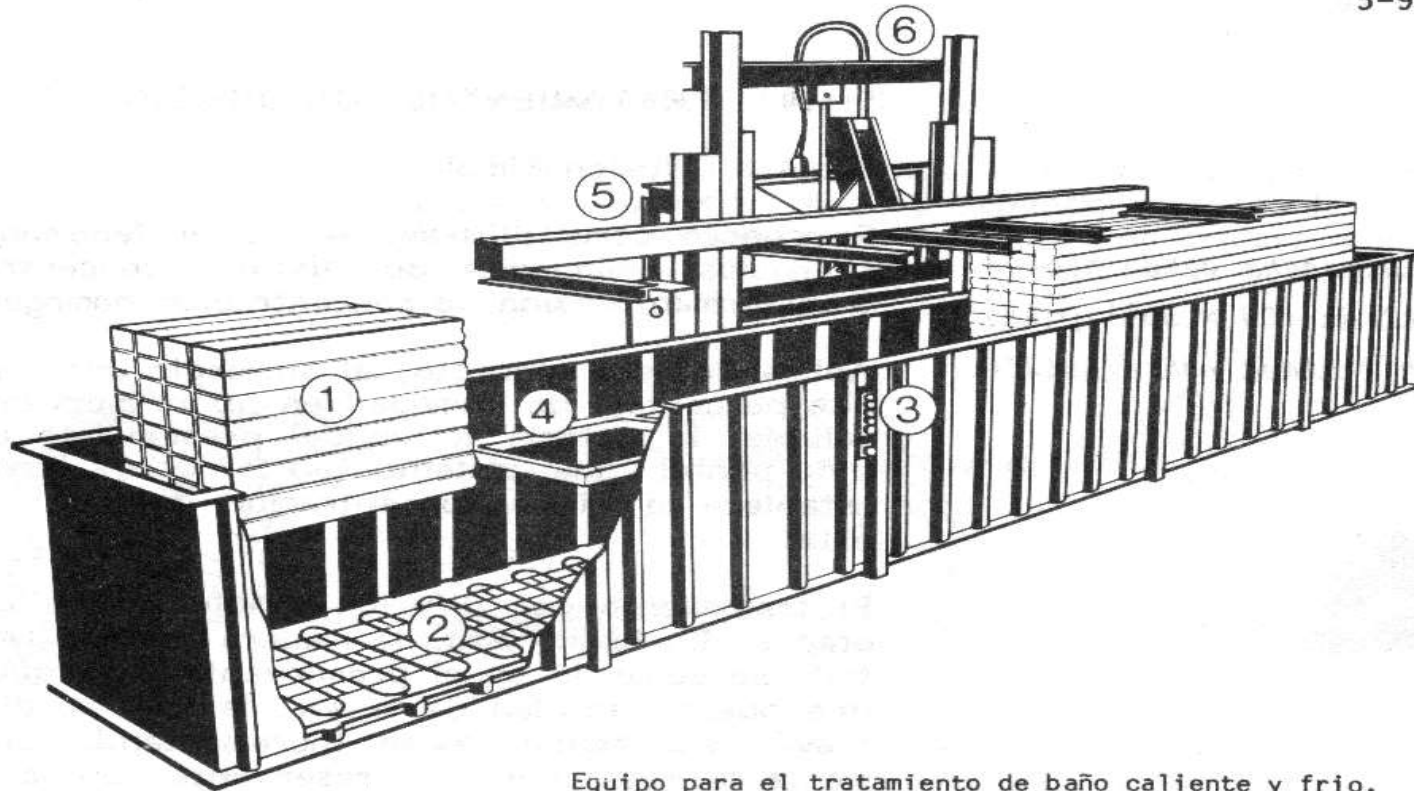


Inmersión



Baño caliente y frío

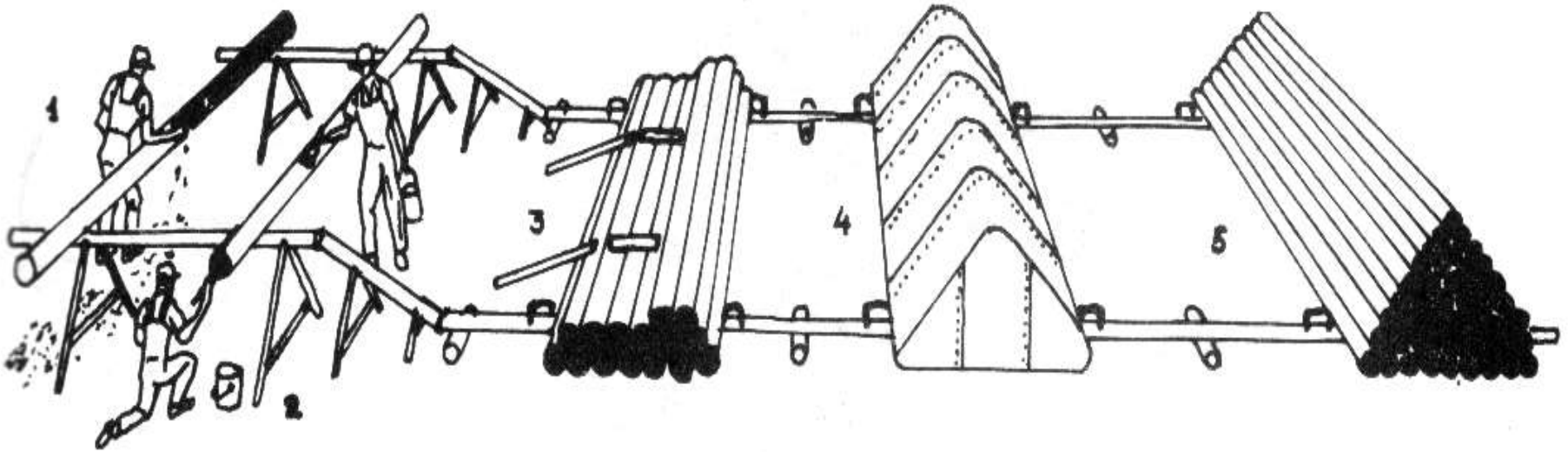
5-9



Equipo para el tratamiento de baño caliente y frío.

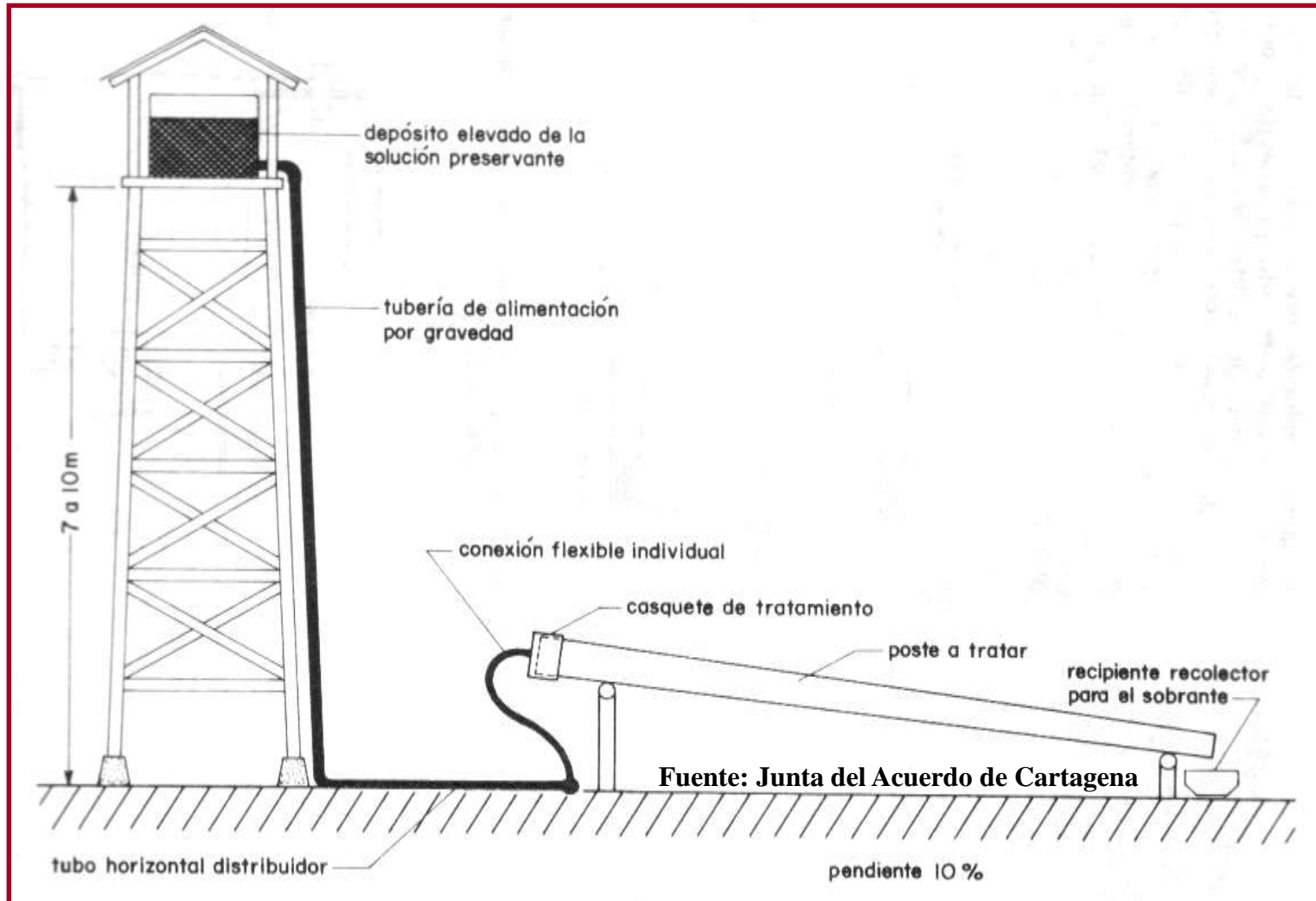
- 1) Paquete de madera a tratar.
- 2) Sistema de calefacción indirecta.
- 3) Recipiente de inmersión.
- 4) Dispositivo receptor de la madera.
- 5) Dispositivo para sumergir.
- 6) Mecanismos elevador hidráulico.

