



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
La Universidad de la Región del Biobío

Academy lecture prepared for the IAWS Annual Meeting, Biosustainable Materials: Key to a better future. Guadalajara, Mexico, October 15, 2018

Drying development on Chilean hardwoods

Rubén A. ANANIAS
Department of Wood Engineering
Faculty of Engineering

anantias@ubiobio.cl
<http://anantias.ubiobio.cl>



5Años

Desde Agosto 2014
Hasta Agosto 2019

ACREDITADA

- Gestión Institucional
- Docencia de Pregrado
- Investigación
- Vinculación con el Medio



 **ubiobio.cl**



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
La Universidad de la Región del Biobío

Plan

- Introduction
- Current status in drying of Chilean hardwoods
- Challenges in drying of Chilean hardwoods
- Chilean research in drying of Chilean hardwoods
- Conclusions



5Años

Desde Agosto 2014
Hasta Agosto 2019

ACREDITADA

• Gestión Institucional
• Docencia de Pregrado
• Investigación
• Vinculación con el Medio



 **ubiobio.cl**



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
La Universidad de la Región del Biobío

Introduction

High interest in Chile for increasing the amount of hardwood coming from fast sustainable managed plantations, processed into solid wood products, like Eucalyptus species.

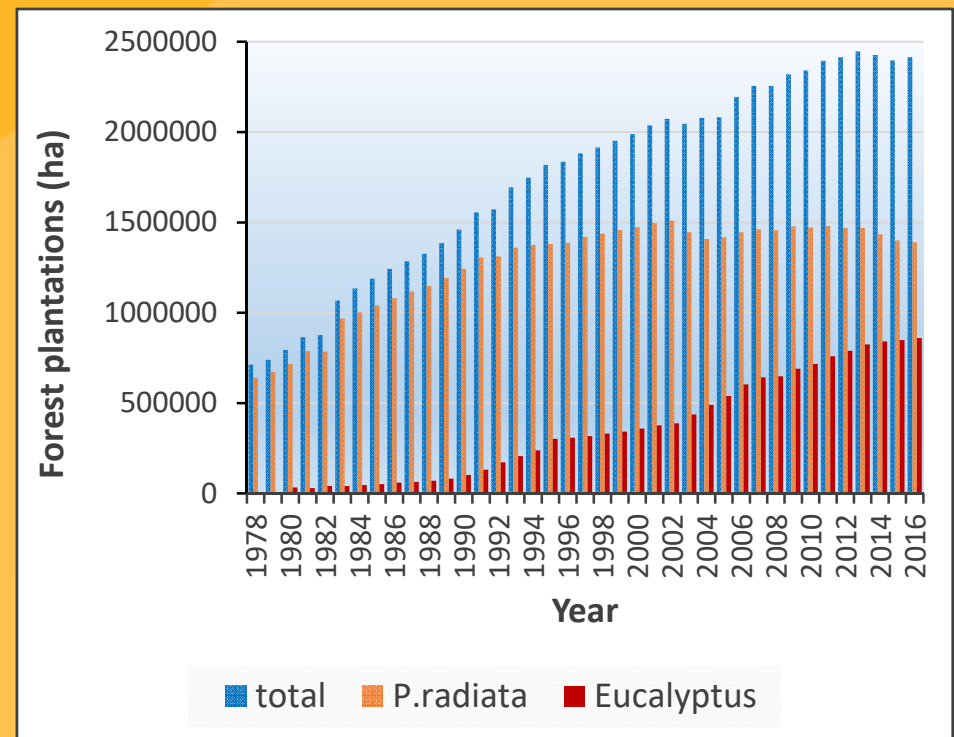
Radiata pine are decreasing
Eucalyptus are increasing

Plantation 1967: 200.000 ha
Eucalyptus 1967: 31.000 ha
Plantation 2017: 3.100.000 ha

Eucalyptus globulus 2017: 590.000 ha
Eucalyptus nitens 2017: 270.000 a

Pinus radiata 2017: 1.400.000 ha

Evolution of forest plantations in Chile



5Años

Desde Agosto 2014
Hasta Agosto 2019

ACREDITADA

• Gestión Institucional
• Docencia de Pregrado
• Investigación
• Vinculación con el Medio

