

## **Seminario** **Impregnación de Pino Radiata en Chile.**

Organizado por la investigación “**La Ulexita y sus derivados como alternativa al CCA para la impregnación del Pino Radiata**” de la Escuela de Arquitectura de la Universidad Católica y la Fundación Copec-UC.

Santiago, 8 de Enero de 2008

Empresas y profesionales participantes en la investigación:

En Chile:

- **ARAUCO**                      Sr. Enrique Mc-Manus.
- **QUIBORAX**                Sr. Carlos Schuffer.
- **AGROSPEC**                Sr. Jorge Geldes.

En Suecia:

- \* **LINOTECH**                Johan Tarukoski

A continuación hemos hecho un resumen de los puntos tratados por los expositores. <sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Los subrayados han sido puestos por el autor del resumen.

## **Introducción del Decano de la Facultad de Arquitectura José Rosas Vera.**



El Decano destacó el impulso que se está dando en las escuelas de arquitectura por difundir el uso de la madera.

Algunas de sus palabras fueron:

“Por encima de los prejuicios contra el material, se ha hecho, se está haciendo buena arquitectura en madera.

Esta arquitectura en madera se hace, a pesar de los inconvenientes del Pino Radiata, que no podemos negar:

- Persistente desconocimiento del buen diseño constructivo
- Problemas de comportamiento del material: torceduras,
- Problemas de durabilidad del material frente a los ataques de termitas, hongos de pudrición y mancha azul, los rayos ultravioleta, etc.

“Desde el punto de vista del material, a la Facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos de la Universidad Católica le preocupa el futuro de la impregnación de la madera en Chile. La alternativa actual, la impregnación con CCA -viendo lo que está sucediendo en los países desarrollados- no parece tener mucho futuro, especialmente como material para uso al interior de los recintos, lo que hace necesario pensar en alternativas amigables con el medio ambiente.”

“Como ustedes saben, los arquitectos somos los encargados de especificar los materiales en la construcción y quienes trabajaron en

esta investigación (un ingeniero, dos arquitectos y un grupo de ingenieros químicos) les atrajo la idea de ser parte de la propuesta de una nueva solución.”

“La Facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos apoyará estas investigaciones aplicadas, que como decano considero de gran importancia”

## **Presentación de Enrique Mc-Manus, Jefe de desarrollo Empresas Arauco, Chile.**

### **“Perspectivas del mercado de la madera impregnada”**

Los puntos tratados fueron:

- 1. La Industria de la Preservación de Maderas
- 2. Productos tradicionales
- 3. Otros preservantes y productos
- 4. Costos de los tratamientos
- 5. Perspectivas del mercado.

#### **1. La Industria de la Preservación de Maderas**

##### a) Características

- Se caracteriza por una gran orientación al uso de CCA
- Existen cerca de 140 plantas, de impregnación.
- Los principales productos tradicionales son:
  - Maderas aserradas para la construcción
  - Madera para usos agroindustriales
  - Postes.
- Con excepción de los postes, se venden en el mercado nacional.
- El mercado valora la certificación de calidad

##### b) Tipos de plantas de tratamiento:

- Plantas orientadas a la producción de polines para la agricultura
- Aserraderos pequeños y medianos con una planta impregnadora.
- Plantas impregnadoras, con unidad de reprocesamiento (cepilladora, moldurera, sierras)
- Plantas orientadas a los postes.

##### c) Tipos de impregnación aparte del CCA:

Procesos que normalmente son solicitados por los productos que fabrican y/o exportan dichas plantas:

- \* Creosota
- \* LOSP
- \* Boro-silicato
- \* DOT

## **2. Productos tradicionales**

- Madera de pino radiata, verde, tratada con CCA y dimensionada para construcción.
- Producción: En 2005, 153 mil m<sup>3</sup> (dato de Infor, 2006)
- El 75% de las ventas son directas de las plantas al cliente.
- En un menor porcentaje: maderas elaboradas y revestimientos impregnados
- Usos: estructuras y revestimientos de viviendas
- Polines de pino radiata (de raleos y rodetes del terciado), tratados con CCA. También el 75% de las ventas son directas
- Postes de pino radiata tratados con CCA. Para exportación, mayormente.

## **3. Otros preservantes y productos**

### Licor BS – Boro-silicato

- Preservante desarrollado por la Universidad de Concepción.
- Otorga resistencia a insectos, hongos y al fuego, sin cambiar el color
- Mejora las propiedades mecánicas y da mayor estabilidad dimensional.

### LOSP (Light Organic Solvent Preservatives)

- Disueltos en un solvente orgánico, a través de doble vacío
- Componentes activos: azoles orgánicos, permetrinas, tributil estaño.
- Se tratan principalmente productos terminados y madera para construcción.
- Es un proceso que no moja la madera, ni requiere de un secado posterior al tratamiento
- Mejora la resistencia frente a la humedad, insectos y hongos.

### Otros preservantes

- DOT (Boro)
- CA (Cobre azole)

## **3. Costos de los tratamientos.**

Se analizó comparativamente los costos de las alternativas antes expuestas.



---

Foto tomada durante la etapa de comentarios de la presentación de Enrique Mc Manus

## **5. Perspectivas del mercado**

En este punto, el expositor se plateó una serie de preguntas que fueron de gran utilidad para motivar la participación del público.