Inmersión-difusión (CH > 30%)



- Fig. 5.7 Tratamiento por difusión:
- 1) Descortezado de madera húmeda recién cortada.
 - 2) Aplicación del preservante con brocha.
 - 3) Apilado de la madera tratada.
 - 4) Atmósfera saturada de humedad bajo lonas impermeables.
 - 5) Secado de la madera tratada (Fuente: KOLLMAN).

Boucherie



Tratamientos con presión

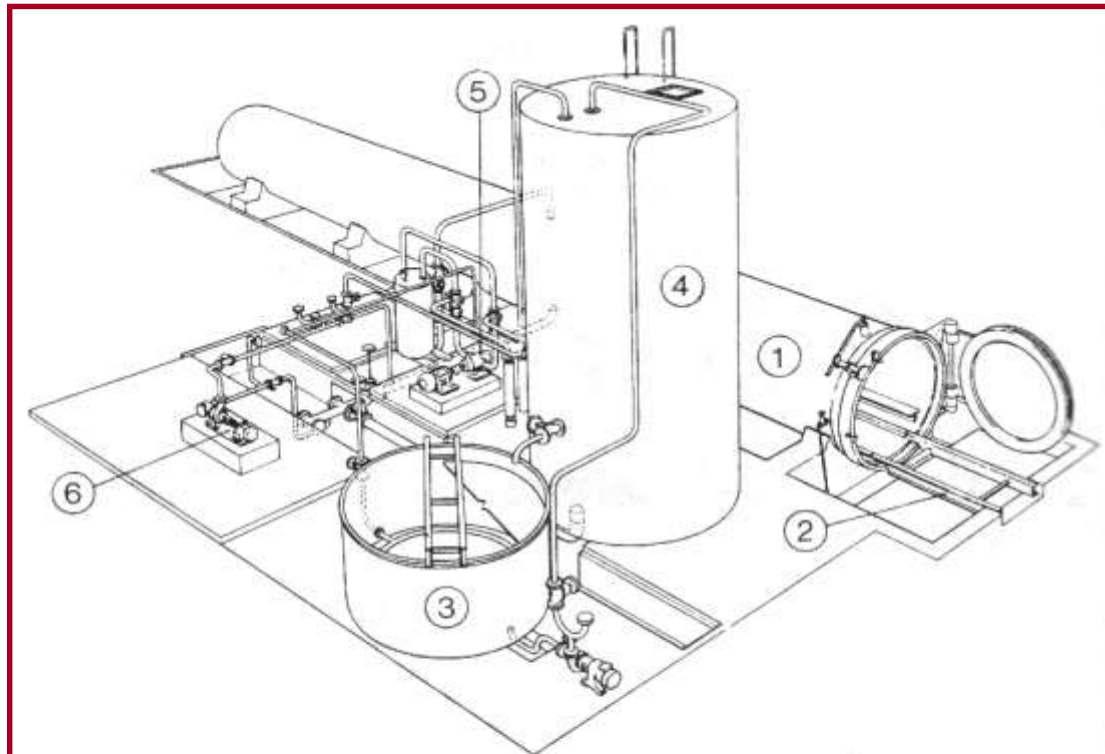


Fig. 5.8 Equipo principal para la preservación con el proceso con vacío y presión.

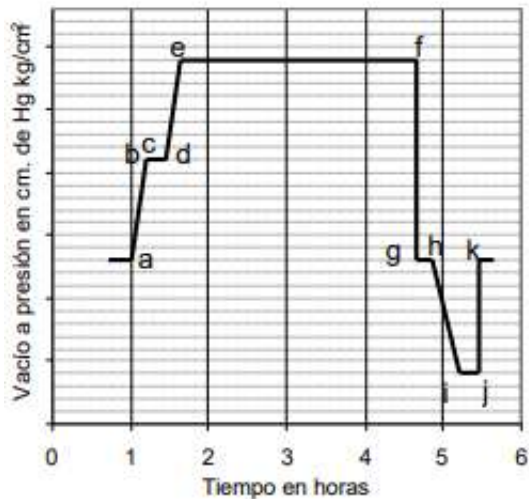
- 1) Autoclave con puerta de cierre rápido.
- 2) Rieles para el carro transportador.
- 3) Tanque de mezcla.
- 4) Tanque de almacenamiento.
- 5) Bomba de vacío.
- 6) Bomba de presión.

Planta de preservación para sistemas por vacío-presión



Tratamientos con presión

Fig. 17: Proceso RUEPING.



- a-b : Presión preliminar de aire.
- b-d : Llenado del autoclave.
- d-e-f : Presión de tratamiento.
- f-g : Restablecimiento de la presión atmosférica.
- g-k : Vacío final, fin del proceso.

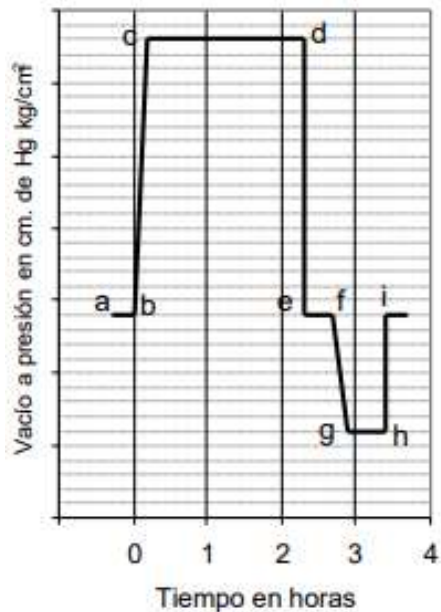


Fig. 18: Proceso Lowry

- a-b: Llenado del Autoclave con el preservante.
- b-d: Presión de tratamiento.
- d-e: Restablecimiento de la presión atmosférica.
- e-i : Vacío final y fin del proceso.