Comisión Nacional
de Acreditación
CNA-Chile

ubiobio.cl

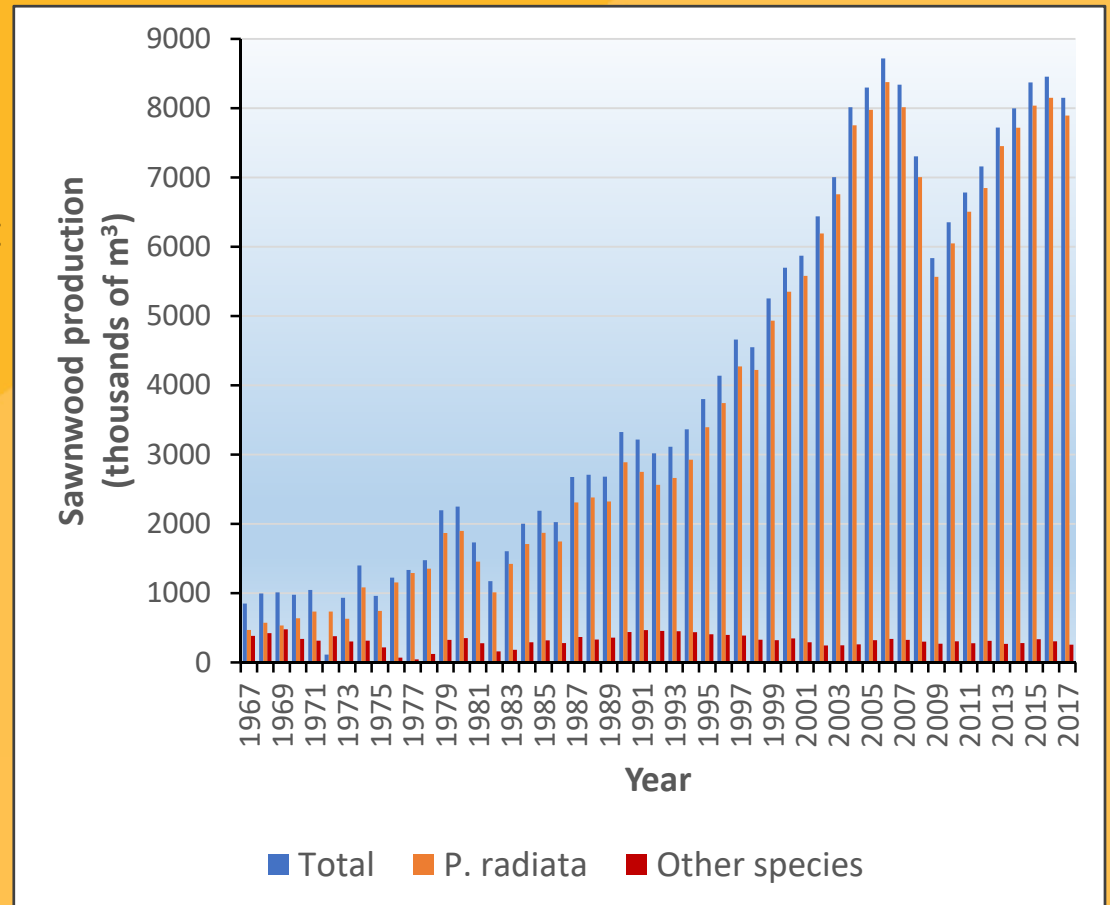


UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
La Universidad de la Región del Biobío

Introduction

Radiata pine production: Very important
Crises international: Down production
1982 and 2009

Evolution of sawnwood production (1967-2017)



5 Años

Desde Agosto 2014
Hasta Agosto 2019

ACREDITADA

- Gestión Institucional
- Docencia de Pregrado
- Investigación
- Vinculación con el Medio