### **1. ¿Se restringirá el uso del CCA en Chile?**

- El CCA está prohibido para madera de construcción en Europa y Japón. En Estados Unidos está restringido su uso para madera de construcción, en una decisión voluntaria de la industria. Se permite en Australia y Nueva Zelanda – donde existen además otras alternativas de impregnación- y Latinoamérica.
- Hay un movimiento mundial hacia la prohibición del uso de arsénico y metales, como el cromo.
- Hoy no se puede secar en cámara madera tratada con CCA en Chile.
- El tratamiento con CCA sigue siendo la opción más efectiva y barata.

### **2. ¿Seguirá siendo requisito usar madera impregnada en la construcción?**

- La Ordenanza General de Urbanismo y Construcción, difícilmente va a cambiar en lo relativo a temas relativos a la termita subterránea.

- Las consideraciones ambientales pueden en el futuro hacer cambiar los requerimientos en relación al tipo de impregnación.

4. ¿Aumentarán las exportaciones de productos tratados? (LOSP, Boro, Creosota, ACQ, CA, etc)

Los mercados principales para las exportaciones son: Latinoamérica, USA, Australia y Asia.

- Es posible que siga diversificándose la oferta, en la búsqueda de nichos comerciales.
- La ventaja que tiene el Pino radiata es su facilidad de impregnación, lo que permite pensar que aumentarán las experiencias con otros impregnantes, si el mercado lo solicita.

### **Conclusiones**

- La clave, que determinará el futuro del mercado, será si se seguirá permitiendo o se restringe el uso del CCA
  - La demanda internacional de postes impregnados afecta significativamente al negocio.
  - Lo anterior es aplicable a otros productos de madera, ya que hay un creciente desarrollo de nichos de productos de exportación tratados con preservantes alternativos al CCA.
  - No se esperan cambios significativos en la demanda de madera impregnada en la construcción.
  - El desafío es: desarrollar preservantes amigables con el medio ambiente, a costos competitivos
-

**Presentación de Jorge Geldes González**  
**División Agroquímicos y Preservantes de Madera. Empresa**  
**Agrospec S.A.**

**“Futuro de la Impregnación del Pino Radiata en Chile  
Normativa y nuevos Productos”**

Los puntos tratados fueron:

1. Agentes que atacan la madera.
2. ¿Por qué impregnar?
3. Cómo se regulan los preservantes usados en Chile.
4. Preservantes usados en Chile.
5. Recomendaciones Generales frente a la madera impregnada.
6. Control de calidad

**1. Agentes Que Atacan La Madera**

Toda La Madera en uso esta expuesta a la acción del medio ambiente, fuego, hongos (Putridión o manchas), insectos, moluscos o crustáceos

Causas Biológicas

Hongos Xilofagos .....Putridiones  
Hongos Cromógenos.....Manchas  
Mohos  
Insectos Xilofagos.....Termitas - Coleópteros  
Perforadores Marinos

Causas No Biológicas

Fuego  
Desgaste mecánico  
Acción climática

Hongos

Hongos Xilófagos

Es el grupo más importante y son capaces de desintegrar las paredes de la célula y, por lo tanto cambian las características físicas y químicas de la madera, esto ocasiona la pudrición.

Hongos Cromógenos

Causan coloraciones que pueden clasificarse como defectos y ejercen escasa o nula influencia sobre las propiedades de la madera.



Producen un cambio de color original de la madera, tomando un tono azulado en la albura de maderas de coníferas.

Existen los que originan la mancha grisácea y la mancha amarilla en latifoliadas.

#### Mohos

Apariencia algodonosa en la superficie.

Las condiciones que facilitan el crecimiento de los mohos estimulan el desarrollo de los hongos xilófagos

#### Insectos Xilófagos

El deterioro por insectos xilófagos se produce cuando se hallan en la fase de larva u oruga, horadando la madera para obtener alimento y protección, abriendo galerías o agujeros.

El daño se produce en árboles en pie, en madera verde en trozas o aserrada, en material seco y en la puesta en obra.

#### Termitas

Se alimentan y viven en la madera.

#### Perforadores Marinos

Dañan las partes de madera sumergidas: pilotes, embarcaciones, etc.

## **2. ¿Por qué impregnar?**

La impregnación es la técnica de proteger la madera, mediante la aplicación de preservantes, retardantes de fuego o ambos, contra el deterioro y destrucción.

Requisitos de los preservantes de la madera:

- Toxicidad.
- Penetrabilidad.
- Permanencia en el tiempo.
- Inocuos para el que lo manipula.
- No ser corrosivos para los insertos metálicos de la construcción.
- No ser combustibles (para su aplicación).
- Fácil de aplicar.
- Permitir acabados.
- Económicos y accesibles.

### 3. Cómo se regulan los preservantes en Chile.

El Servicio Agrícola y Ganadero, SAG, a través del Departamento de Plaguicidas y Fertilizantes, regula la fabricación, importación, exportación, distribución, comercio, uso y manejo de estos productos. En relación al uso de la madera en construcción, la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) dispone de las disposiciones:

- Título 5. De la Construcción. "Edificaciones de Madera".
- Artículo 5.6.8. Punto 3
- "Su durabilidad, de acuerdo a la Norma NCh789/1, deberá corresponder a las 4 primeras categorías que se indiquen en la siguiente tabla, o bien, a la quinta categoría pero en este último caso deberá haber sido preservada conforme a la norma NCh819"

La clasificación de maderas comerciales establecidas por la **NCh789/1.Of1987**, de acuerdo a su durabilidad natural es:

Calificación 1: "Muy Durables". Ej.: Alerce, Roble.

Calificación 2: "Durables". Ej.: Lengua, Lingue.

Calificación 3: "Moderadamente Durables". Ej.: Coigüe, Ulmo.