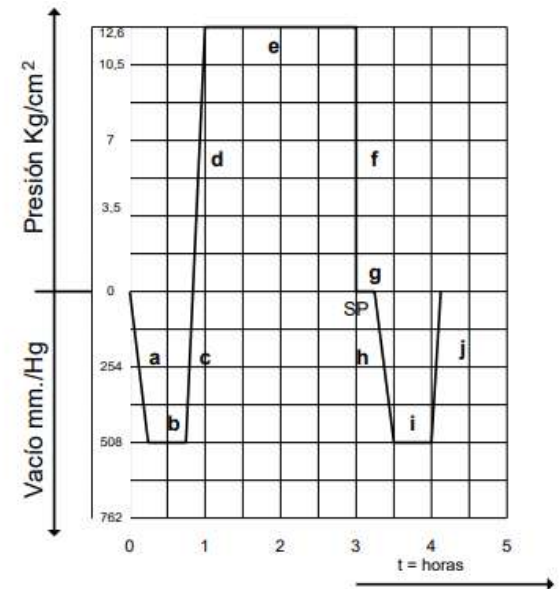


Fig. 16: Proceso Bethell

PRESERVANTES PARA MADERA

Creosotas

- **Creosota ordinaria**
(destilado de alquitrán, varios compuestos, no conduce electricidad y no es corrosivo, problemas para acabado).
- **Creosota líquida**
(se le extraen componentes que cristalizan, aceite líquido, menos volátil y tóxica que la ordinaria).
- **Mezclas de Creosota**
(mezcla de creosota con petróleo y pentaclorofenol).

Productos orgánicos

- **Naftenanos**
(subproductos del petróleo, que se mezclan con cobre y zinc).
- **Pentaclorofenol**
(cloro + fenol, muy tóxico)
- **Pentaclorofenato de sodio**
- **Óxido Tributil Estañoso**
(altamente fungicida e insecticida, afinidad con la madera)
- **Quinolinolato 8 de Cobre**
(ideal para hongos de pudrición, se fija muy bien en la madera).

Productos inorgánicos

- **Sales múltiples**
(As-Cu-NH₃)
(Cu-Cr-As)
(Cu-Cr-B)
- **Compuestos de boro**
(eran retardantes del fuego, debe usarse solo en interiores, corrosivo, inocuos para el hombre).
- **Otros hidrosolubles**
(sales de Cu-Cr-F ó P;
Cr-Zn-Cl y Cr-As-Fenol).

Inmersión difusión-Costa Rica

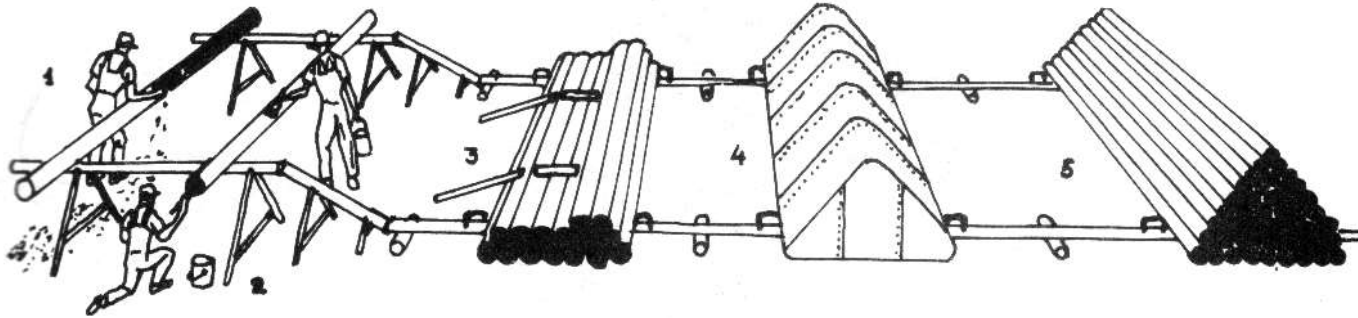
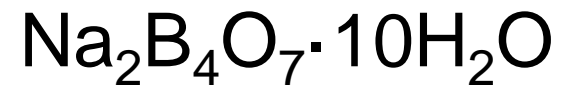


Fig. 5.7 Tratamiento por difusión:
1) Descortezado de madera húmeda recién cortada.
2) Aplicación del preservante con brocha.
3) Apilado de la madera tratada.
4) Atmósfera saturada de humedad bajo lonas impermeables.
5) Secado de la madera tratada (Fuente: KOLLMAN).

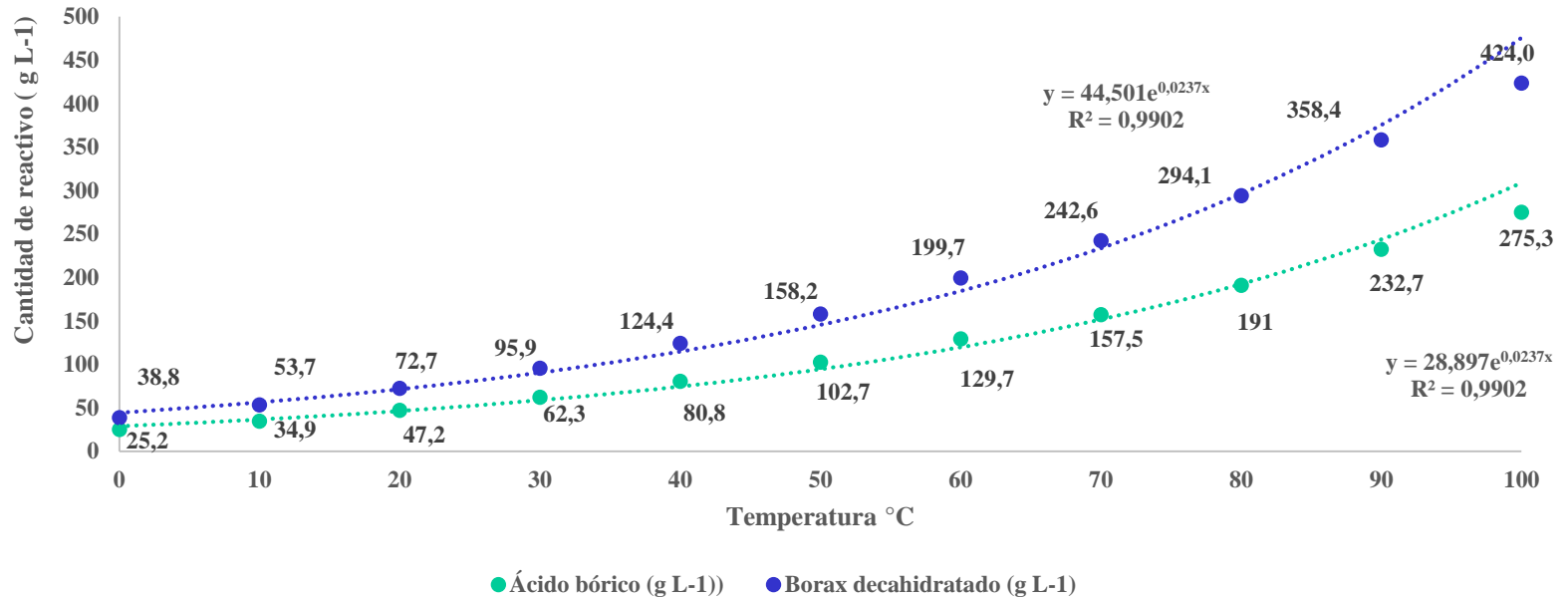


Solución preservante

- Su uso data de hace más de 70 años.
- Sales hidrosolubles.
- Ácido bórico y borato de sodio.



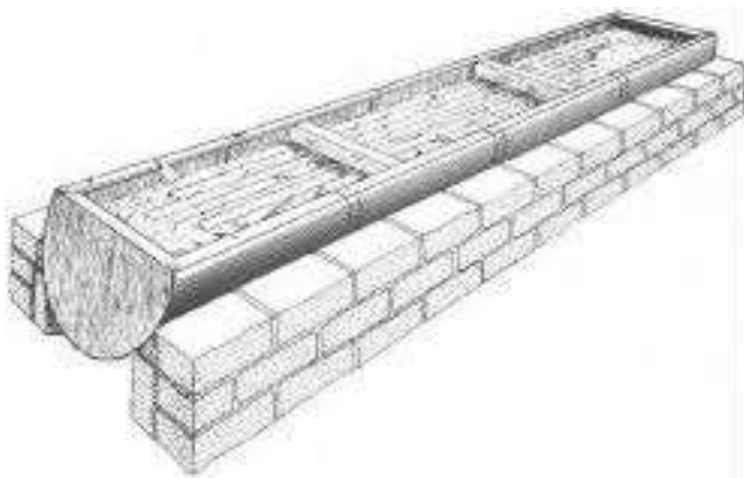
- Protección para madera en interiores.
- Contra hongos e insectos.
- Retardante del fuego.