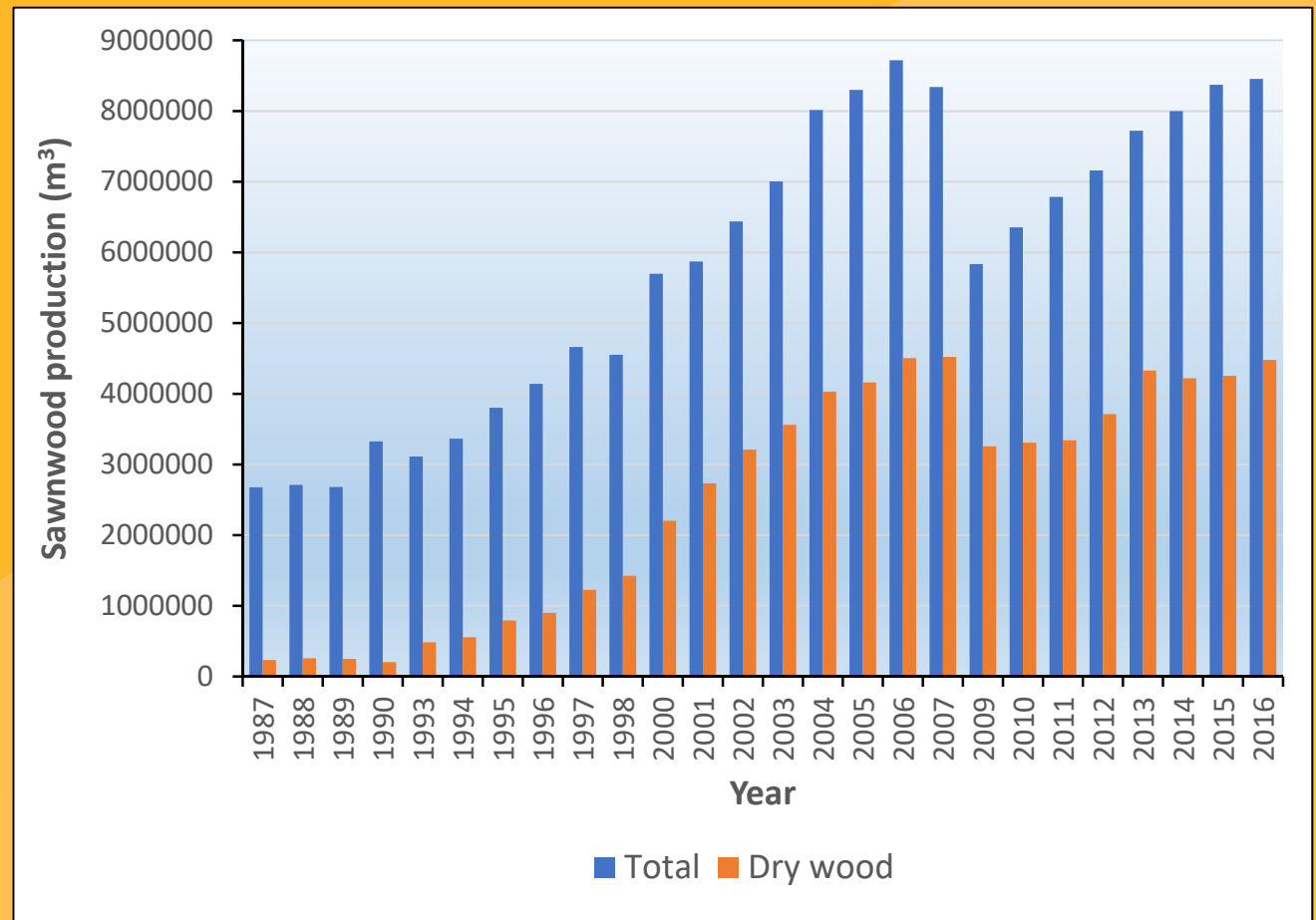
ubiobio.cl



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
La Universidad de la Región del Bío-Bío

Introduction

Dry wood evolution (1987-2016)



Industrial uses of radiata pine is around 50% in solid wood.

Only about 1% of the harvested hardwoods is transformed into solid wood products.

5 Años

Desde Agosto 2014
Hasta Agosto 2019

ACREDITADA

• Gestión Institucional
• Docencia de Pregrado
• Investigación
• Vinculación con el Medio

Comisión Nacional
de Acreditación
CNA-Chile

 ubiobio.cl



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
La Universidad de la Región del Biobío

Introduction

Hardwood production 1967: 350.000 m³
Hardwood production 2017: 125.000 m³
Decreases: 60%

Because of *Nothofagus* species:
Coigüe, lenga, raulí
Expensive
Environmentally damaging
Long rotation
Drying problems

Softwood production 1967: 500.000 m³
Softwood production 2017: 8.000.000 m³
Increases: 16 times

Due to *Pinus* species:
Radiata pine
Less costly
Sustainably managed
Short rotation
Easy to dry

There is a great opportunity for developing the drying of Chilean hardwoods, using species of short rotation, managed sustainably and less costly.



5Años

Desde Agosto 2014
Hasta Agosto 2019

ACREDITADA

• Gestión Institucional
• Docencia de Pregrado
• Investigación
• Vinculación con el Medio



 ubiobio.cl



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
La Universidad de la Región del Biobío

CURRENT STATUS OF CHILEAN HARDWOODS

Nothofagus species:

- Coigüe
- Lenga
- Raulí
- Roble
- Expensive
- Environmentally damaging



5Años

Desde Agosto 2014
Hasta Agosto 2019

ACREDITADA

- Gestión Institucional
- Docencia de Pregrado
- Investigación
- Vinculación con el Medio



 ubiobio.cl



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
La Universidad de la Región del Biobío

CURRENT STATUS OF CHILEAN HARDWOODS

Pre-heating for color homogenisation of Chilean *Nothofagus*

Coigüe and lenga

T= 100°C

HR=100%

t= 12-24 h



5Años

Desde Agosto 2014
Hasta Agosto 2019

ACREDITADA

- Gestión Institucional
- Docencia de Pregrado
- Investigación
- Vinculación con el Medio



 ubiobio.cl



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
La Universidad de la Región del Biobío

CURRENT STATUS OF CHILEAN HARDWOODS

Air-drying of Chilean coigüe

Long drying times:

- 6 months to 2-years
- High costly



5Años

Desde Agosto 2014
Hasta Agosto 2019

ACREDITADA

- Gestión Institucional
- Docencia de Pregrado
- Investigación
- Vinculación con el Medio