Calificación 4: "Poco Durables". Ej.: Laurel, Araucaria, Eucaliptus.

Calificación 5: "No Durables". Ej.: Álamo, Olivillo, Pino Radiata.

#### **NCh819.Of2003**

Clasificación y requisitos de la madera Preservada de Pino Radiata, según su uso y riesgo en servicio y muestreo

- Establece clasificación de la madera preservada de pino radiata.
- Requisitos de **Penetración**.
- Requisitos de **Retención**.
- Uso, riesgo en servicio y criterios de muestreo

Clasificación de la madera de pino radiata según uso y riesgo en servicio:

Riesgo 1(R1): Usadas en interiores, ambientes secos, con riesgo de ataque de insectos.

Riesgo 2(R2): Usadas en interiores, con posibilidad de humedecerse, en ambientes mal ventilados. Riesgo de hongos de pudrición e insectos.

Riesgo 3(R3): Usadas en exteriores, sin contacto con el suelo. Riesgo de hongos de pudrición e insectos.

Riesgo 4(R4): Usadas enterradas o apoyadas en el suelo. Con posibilidades de contacto con agua. Riesgo de hongos de pudrición e insectos.

Riesgo 5(R5): Enterradas en el suelo. Elementos estructurales susceptibles a contacto con agua. Riesgo de hongos de pudrición e insectos.

Riesgo 6(R6): Maderas expuestas al agua de mar. Elementos estructurales susceptibles a contacto con agua. Riesgo de ser atacadas por horadores marinos.

#### **4.Preservantes usados en Chile.**

Los preservantes tradicionales son:

- **CCA** Óxidos Cromo – Cobre - Arsénico
- **SBX** Boro. (óxidos de boro)
- **CPF** Clorpirifos
- **ACQ** Cobre alcalino cuaternario
- **CA** Cobre Azol

Nuevos Preservantes:

- **Creosota**
- **Losp** Light Organic Solvent Preservative
- **BS** Boro Silicio
- **CCB** Cobre alcalino cuaternario.

Modos de aplicación: todos estos preservantes se aplican con alguno de los siguientes métodos:

- Vacío – Presión – Vacío
- Inmersión
- Vacío – Vacío

Características de los preservantes señalados:

### **EI CCA**

- CCA, compuesto con Cobre, Cromo y Arsénico, es el preservante hidrosoluble para maderas más ampliamente usado a nivel mundial, aun cuando su uso esta siendo prohibido por el daño ecológico que puede producir, especialmente al transformarse en basura (despuntos, escombros, contacto con el suelo, etc.)
- El cobre actúa como fungicida.
- El arsénico previene el ataque de insectos.
- El cromo es el elemento fijador del cobre y el arsénico con la estructura de la madera.
  
- Se ha comprobado que la madera tratada a vacío-presión con CCA estará protegida del ataque de hongos, insectos, termitas y horadores marinos por más de 50 años.

### **EI ACQ**

- ACQ, es un preservante en base a cobre y QUAT (amonio cuaternario), como ingredientes activos.
- Es una respuesta al mercado y sus aprensiones sobre las maderas tratadas con CCA.
- Es un preservante amistoso con el medio ambiente ya que no contiene arsénico, cromo u otro producto químico peligroso según el listado por la EPA <sup>2</sup>, por lo tanto sus desechos no contaminan y puede usarse sobre el suelo o en contacto con agua fresca.
- Asegura una manipulación segura.
- Protege contra la pudrición y ataque de insectos.
- Fácil de pintar y barnizar.

### **Cobre AZOL**

- Está formulado en base a Cobre y Azoles orgánicos.
- Protege a la madera contra hongos de pudrición e insectos
- Es de baja contaminación y bajo efecto sobre el medio ambiente.
- Se puede usar en maderas sobre el suelo o empotradas en él.

---

<sup>2</sup> obtuvo el premio "Green Chemistry Challenge", otorgado por la EPA

## **DOT** (Octoborato Disódico Tetrahidratado)

- DOT es un preservante de madera en base a boratos.
- Proporciona protección a la madera contra termitas, pudrición e insectos que destruyen la madera. Es un retardador del fuego.
- Sólo para usos interiores secos, porque se lixivia. Por esta razón no es recomendable para usos en exterior o en contacto con el suelo, y debe ser protegida contra la exposición al agua.

### Características del DOT

- Protege contra insectos (termitas) y hongos de pudrición.
- No es corrosivo para las fijaciones metálicas de la construcción.
- No es tóxicos a los seres humanos.
- No da color a la madera
- Preservante señalado en la **NCh819** "Madera preservada – Pino radiata – Clasificación y requisitos"

## **LOSP** (Permetrina – TBTN)

- Preservante fungicida, insecticida e hidrorrepelente, soluble en solvente orgánico en base a Tributyl Estaño (TBTN), Permetrina (que tiene una acción insecticida) y Repelentes al agua.
- Se aplica en autoclave con proceso Vacío y Vacío y no requiere secado posterior
- No otorga color a la madera
- No altera las dimensiones de la madera después del tratamiento.