| Temperatura (°C) | Ácido bórico (ABE) | Bórax decahidratado (ABE) | ABE Total | ABE %(p/V) |
|------------------|--------------------|---------------------------|-----------|------------|
| 0 | 25,2 | 25,2 | 50,4 | 5,0 |
| 10 | 34,9 | 34,9 | 69,8 | 7,0 |
| 20 | 47,2 | 47,2 | 94,4 | 9,4 |
| 30 | 62,3 | 62,3 | 124,6 | 12,5 |
| 40 | 80,8 | 80,8 | 161,6 | 16,2 |
| 50 | 102,7 | 102,7 | 205,4 | 20,5 |
| 60 | 129,7 | 129,7 | 259,4 | 25,9 |
| 70 | 157,5 | 157,5 | 315,0 | 31,5 |
| 80 | 191,0 | 191,0 | 382,0 | 38,2 |
| 90 | 232,7 | 232,7 | 465,4 | 46,5 |
| 100 | 275,3 | 275,3 | 550,6 | 55,1 |

Costos

| Proceso | Tipo de costo | Costo | | Porcentaje del costo |
|----------------------------------------|---------------|-------------------|--------------------|----------------------|
| | | ¢ m ⁻³ | \$ m ⁻³ | |
| Preservación Inmersión- Difusión | Inversión | 51,95 | 0.10 | 0.44 |
| | Material | 8061.87 | 15.50 | 68.14 |
| | Mano de obra | 3717 | 7.15 | 31.42 |
| | Total | 11830.82 | 22.75 | 100 |



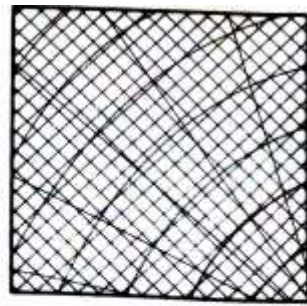
Evaluación



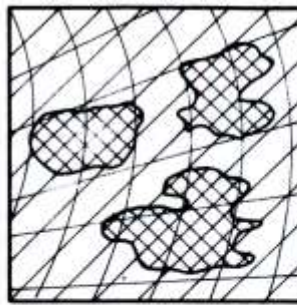
- 10 g de cúrcuma.
- 100 mL de etanol (95%).

- 20 mL de ácido clorhídrico (34%).
- 6 g de ácido salicílico.
- 100 mL de etanol (95%).

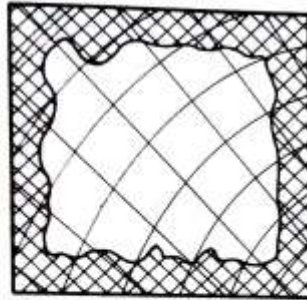




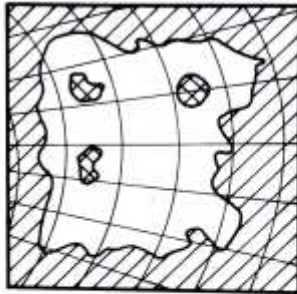
1. Total regular: Cuando toda la sección está penetrada con concentración uniforme.



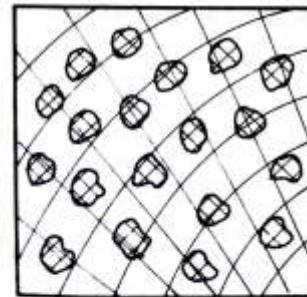
2. Total irregular: Cuando existen lagunas muy pequeñas en la zona penetrada con zonas de mayor concentración.



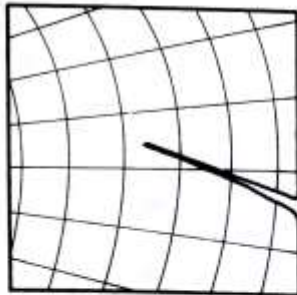
3. parcial regular: Cuando la zona penetrada es periférica y más o menos uniforme.



4. Parcial irregular: Cuando existen lagunas o la penetración es difusa y la zona no rige en patrón fijo.



5. Parcial vascular: Cuando la penetración se realiza siguiendo los elementos de conducción (penetración longitudinal).



6. Penetración nula: Cuando no hay penetración significativa en la zona examinada

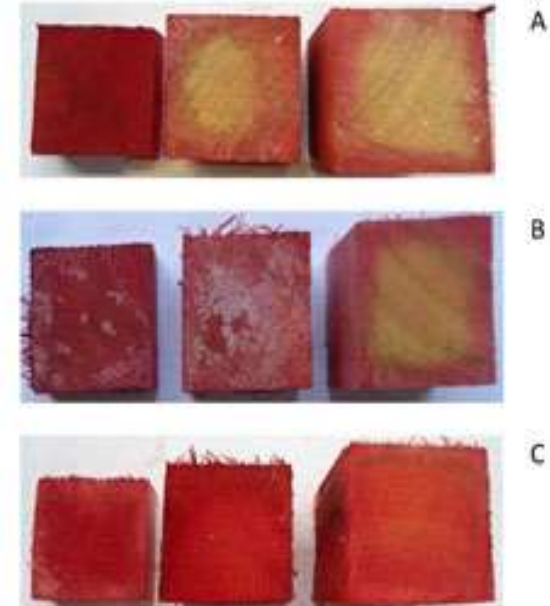
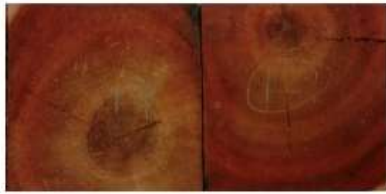


Figura 3. De izquierda a derecha, secciones de *E. urophylla* al 10, 20 y 50 %
A. Condición seca, B. Condición húmeda y C. Condición verde

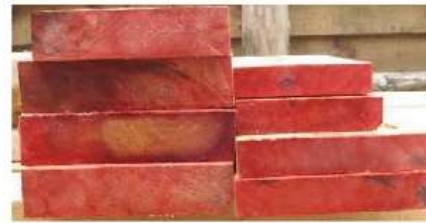
<https://go.galegroup.com/ps/anonymous?id=GALE%7CA553115417&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=fulltext&issn=05566606&p=IFME&sw=w>

a) *Acacia mangium*



b) *Alnus acuminata*

c) *Bonbacopsis quinata*



d) *Cordia alliodora*



c) *Cupressus lusitanica*

l) *Dipteryx panamensis*

g) *Enterolobium cyclocarpum*

h) *Gmelina arborea*



i) *Hieronyma alchornoides*

j) *Samanea saman*

k) *Swietenia macrophylla*

l) *Tectona grandis*



l) *Terminalia amazonica*

m) *Terminalia oblonga*

n) *Vochysia ferruginea*

o) *Vochysia guatemalensis*

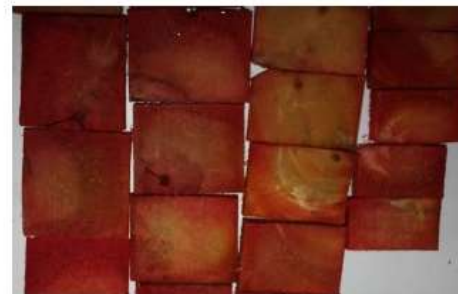




Figura 3. Secuencia de penetración de un preservante a base de sales inorgánicas de boro en madera seca de melina (CH: 26,6%).

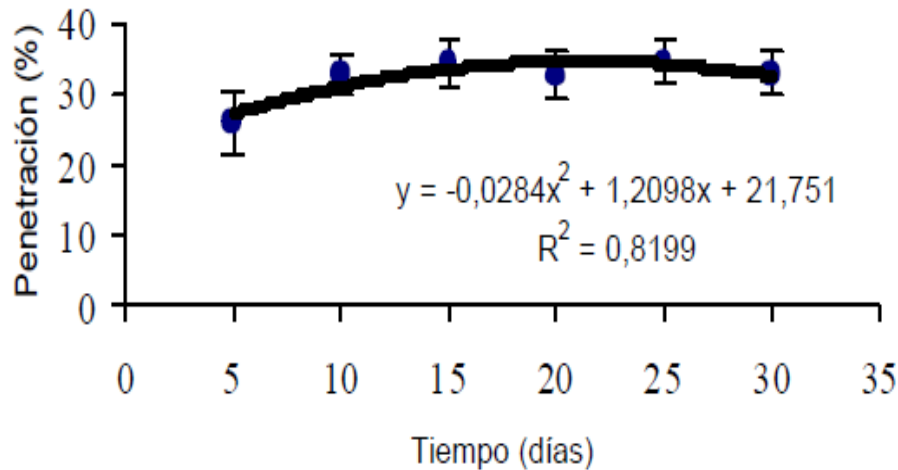


Figura 4. Curva de penetración a través del tiempo de un preservante a base de sales inorgánicas de boro en la madera seca de melina (CH: 26,6%).