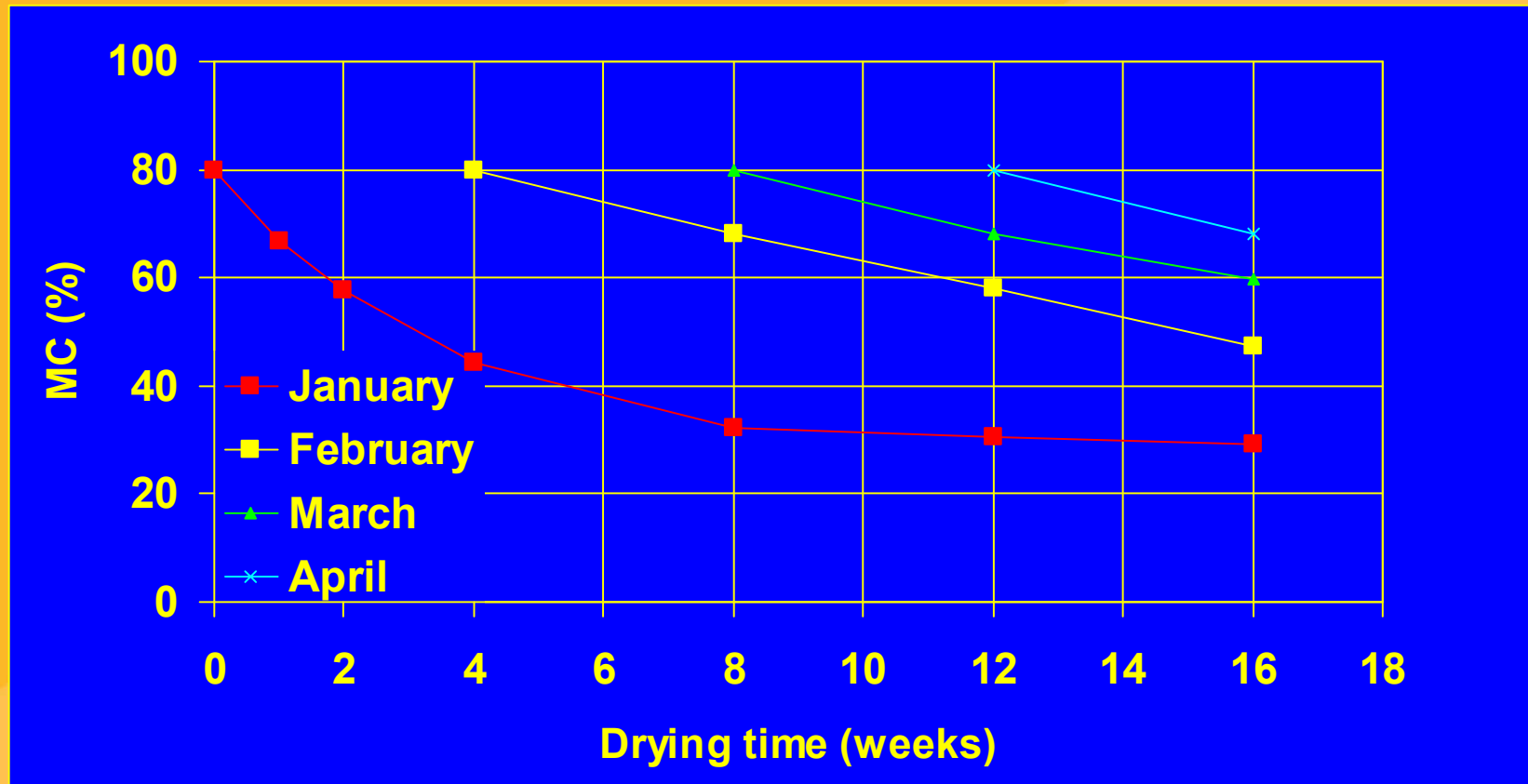
ubiobio.cl



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
La Universidad de la Región del Biobío

CURRENT STATUS OF CHILEAN HARDWOODS

- Air drying of raulí: 50-mm: Effect of year-period



5Años

Desde Agosto 2014
Hasta Agosto 2019

ACREDITADA

• Gestión Institucional
• Docencia de Pregrado
• Investigación
• Vinculación con el Medio

Comisión Nacional
de Acreditación
CNA-Chile

ubiobio.cl



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
La Universidad de la Región del Biobío

CURRENT STATUS OF CHILEAN HARDWOODS

Pre-drying of Chilean coigüe

Reduce drying time: 2/3
Best wood quality



5Años

Desde Agosto 2014
Hasta Agosto 2019

ACREDITADA

- Gestión Institucional
- Docencia de Pregrado
- Investigación
- Vinculación con el Medio



ubiobio.cl



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
La Universidad de la Región del Biobío