## **Boro Silicio (BS)**

- El boro es un elemento aporta sus propiedades fungicidas y/o insecticidas
- El silicio realiza un proceso de polimerización en la madera, impidiendo la solubilización del boro. Aporta dureza e aumenta la resistencia mecánica, a compresión, y la estabilidad dimensional de la madera.
- No altera el color natural de la madera, pudiéndose pintar sin alteraciones.
- Está protegida contra la acción insectos y de hongos de pudrición

## **5. Recomendaciones Generales frente a la madera impregnada.**

- Al trabajar madera tratada hay que evitar aspirar el polvillo generado de corte, perforación, debiendo utilizarse además elementos de seguridad.
- Nunca debe usarse madera tratada con CCA al existir riesgo de que dicha madera quede en contacto con la comida humana o alimentación de animales, o en contacto directo o indirecto con agua potable
- La madera debe impregnarse en la dimensión de uso final, para evitar hacer cortes posteriores.
- La madera preservada con CCA no debe ser quemada en fogatas, estufas, chimeneas, etc.

## **6. Control de calidad**

Se recomienda a las empresas impregnadoras poner atención en realizar un riguroso Control de Calidad, como una forma de aumentar los resultados del producto, usando la cantidad justa del compuesto químico.

Se les recomienda recurrir a proveedores de confianza.

### Criterios del Control de Calidad:

#### a) Control del preservante

- Verificar que Proveedor sea autorizado.
- Analizar los productos químicos según las especificaciones.
- El preservante debe ser mezclado y analizado según instrucciones

#### b) Control de la Madera

- Madera debe estar limpia
- Identificar la especie o grupo
- Llevar un registro del volumen y el contenido de humedad.

#### c) Control del proceso

- Selección del proceso Correcto para el destino de la madera.
- Observar la concentración de la solución.
- Registrar detalles del proceso
- Controlar la temperatura usada
- Realizar análisis químico del producto utilizado

**Presentación de Johan Tarukoski**  
**Presidente. Empresa Linotech, Suecia**

**“Protección Natural para la madera para un futuro sustentable,  
con recursos renovables.”**

Temas tratados:

1. Nuestra Compañía.
2. Historia.
3. Procesos realizados en Linotech.
4. La impregnación con Aceite de Linaza en Linogard
4. Ensayos.
5. Tendencias.
6. Nuevos productos

**1. Nuestra Compañía.**

Metas de Linotech.

Trabajar para un futuro durable, con procesos y productos amigables al medioambiente, usando el **Aceite de Linaza**.

Áreas de Negocios y Empresas a cargo de ellas

Pinturas; ..... ***Kultur Hantverkarna Färg***

Impregnación: ..... ***Linotech y Linogard***

**2. Historia de la Impregnación de la Madera.**

- |           |   |   |
|-----------|---|---|
| Años 1000 | - | Tratamientos en caliente de los vikingos        |
| 1400      | - | Se incorpora el Aceite de Linaza en la pintura. |
| 1900      | - | Impregnación con Creosota.                      |
| 2000      | - | Impregnación con óxidos metálicos.              |
| 2100      | - | Impregnaciones amigables al medio ambiente.     |

El mercado europeo actual:

- 6.5 Millones de m<sup>3</sup> (Suecia: 1.2 Millón de m<sup>3</sup>)
- La Unión Europea está trabajando para detener el uso de algunos óxidos metálicos:
  - La Creosota fue controlada en 2003.
  - El Arsénico en 2004.
  - El óxido de Cromo está permitido con ciertas restricciones.
  - Para el óxido de cobre el futuro es incierto.
- Nuevos métodos:
  - **Aceite de Linaza (AL)**.
  - Acetilatos.
  - Tratamientos con temperatura.

### 3. El caso de Linotech y la impregnación con AL

- Infraestructura Simple
  - Eficiencia en los costos.
  - Rápida para instalar.
  - Existe un largo conocimiento de los procesos.
- Flexibilidad
  - Se puede adaptar a los procesos: Vacío- presión / calor.
  - Se pueden tratar diferentes tipos de madera.
- Además:
  - No tiene efectos negativos con el medio ambiente.
  - Responde a todas las regulaciones existentes.

### 4. La impregnación con Aceite de Linaza en Linogard

Recordemos que los Microorganismos necesitan:

- Temperatura.
- Nutrientes.
- Oxígeno.
- Humedad (Cerca del 20%).



## El Aceite de Linaza permite:

- Control de humedad, con lo que se consigue:
  - Aumento de la durabilidad.
  - Estabilidad dimensional
- Además entrega propiedades especiales, entre las que mencionaremos:
  - Protege del clima y del medioambiente
  - Buenos en aires ácidos.
  - La impregnación con Linaza actúa como imprimante antes de pintar.
  - Protege contra la corrosión a los clavos y tornillos, así como otros insertos de la construcción.
  - Sirve por igual a todos los tipos de madera.
  - No produce desechos tóxicos.

Propiedades de la madera impregnada por Linogard.

- Mejora las propiedades mecánicas de la madera.
- Uniformidad de comportamiento.
- Aumenta la resistencia a la flexión.
- Disminuye el agrietamiento de la madera.
- Menos humedad en el interior.

## 5. Ensayos realizados a nuestra impregnación.

Ensayos de humedad.  
Ensayos climáticos con elementos a la intemperie.  
Ensayos de superficie  
Pruebas ante rayos UV

Ensayos contra hongos, según la EN 113:

- Pérdida de masa con dos hongos diferentes:

	Hongos
– Linogard sin lixiviar	<i>Gloeophilu trabeum</i> – 4 %
– Linogard sin lixiviar	<i>Coniophora puteana</i> – 5.7%
– Linogard lixiviado	<i>Gloeophilu trabeum</i> - 6.2 %
– Linogard lixiviado	<i>Coniophora puteana</i> - 9.4 %

- Los ensayos de madera no tratada mostraron gran pérdida de masa, por encima del 25%

Tendencias actuales:

- Proteger el medioambiente.
- Gran demanda para productos naturales en cocinas, baños y jardín.
- No reacciona con el CO<sub>2</sub>
- Problemas en terreno (de construcción)
  - Problemas con revestimientos de madera.
  - Humedad en el interior de las habitaciones.
- Productos tratados.
- Fácil de mantener.
- Apariencia natural

La apariencia es similar a la de la madera envejecida, sin que se deteriore progresivamente<sup>3</sup>.