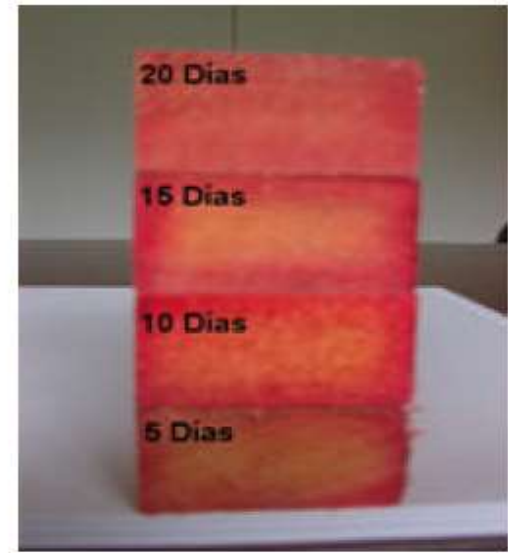


Figura 5. Secuencia de penetración de un preservante a base de sales inorgánicas de boro en madera húmeda de melina (CH: 130,4%).

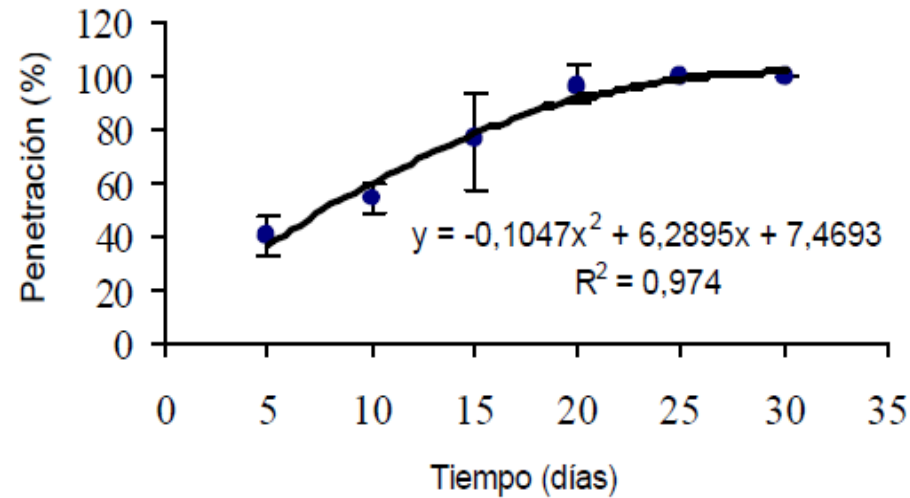


Figura 6. Curva de penetración a través del tiempo de un preservante a base de sales inorgánicas de boro en la madera húmeda de melina (CH: 130,4%).



Figura 8. Secuencia de penetración de un preservante a base de sales orgánicas de boro en la madera seca de melina (CH: 26,6%).

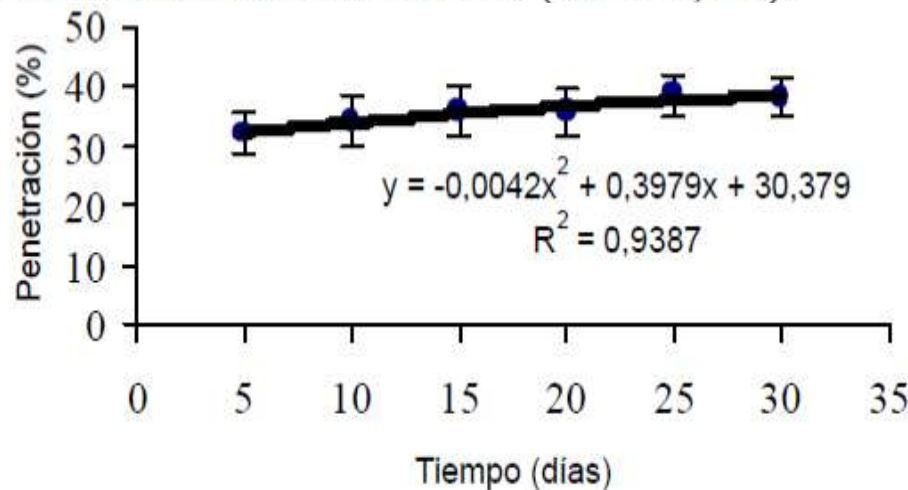


Figura 9. Curva de penetración a través del tiempo de un preservante a base de sales orgánicas de boro en la madera seca de melina (CH: 26,6%).



Figura 10. Secuencia de penetración de un preservante a base de sales orgánicas de boro en la madera seca de melina (CH: 130,4%).

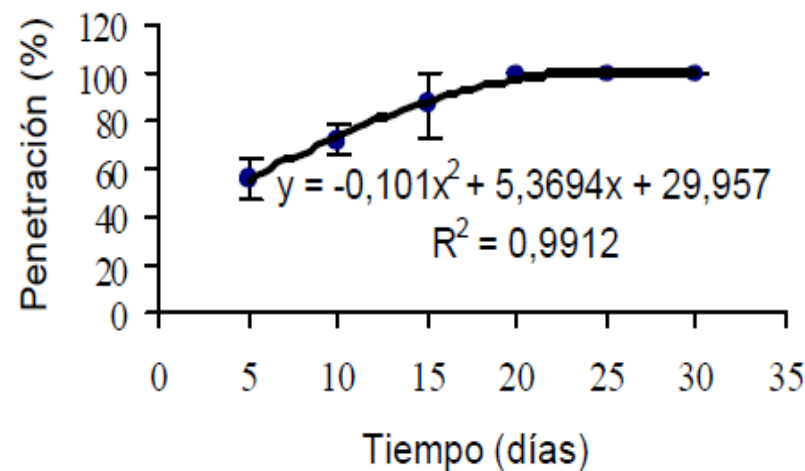


Figura 11. Curva de penetración a través del tiempo de un preservante a base de sales inorgánicas de boro en la madera húmeda de melina (CH: 130,4%).

Presión-Costa Rica

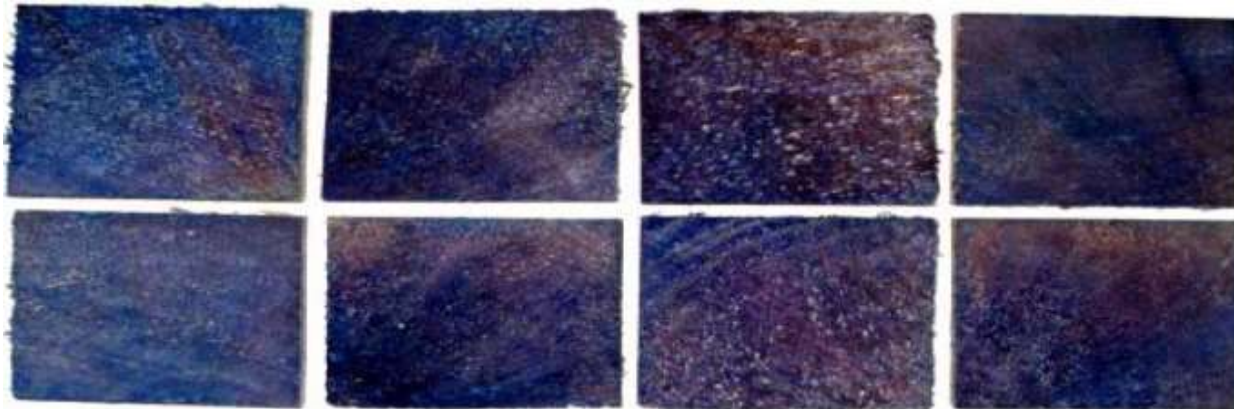
- Mayoreo del Istmo S.A.
- Grupo Xilo.
- Inversiones Ecomaderas del Sur S.A.