CURRENT STATUS OF CHILEAN HARDWOODS

Low temperature KD of Chilean coigüe

T=40-70 °C
t= 30-90 days
After predrying



5Años

Desde Agosto 2014
Hasta Agosto 2019

ACREDITADA

- Gestión Institucional
- Docencia de Pregrado
- Investigación
- Vinculación con el Medio



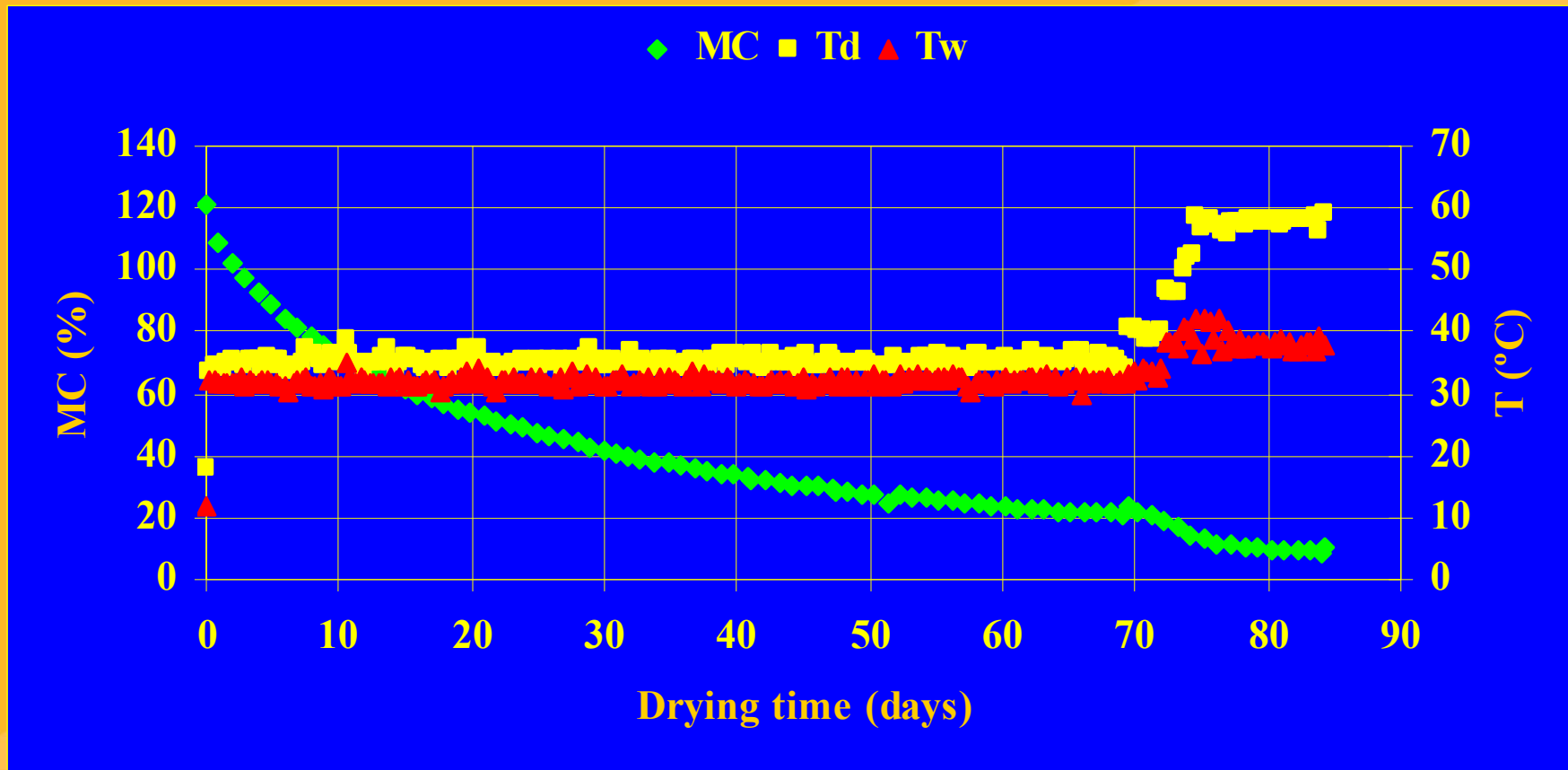
 ubiobio.cl



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
La Universidad de la Región del Biobío

CURRENT STATUS OF CHILEAN HARDWOODS

- Low temperature KD of coigüe: 30-mm



5Años

Desde Agosto 2014
Hasta Agosto 2019

ACREDITADA

Gestión Institucional
Docencia de Pregrado
Investigación
Vinculación con el Medio