Nuevos productos:

- La segunda generación de LINOGARD está desarrollando :
  - Nueva apariencia. Sus pigmentos tienen.
    - Mayor penetración en la madera.
    - Protegen de los rayos UV.
    - Se mezclan bien, y directamente, los pigmentos con el aceite de linaza.
  - Mejor protección
    - Biodegradable
    - Soluble en aceite.

Nuevos revestimientos con apariencia natural.

- Estabilidad Dimensional
- Menos riesgo de pudrición.
- Imprimante por todos los lados.
- Se puede pintar directamente.
- El tono gris con que queda es estable frente a los rayos UV.
- Sirve de protección durante los procesos de traslado.

---

<sup>3</sup> Nota del Traductor: hay que recordar que en los países nórdicos aprecian la madera que se torna gris con el tiempo, sin embargo ese es un estado en que se deteriora progresivamente si no se le mantiene.

## Proyectos en curso

- La empresa se encuentra actualmente desarrollando un nuevo revestimiento.
- Se está trabajando con impregnación para tableros para el exterior.
- Se está impregnando planchas de yeso-cartón para ambientes húmedos.
- Se está mejorando el comportamiento de tableros y puertas exteriores.
- Se impregna y colorea maderas en cocinas, baños y ambientes marinos.
- Hay una gran demanda para postes que están en contacto con animales y polines para viñas.
- Se está trabajando con impregnación de madera usada en trabajos marinos.



Carlos Schuffer de Quiborax y Johan Tarukoski de Linotech.

Santiago, Enero de 2008

Orlando Vigouroux  
Arquitecto

Investigación Escuela de Arquitectura- Copec-UC

**Presentación de Paul Sepúlveda y Orlando Vigouroux,**  
**Investigación Copec – Universidad Católica**

**Resultados de la investigación**  
**“La Ulexita y sus derivados como alternativa al CCA para la**  
**impregnación del Pino Radiata ”**

Los puntos tratados fueron:

- 0. Introducción.
- 1. Objetivos de la Investigación.
- 2. Metodología utilizada.
  - a). Impregnación por método Presión–Vacío
  - b). Impregnación por inmersión
  - c). Impregnación por Método mixto (Inmersión / Presión -Vacío)
- 3. Mediciones y ensayos
  - a) Ensayo Penetración
  - b) Ensayo de retención
  - c) Ensayo contra termitas
  - d) Ensayo contra Hongos
  - e) Ensayo Lixiviación
  - f) Pigmentación
- 4. Futuros desafíos

Como ya se ha dicho, los arquitectos son los encargados de especificar los materiales en la construcción, por lo tanto no nos parece raro que desde la escuela de arquitectura se busque soluciones a inquietudes relacionadas a un material tan importante como la madera.

Frente al futuro de la impregnación de la madera, a los que trabajamos en esta investigación (un ingeniero, dos arquitectos y un grupo de ingenieros químicos) nos atrajo la idea de ser parte de la propuesta de una nueva solución; efectiva contra los ataques que sufre el Pino Radiata y amigable con el medioambiente. Todo esto con las posibilidades de conseguir, además, beneficios secundarios como lograr mayor estabilidad dimensional, mejor comportamiento frente al fuego, entre otros.

Buscamos desarrollar nuevos productos y nuevos métodos de impregnación de la madera de pino radiata. En sus inicios pensamos que podríamos avanzar utilizando Ulexita y sus derivados. La ulexita es la resultante del Borato de Sodio ( $\text{Na B O}_2$ ) y el Borato de Calcio ( $\text{Ca B}_4 \text{O}_7$ ). Un recurso existente en grandes cantidades en el desierto de Atacama. En nuestro país la Ulexita es utilizada en la producción de ácido bórico, colemanita sintética y bórax.

Como se explicará más adelante, a través de nuestra búsqueda hemos probado la eficacia de la combinación de Aceite de linaza modificado y DOT (*Disodium*

*Octaborate tetrahydrate*). Nos interesaba no sólo probar su eficacia ante hongos de pudrición, mancha azul, termitas y lixiviación; sino también probar los sistemas de impregnación más adecuados, tomando como base las “concentraciones” indicadas por las normas. Trabajamos con muestras de Pino Radiata de diferentes humedades, con diferentes procedencias -Talca y Temuco-, impregnamos con sistemas de vacío / presión y por inmersión, y el producto fue aplicado con dos diferentes concentraciones.

## **1. Objetivos**

La presente investigación busca:

- Desarrollar nuevos productos y métodos de impregnación para el Pino Radiata contra termitas y hongos de pudrición utilizando Ulexita y sus derivados.
- Impregnar con un producto que sea ambientalmente amigable, como alternativas al CCA

Objetivos secundarios del proyecto:

- Solución debe ser económica y fácil de conseguir en Chile.
- El resultado de la investigación podrá beneficiar otros sectores productivos, aparte de la construcción: por ejemplo, los Polines para viñas, que actualmente es difícil de exportar si están impregnados con CCA.
- Buscar una pigmentación del producto que sea atractiva para su uso en la construcción.
- Desarrollo del uso de Linaza para la protección de la madera.