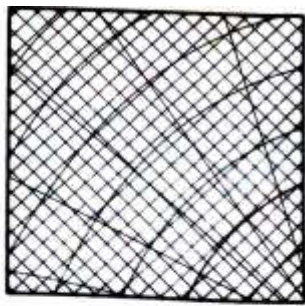


Evaluación

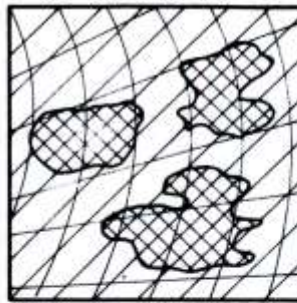


- 0,5 g de cromo azurol S.
- 5 g acetato de sodio.
- 80 mL de agua destilada.

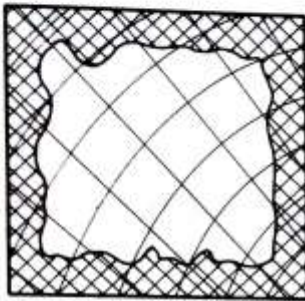




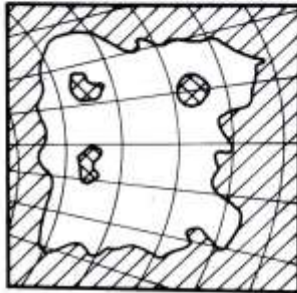
1. Total regular: Cuando toda la sección está penetrada con concentración uniforme.



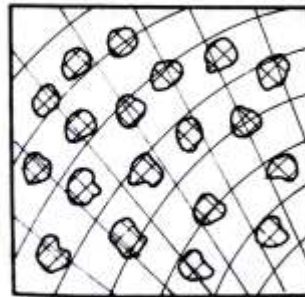
2. Total irregular: Cuando existen lagunas muy pequeñas en la zona penetrada con zonas de mayor concentración.



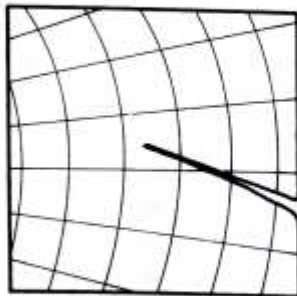
3. parcial regular: Cuando la zona penetrada es periférica y más o menos uniforme.



4. Parcial irregular: Cuando existen lagunas o la penetración es difusa y la zona no rige en patrón fijo.



5. Parcial vascular: Cuando la penetración se realiza siguiendo los elementos de conducción (penetración longitudinal).



6. Penetración nula: Cuando no hay penetración significativa en la zona examinada

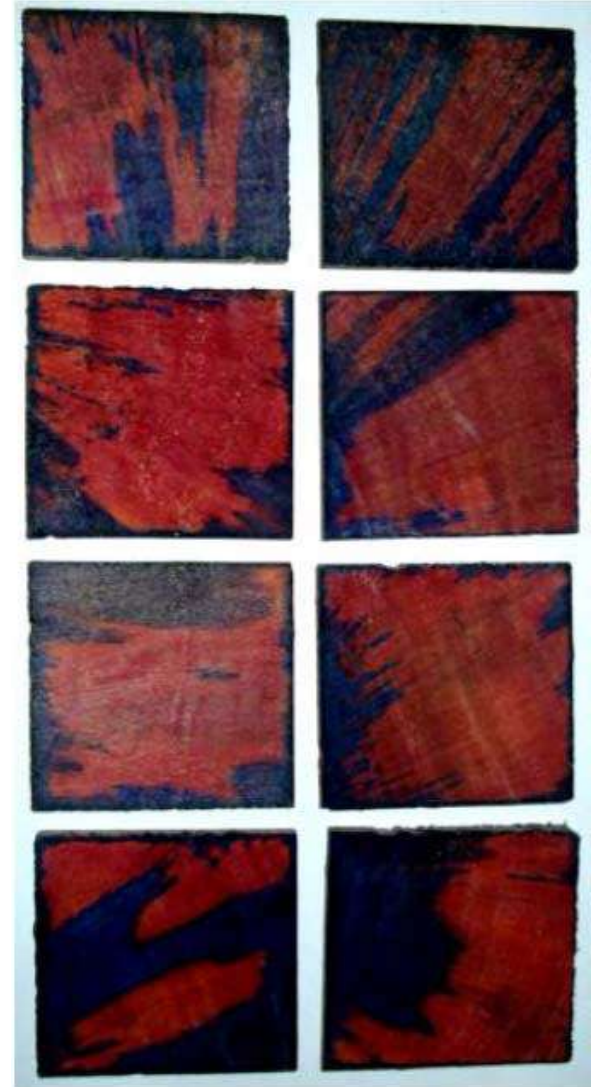


Fig. 3.13 Tipos de penetración en la madera tratada.