Comisión Nacional
de Acreditación
CNA-Chile

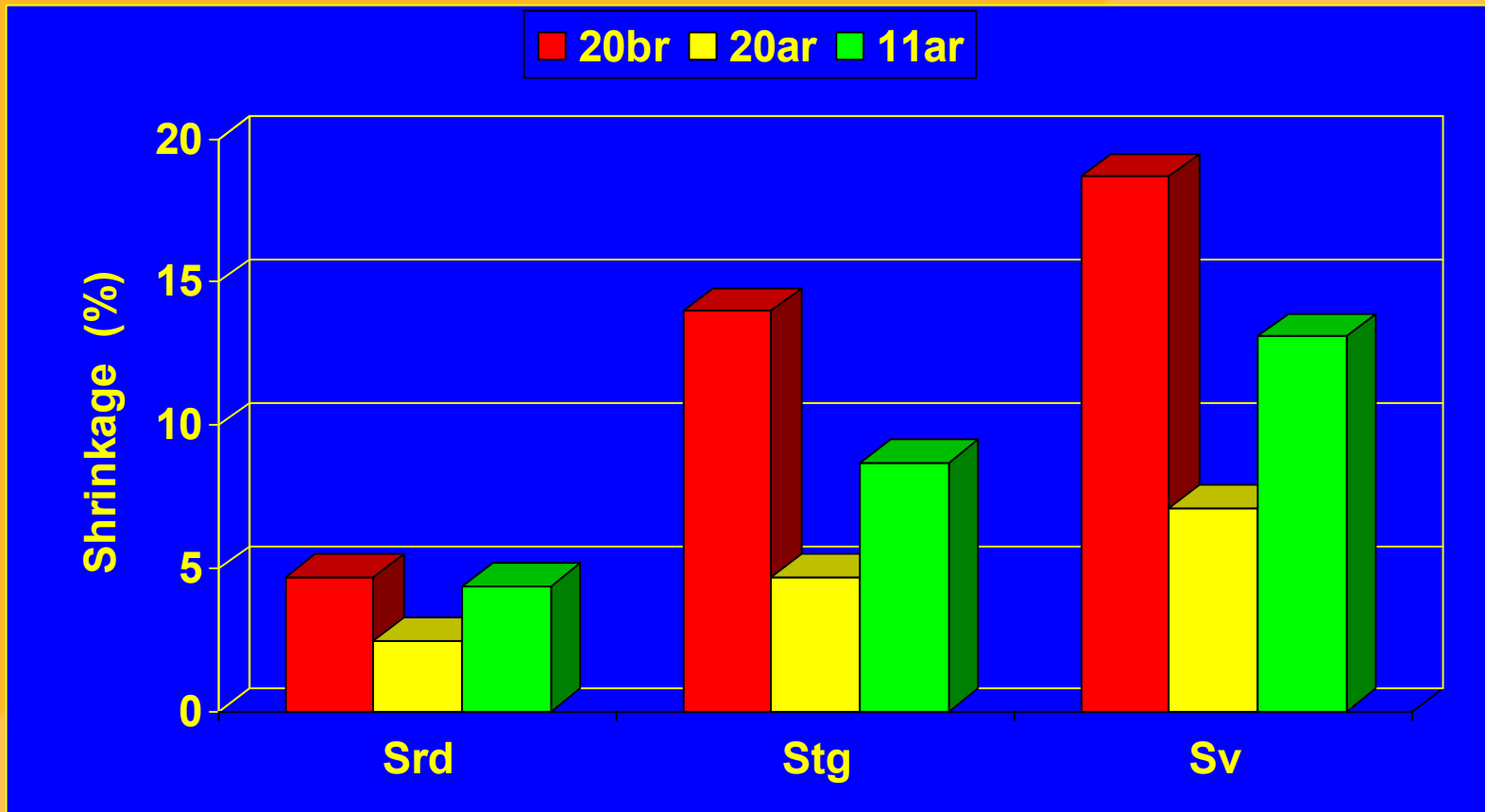
ubiobio.cl



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
La Universidad de la Región del Biobío

CURRENT STATUS OF CHILEAN HARDWOODS

- Low temperature KD of coigüe: 30-mm



5Años

Desde Agosto 2014
Hasta Agosto 2019

ACREDITADA

• Gestión Institucional
• Docencia de Pregrado
• Investigación
• Vinculación con el Medio



 ubiobio.cl



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
La Universidad de la Región del Biobío

CURRENT STATUS OF CHILEAN HARDWOODS

Vacuum drying of Chilean hardwoods

$T=40-60\text{ }^{\circ}\text{C}$
 $P=0,4-0,8\text{ at}$
 $t=15-30\text{ days}$
After predrying



5Años

Desde Agosto 2014
Hasta Agosto 2019

ACREDITADA

- Gestión Institucional
- Docencia de Pregrado
- Investigación
- Vinculación con el Medio