## **2. Metodología utilizada:**

En los laboratorios de Linotrech, en Suecia, se determinó que la solución de Ulexita en Aceite de linaza no era posible, de modo que a continuación la búsqueda del producto final se hizo a partir del DOT.

Se combinaron las siguientes variables:

Métodos: Vacío – presión y

Por Inmersión (a su vez con tres alternativas de tiempo de inmersión)

Concentraciones: 4 Kg/m<sup>3</sup> y

6,8 Kg/m<sup>3</sup>

Humedad: Madera Seca y

Madera verde.

Procedencia: Talca y

Temuco

## **Impregnación**

Estos trabajos se realizaron en Chile, en la Universidad de Talca, y en la planta impregnadora de Linotech en Suecia.

### a).-Impregnación por método Presión-Vacío.

\* Producto B:

**DOT + ACEITE DE LINAZA**

2 Concentraciones de DOT:

**4** Kg/m<sup>3</sup> y **6,8** Kg/m<sup>3</sup>

\* Producto C:

**ACEITE DE LINAZA**

Aplicado sin preservante

Impregnación de muestras en Suecia

\* Producto D:

**DOT**

2 Concentraciones de DOT:

**4** Kg/m<sup>3</sup> y **6,8** Kg/m<sup>3</sup>

### b).-Impregnación por inmersión

Producto A:

**DOT**

1 Concentración de DOT:

**6,8** Kg/m<sup>3</sup>

Impregnación de muestras en Chile

### c).-Impregnación por Método mixto (Inmersión / Presión -Vacío)

\* Producto E:

**DOT + Aceite de Linaza.**

1 Concentración de DOT:

**6,8** Kg/m<sup>3</sup>

Impregnación de muestras en Chile y Suecia

Impregnación DOT / Presión Vacío

Secado en cámara durante 84 horas aprox.

a).-Impregnación por método Presión-Vacío.

Las muestras fueron codificadas, se elaboraron probetas para determinar el contenido de humedad,



Se elaboraron las probetas para determinar el contenido de humedad, determinado por peso.



Se prepararon las concentraciones de DOT y fueron mezclados en el estanque.



Se ingresó la carga en Autoclave para la ejecución del proceso de impregnación.





Se retiró la madera para su secado al aire, previo al ingreso a cámara de secado.



El secado en cámara se realizó durante 84 horas.



b).-Impregnación por inmersión

Se prepararon las muestras y se codificaron.



Se elaboraron las probetas para determinar el contenido de humedad, por peso.



En tina de inmersión se preparó la concentración de DOT.



Se ingresa la carga en tina



La madera se retira y se seca al aire según programa, previo al ingreso a cámara de secado.



Las piezas fueron secadas en cámara durante 84 horas.



### 3. Mediciones y ensayos

#### a) Ensayo Penetración

La penetración fue determinada según la Norma AWWA por observación directa de reacción.

El 82% de las combinaciones mostraron buena penetración y fueron seleccionadas para análisis posterior.

El 18% de las combinaciones fueron descartadas.

En su totalidad las muestras con baja penetración correspondían a madera impregnada por Inmersión.





b) Ensayo de Retención.

Los ensayos de retención fueron realizados en el laboratorio de la empresa Quiborax, en Arica.



Resultados de Retención (resumen)

Metodo de Impregnación	Cantidad de preservante kg/m3	Retención Promedio kg/m3
PV-Mseca	4,0	2,26
PV-Mseca	6,8	5,01
PV-Mverde	4,0	1,67
PV-Mverde	6,8	3,19
Inm-Mverde 20°C	6,8	1,23
Inm-Mverde 35°C	6,8	0,86
L-PV-Mseca	4,0	3,52
L-PV-Mverde	4,0	0,99
L-PV-Mverde	6,8	1,02
L-Inm-Mverde	6,8	0,61

c) Ensayo contra termitas  
*Según Norma Europea 117*

Duración: 9 semanas



En las fotos se pueden ver las probetas en los frascos de ensayo, las colonias de termitas puestas en el fondo del frasco y las galerías hechas por las termitas para llegar a la probeta.  
Este ensayo fue realizado por la Facultad de Ingeniería Forestal de la Universidad de Chile.

## Resultados ensayo contra Termitas.

Formas de evaluación:

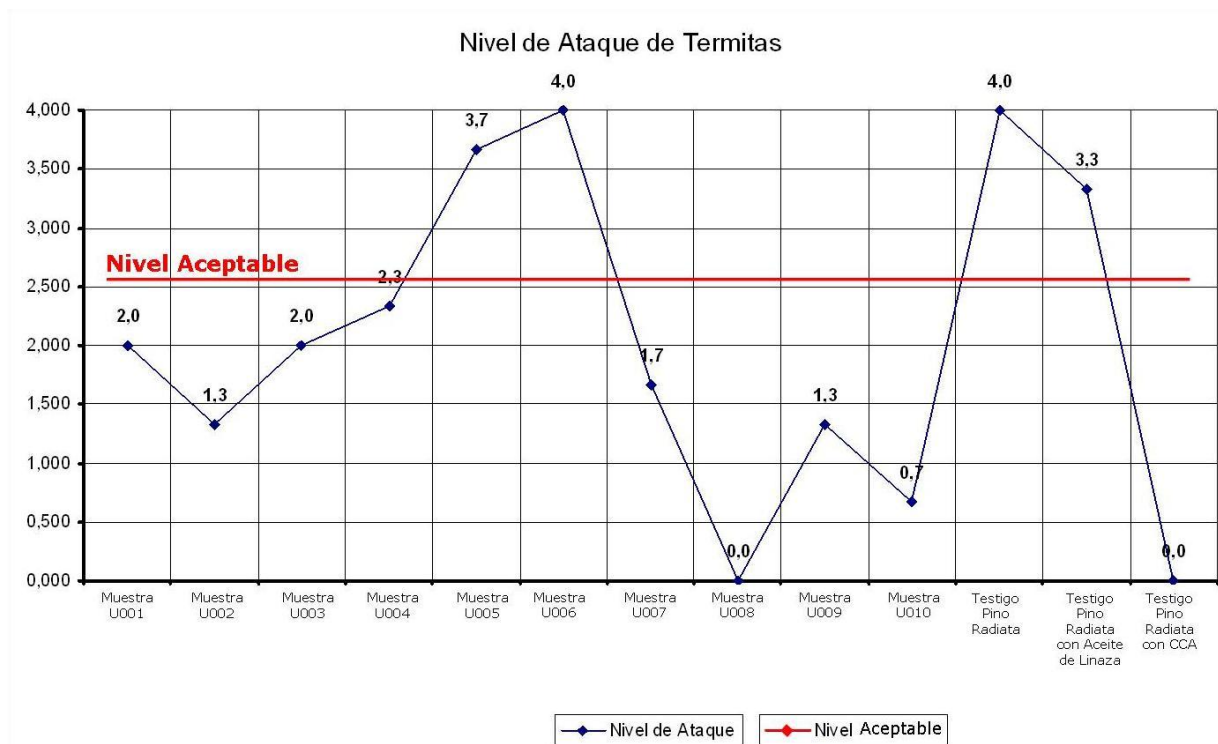
**Nivel 0** Ningún ataque.

**Nivel 1** Tentativa de ataque: arañazos o roeduras superficiales cuya profundidad no se puede medir,

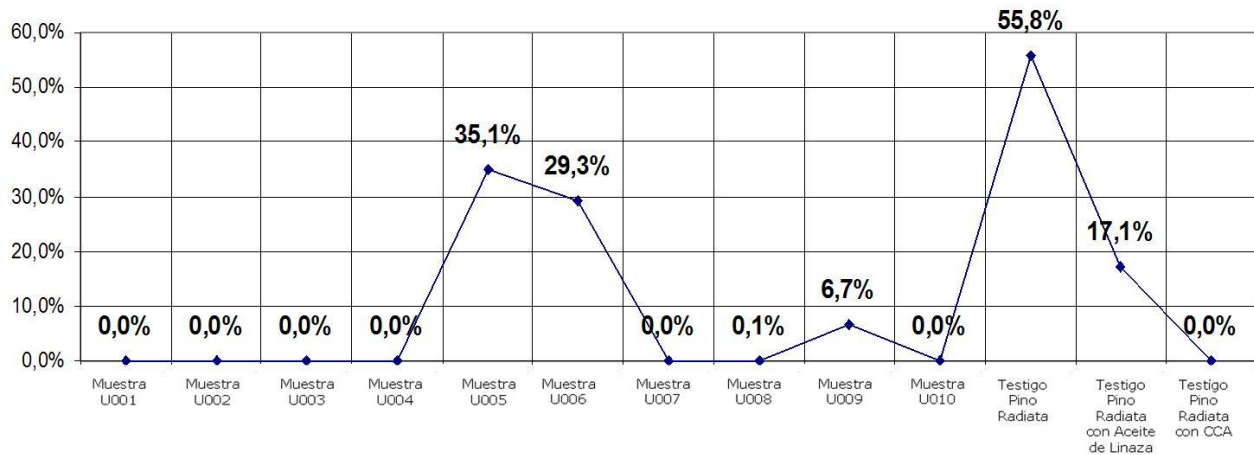
**Nivel 2** Ataque ligero: Ataque superficial (<1 mm.) y limitado en extensión a 1/10 de la superficie lateral de la probeta como máximo, o una perforación única de profundidad inferior a 3mm.

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

**Nivel 4** Ataque fuerte: Erosión sobre una extensión superior a 1/10 de la superficie lateral de la probeta, o ataque penetrante superior a 3 mm. extendiéndose en cavernas dentro de la masa de la probeta y pudiendo llegar a un estado de destrucción muy avanzados.



### Porcentaje de Termitas Sobrevivientes



### Conclusiones ensayo contra Termitas

- Las piezas impregnadas con método de presión-vacío entregan una protección de mayor efectividad contra ataque de termitas.
- Piezas impregnadas con DOT+Aceite de Linaza entregan protección efectiva contra ataque de termitas.
- La impregnación por inmersión no es efectiva al ataque de las termitas (todas están por sobre el índice aceptable de ataque y con alto índice de supervivencia de termitas), a menos que incorporen Aceite de Linaza.
- Piezas impregnadas sólo con Aceite de Linaza reciben ataque de termitas, aunque dentro de lo aceptable (niveles de ataque 0.7, 1.2, 1.7). Pero al compararlo con el otro gráfico comprobamos que en aquellas piezas el porcentaje de supervivencia de termitas no supera el 20% en promedio.



d) Ensayo contra Hongos  
*Según Norma Inglesa BS 838*

Los hongos utilizados fueron obtenidos de la micoteca del Laboratorio de Biodeterioro y Preservación del Departamento de Ingeniería de la Madera, Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Chile. Estos hongos corresponden a hongos de prueba para preservantes para la madera, el de pudrición café (*Poria monticola*) y el otro particularmente tolerante a preservantes oleosos (*Lentinus lepideus*).