a) *Acacia mangium*



b) *Alnus acuminata*



c) *Bombacopsis quinata*



d) *Cordia alliodora*



e) *Cupressus lusitanica*



f) *Dipteryx panamensis*



g) *Enterolobium cyclocarpum*



h) *Gmelina arborea*



i) *Hieronyma alchornoides*



j) *Samanea saman*



k) *Swietenia macrophylla*



l) *Tectona grandis*



l) *Terminalia amazonica*



m) *Terminalia oblonga*



n) *Vochysia ferruginea*

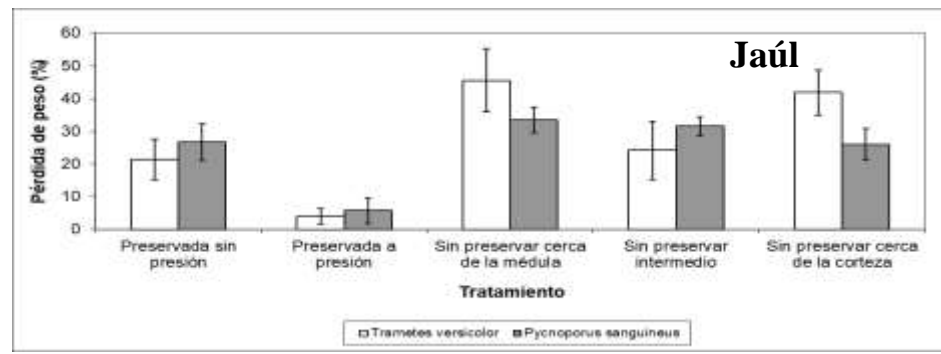
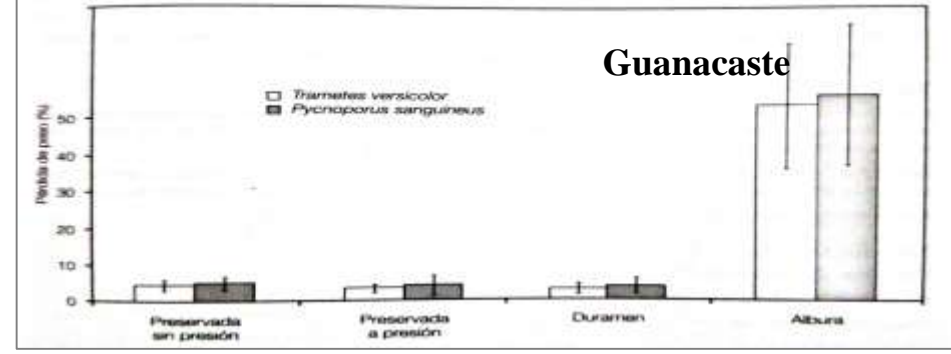
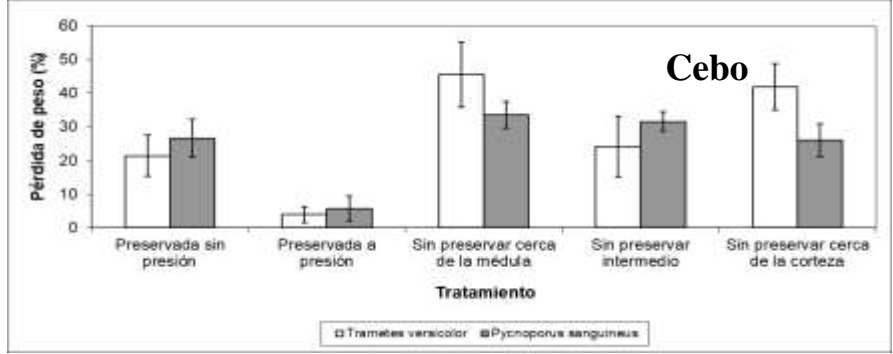
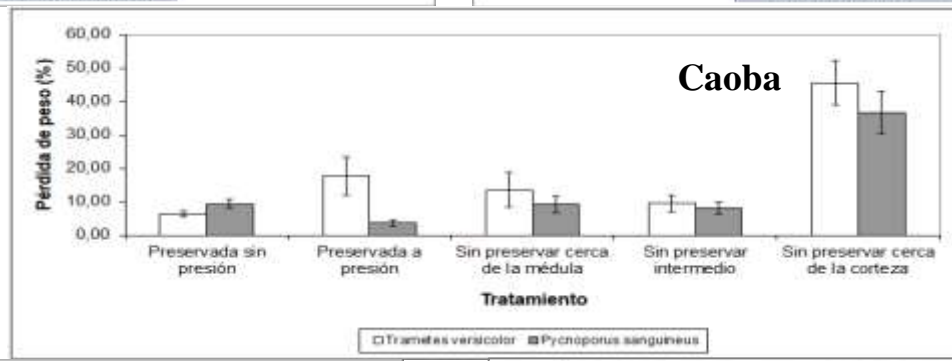
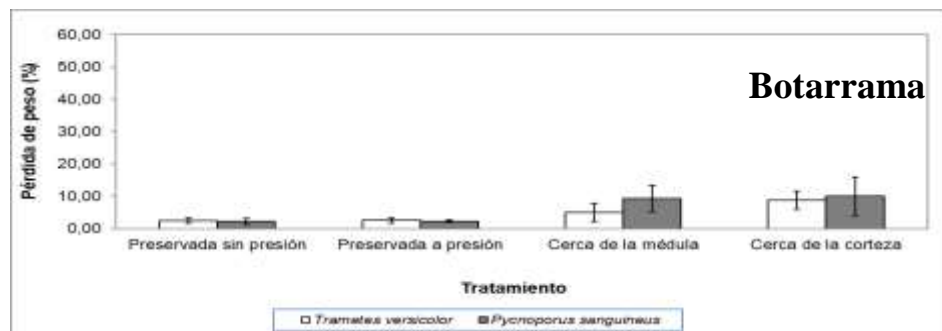
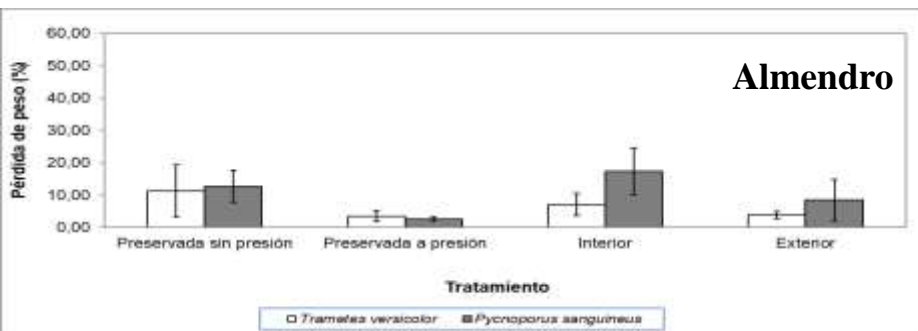


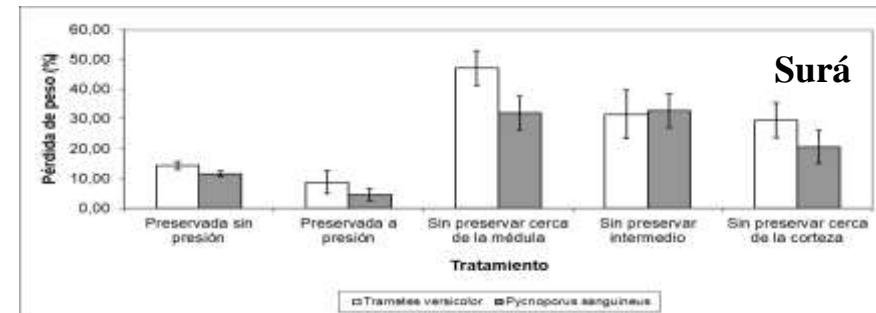
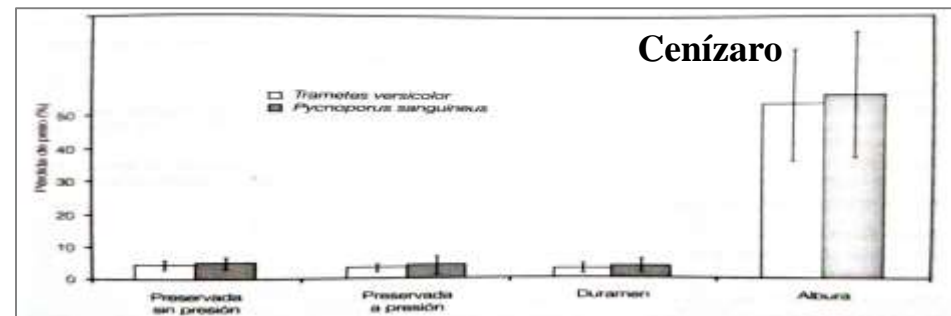
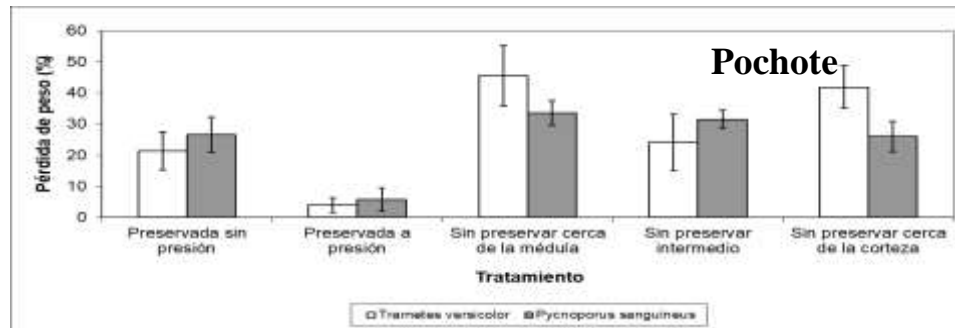
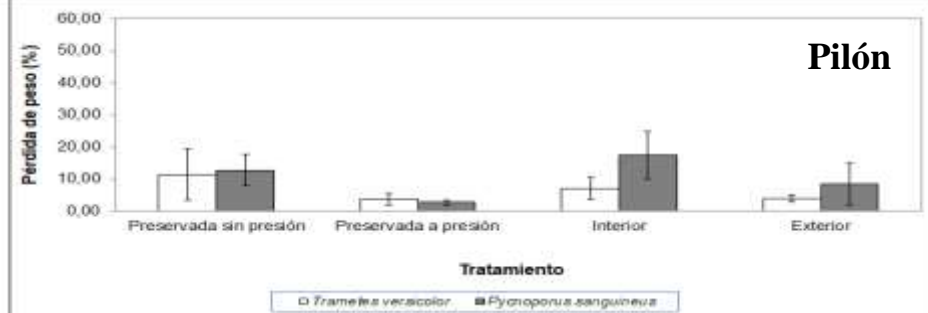
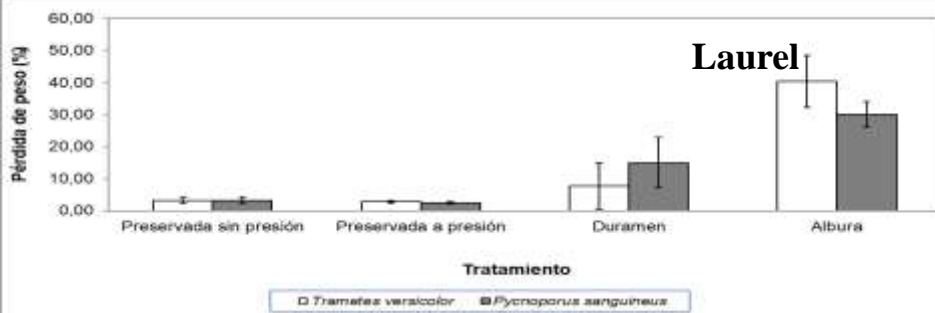
o) *Vochysia guatemalensis*