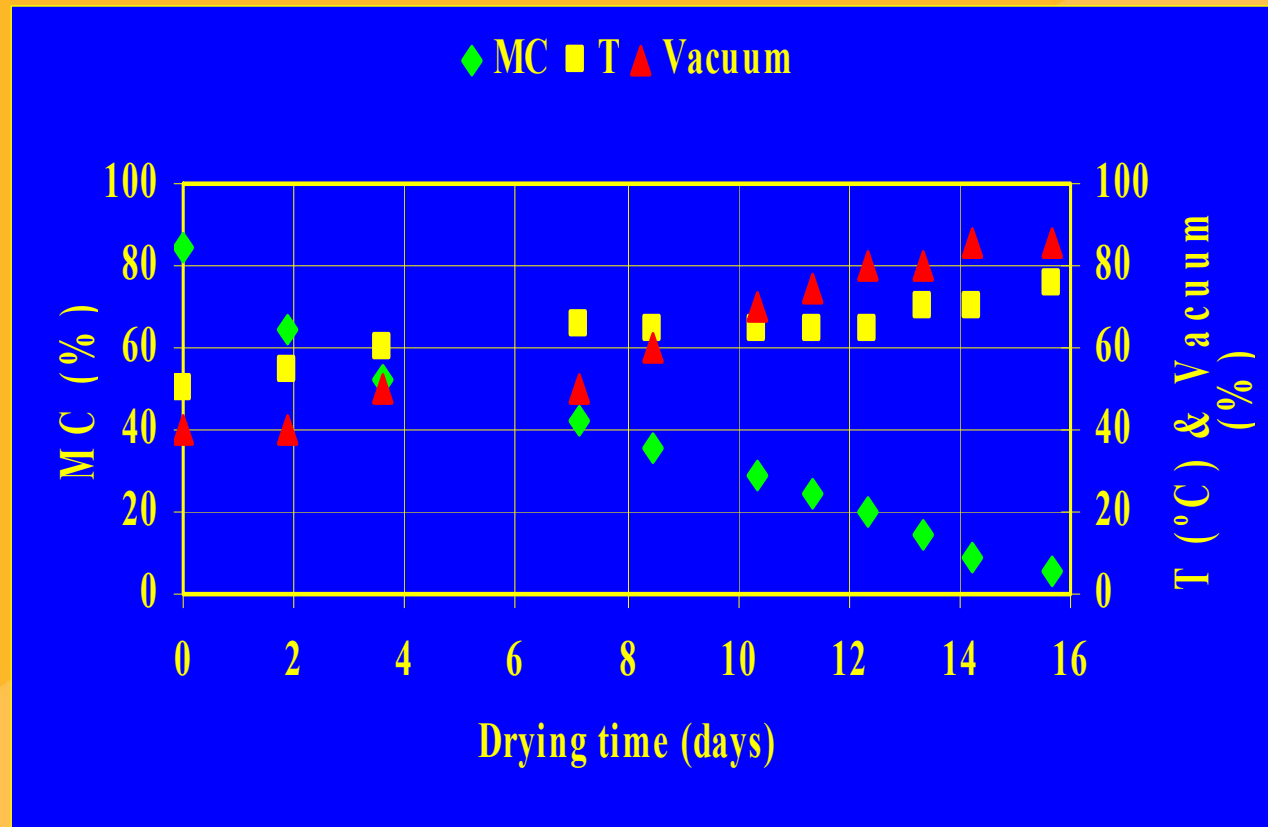
 ubiobio.cl



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
La Universidad de la Región del Bío-Bío

CURRENT STATUS OF CHILEAN HARDWOODS

- Vacuum drying of lenga: 50-mm



5Años

Desde Agosto 2014
Hasta Agosto 2019

ACREDITADA

• Gestión Institucional
• Docencia de Pregrado
• Investigación
• Vinculación con el Medio



ubiobio.cl



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
La Universidad de la Región del Biobío

CHALLENGES IN DRYING OF CHILEAN HARDWOODS

Using fast growing hardwoods
Higher than 40 m³/ha/year.
Low costly

Environmentally friendly hardwoods species
can be certified as sustainable managed forest

New solid wood products from eucalyptus wood
could be replace the used of native hardwood
species as Nothofagus



5 Años

Desde Agosto 2014
Hasta Agosto 2019

ACREDITADA

- Gestión Institucional
- Docencia de Pregrado
- Investigación
- Vinculación con el Medio



 ubiobio.cl



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
La Universidad de la Región del Biobío

Material

Juvenile wood

Age < 20 years old

Diameter < 40 cm

Growth-stresses

CHALLENGES IN DRYING OF CHILEAN HARDWOODS



5Años

Desde Agosto 2014
Hasta Agosto 2019

ACREDITADA

- Gestión Institucional
- Docencia de Pregrado
- Investigación
- Vinculación con el Medio



 ubiobio.cl



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
La Universidad de la Región del Biobío

CHALLENGES IN DRYING OF CHILEAN HARDWOODS

Sawnwood

Sawn-wood prepared
using band-saw.