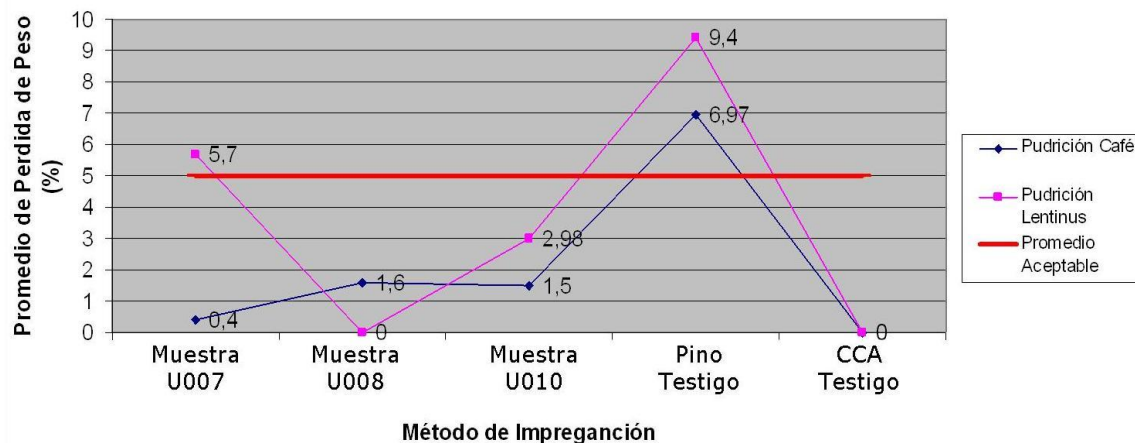
Duración 4 meses



Este ensayo fue realizado por la Facultad de Ingeniería Forestal de la Universidad de Chile.

Una vez que los frascos kolle son identificados, señalando el hongo utilizado y fecha de inoculación, se dejan en una cámara de incubación a 25°C, hasta que el hongo se desarrolle y cubra sobre el 50% de la superficie del medio de cultivo contenido en los frascos.

### Ensayo Contra Hongos de Pudrición



CONCLUSIONES ENSAYO CONTRA HONGOS

### Conclusiones ensayo contra Hongos

- Las piezas impregnadas con método de presión-vacío entregan una protección de mayor efectividad contra los dos tipos de hongos.
- Las piezas impregnadas sólo con Aceite de Linaza presenta una buena resistencia al ataque de ambos tipos de hongos.

### e) Ensayo Lixiviación

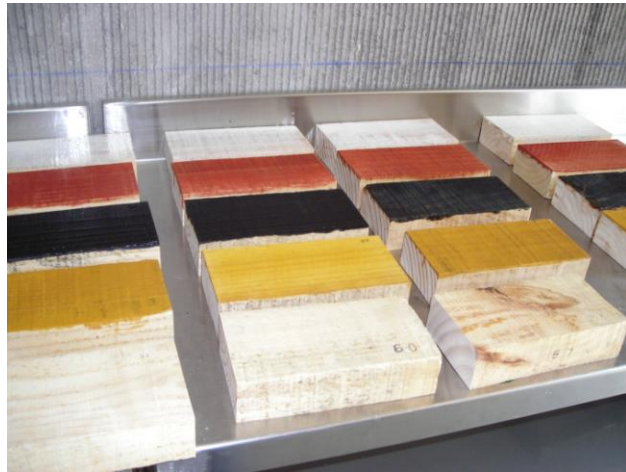
Los ensayos de Lixiviación se realizaron en el Laboratorio de Quiborax, utilizando el método Standard de lixiviación. El funcionamiento del laboratorio fue previamente supervisado por el Profesor Deodato Radic, contraparte de esta investigación.

Se realizaron muestras con agitadores magnéticos, cada muestra debió estar 14 días en baño de lixiviación acuosa.

Los primeros estudios de los datos de estos ensayos arrojan cifras positivas, apoyando la hipótesis de que el Aceite de Linaza ayuda a impermeabilizar la madera, confiriéndole a la impregnación con DOT y AL una protección frente a la lixiviación.

f) Pigmentación. La madera impregnada con el compuesto que estamos buscando deberá estar pigmentada, como una forma de facilitar el control del cliente. Pensamos que la elección del color final del producto será clave para la aceptación de la madera impregnada, por eso se han realizado pruebas de pigmentación en Chile (Escuela de Arquitectura UC) y en Suecia (Linotech). La diferencia entre estos ensayos es que los realizados en Chile se hicieron con pigmentos solubles en solventes minerales, mientras en Linotech se disolvieron directamente en el Aceite de Linaza.

De los colores probados: Blanco, negro, amarillo y rojo, el negro es –hasta ahora – el que nos parece más interesante. En el caso sueco, la madera con Aceite de Linaza con pigmento negro (sin otro preservante) ha tenido buena acogida en los usuarios ya que mantiene el color oscuro a pesar de permanecer a la intemperie.



Muestras impregnadas a las cuales se les incorporó Linaza con pigmentos.



Muestras impregnadas en Suecia con Linaza y pigmento Negro.



#### 4. Futuros Desarrollos

- 1.- Buscar el método y el compuesto químico que una el DOT-Linaza modificado.
- 2.- Establecer el nivel óptimo de humedad para impregnar la madera con la Solución anterior encontrada.
- 3.- Trámites de patentamiento que se están realizando.
- 3.- Sugerir a la normativa de Nacional, la incorporación de esta nueva mezcla de impregnación.