| Tipo | | <i>A. m</i> | <i>A. a</i> | <i>P. f</i> | <i>C. a</i> | <i>C. l</i> | <i>D. p</i> | <i>E. c</i> | <i>G. a</i> |
|-------------------------------------|-------------|--------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Difusión | | | | | | | | | |
| P-albura | | Irregular | Irregular | Permeable | Permeable | Permeable | Permeable | Permeable | Permeable |
| P-duramen | | Irregular | Irregular | Permeable | Permeable | Impermeable | Permeable | Permeable | Permeable |
| Espesor | (cm) | Cantidad de días para 100% de penetración | | | | | | | |
| | 1,2 | 17 | - | | 38 | 50 | 7 | 10 | 10 |
| | 2,5 | 21 | 18 | 21 | 38 | 55 | 25 | 23 | 25 |
| | 3,8 | 25 | 21 | 25 | 46 | 70 | 25 | 36 | 50 |
| | 5,0 | 28 | 25 | 28 | 46 | 85 | 25 | 44 | 75 |
| | 6,2 | 31 | 28 | - | 46 | 100 | 25 | 44 | 75 |
| | 7,5 | 39 | - | - | 46 | 120 | 25 | 44 | 106 |
| Presión | | | | | | | | | |
| P-albura | | Parcial | Parcial | Permeable | Irregular | Irregular | Irregular | Irregular | Permeable |
| P-duramen | | Impermeable | Impermeable | Impermeable | Impermeable | Impermeable | Impermeable | Impermeable | Impermeable |
| Absorción (l m⁻³) | | 386 | 119 | 198 | 360 | 103 | 120 | 242 | 185 |

| Tipo | | <i>H. a</i> | <i>S. s</i> | <i>S. m</i> | <i>T. g</i> | <i>T. a</i> | <i>T. o</i> | <i>V. f</i> | <i>V. g</i> |
|-------------------------------------|-------------|--------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Difusión | | | | | | | | | |
| P-albura | | Permeable | Permeable | Permeable | Permeable | Permeable | Baja | Permeable | Permeable |
| P-duramen | | Permeable | Permeable | Permeable | Permeable | Permeable | Baja | Irregular | Permeable |
| Espesor | (cm) | Cantidad de días para 100% de penetración | | | | | | | |
| | 1,2 | 4 | 21 | 16 | - | <5 | 15 | 16 | 3 |
| | 2,5 | 4 | 21 | 22 | 15 | <5 | 15 | 35 | 4 |
| | 3,8 | 4 | 21 | 28 | 20 | <5 | 15 | 78 | 5 |
| | 5,0 | 4 | 21 | 32 | 30 | <5 | 15 | 92 | 6 |
| | 6,2 | 4 | 21 | 37 | - | <5 | 15 | 113 | 7 |
| | 7,5 | 4 | 21 | 40 | - | <5 | 15 | 120 | 8 |
| Presión | | | | | | | | | |
| P-albura | | Irregular | Irregular | Irregular | Permeable | Permeable | Permeable | Irregular | Permeable |
| P-duramen | | Impermeable | Impermeable | Irregular | Impermeable | Impermeable | Impermeable | Impermeable | Impermeable |
| Absorción (l m⁻³) | | 143 | 115 | 240 | 293 | 216 | 215 | 84 | 483 |





INTE C345:2019

Preservación de madera.

Clasificación según uso y riesgo en servicio.

Esta norma establece las condiciones de servicio para categorías de riesgo de uso de la madera, los requisitos de penetración y retención del preservante, de acuerdo a su uso, riesgos en servicio y criterios de muestreo.

Tabla 1. Condiciones de servicio para categorías de riesgo

| Categorías de riesgo | Condiciones de servicio | Ambiente de uso | Agentes comunes de deterioro | Aplicaciones comunes |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CR1 INTERIOR/ SECO | Construcción interna Sobre el suelo, seco | Protegida continuamente del ambiente u otra fuente de humedad | Únicamente insectos | Construcción interna y mueblería |
| CR2 INTERIOR/ HÚMEDO | Construcción interna Sobre el suelo, ocasionalmente húmedo | Protegida del ambiente, pero puede estar sujeta a humedad ocasionalmente | Hongos de descomposición e insectos | Construcción interna |
| CR3 SIN CONTACTO CON EL SUELO | Construcción externa sin cubierta Con o sin recubrimiento | Expuesta a todos los ciclos climáticos, incluido el humedecimiento frecuente | Hongos de descomposición e insectos | Carpintería revestida o sin recubrir, molduras, terrazas (decks), barandas, vigas, viguetas y columnas para terrazas y muelles de agua dulce y tablas para cercas. |
| CR4 EN CONTACTO CON EL SUELO | Contacto con el suelo o agua dulce | Expuesta a todos los ciclos climáticos, incluido el humedecimiento continuo o prolongado, elevado potencial de deterioro incluye salpique de agua salada | Hongos de descomposición e insectos con alto potencial por biodeterioro | Cercas de madera aserrada, postes de barandas Cimientos permanentes de madera, postes aserrados para horticultura, postes para construcción, pilotes redondos o aserrados para fundación de muelles en agua dulce, traviesas y postes de servicios públicos y traviesas |
| CR5 USO MARINO | Agua salada o salobres y las zonas pantanosas adyacentes | Expuesta continuamente al agua salada (marina) | Organismos de agua salada Incluyendo <i>Martesia</i> , <i>Sphaeroma</i> , <i>Limnoria</i> <i>tripunctata</i> | Pilotes para muelle, tablaestacado, tensores de muelle |

Tabla 2. Requisitos de retención mínima por tipo de preservante y de acuerdo a la categoría de riesgo (CR)

| # | Nombre del preservante | Código | Retención mínima Kg/m ³ | | | | |
|---|------------------------------------------|--------------------|---------------------------------------|-----|-----|-----|----------|
| | | | CR1 | CR2 | CR3 | CR4 | CR5 |
| 1 | Arseniato de cobre cromatado | CCA-C ¹ | 4,0 | 4,0 | 6,4 | 9,6 | 40 |
| 2 | Arseniato de cobre y zinc amoniacado | ACZA | 4,0 | 4,0 | 6,4 | 9,6 | 40 |
| 3 | Boratos (B ₂ O ₃) | SBX (DOT) | 4,5 | 4,5 | NR | NR | NR |
| 4 | Cobre azole micronizado | MCA | 1,0 | 2,4 | 5,0 | 5,0 | NR |
| 5 | Creosota | Creosota | NR | NR | 128 | 256 | 400 |
| 6 | Creosota + CCA | Dual | NR | NR | NR | NR | 320 + 20 |
| 7 | Naftenato de cobre (Cu) | CuN | 0,6 | 0,6 | 1,2 | 1,2 | NR |

Nota.

NR= No recomendado

¹El uso del CCA-C está restringido según la reglamentación nacional vigente (Ver el "Reglamento para el registro, importación y etiquetado de preservantes de uso industrial para el tratamiento de maderas" vigente).

Nota. Los preservantes enumerados en la tabla 2 son de uso común a nivel mundial, sin embargo éstos pueden ampliarse a solicitud del usuario de esta Norma.

- La penetración debe ser total en la albura, la porción de duramen presente en la pieza no debe ser mayor del 15 % del volumen de esta, en especies con un duramen de baja durabilidad y poco permeable.
- En caso de duramen expuesto en madera aserrada, la penetración debe ser al menos de 3 mm. En el caso de postes de electrificación, telefónicos y similares, la penetración debe ser albura completa y al menos 25 mm medido desde la superficie perpendicular a las fibras.
- Los postes para cerca, construcción de vivienda, barbacoas y similares debe tener una penetración de al menos 25 mm con albura completa.

INTE C397:2020

Madera - Preservación - Medición de la penetración de preservantes en la madera.

Esta norma establece los métodos para medir la profundidad de penetración de los preservantes en la madera.

INTE C396:2020 CP

Métodos de ensayo para determinar la retención de preservantes en madera y el contenido de componentes activos en los preservantes.

Esta norma establece los métodos para determinar la retención de preservantes en madera tratada y de los componentes activos en los preservantes.

¡Gracias por su atención!