Optimized production.
Compensated sawing
to alleviate growth-stresses



5Años

Desde Agosto 2014
Hasta Agosto 2019

ACREDITADA

- Gestión Institucional
- Docencia de Pregrado
- Investigación
- Vinculación con el Medio



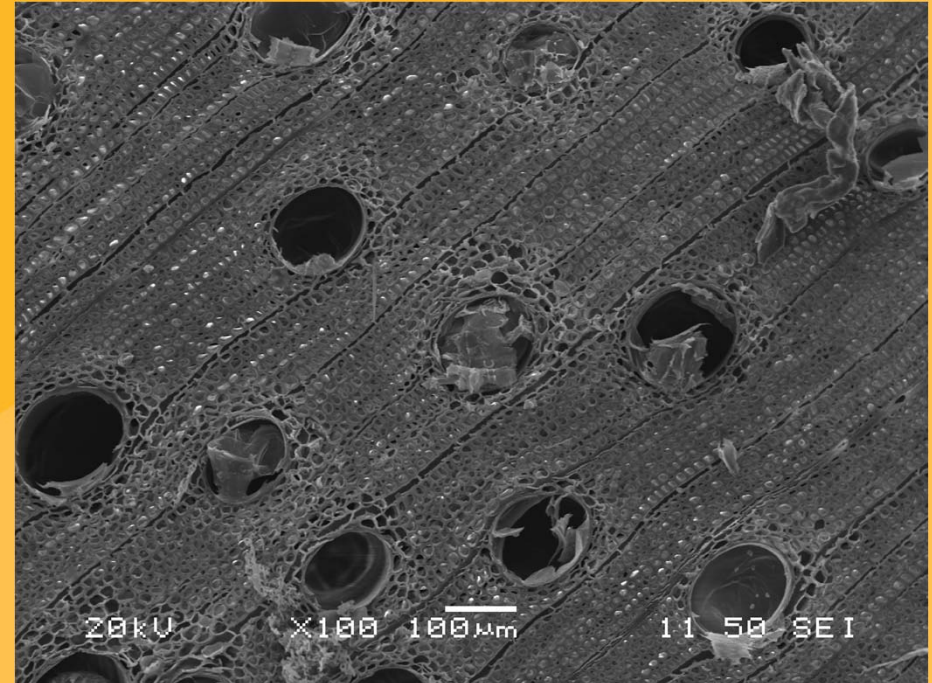
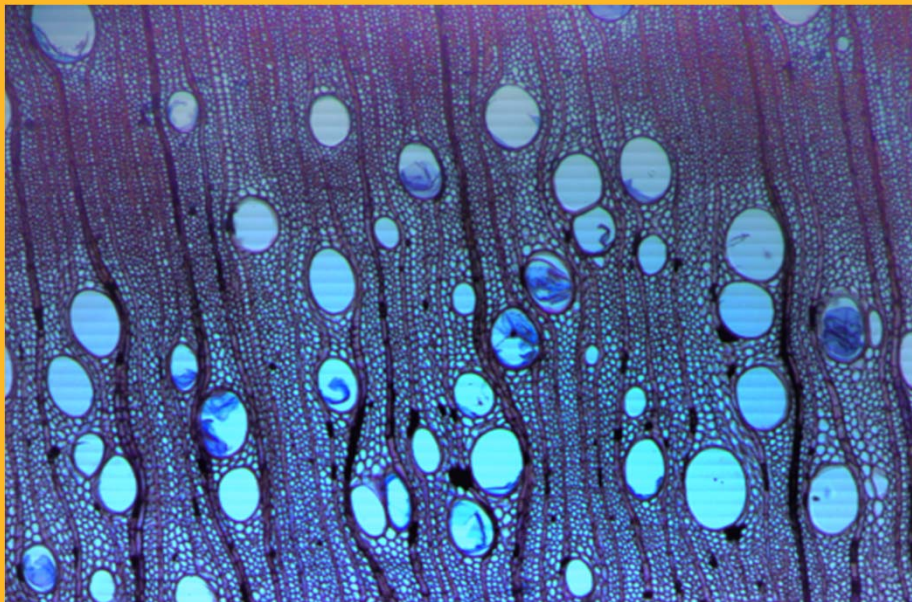
 ubiobio.cl



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
La Universidad de la Región del Biobío

CHALLENGES IN DRYING OF CHILEAN HARDWOODS

- Juvenile wood



Vessels: Tylosis, great diameter
Parenchyma paratraqueal abundant
High variability of anatomical features



5Años

Desde Agosto 2014
Hasta Agosto 2019

ACREDITADA

• Gestión Institucional
• Docencia de Pregrado
• Investigación
• Vinculación con el Medio



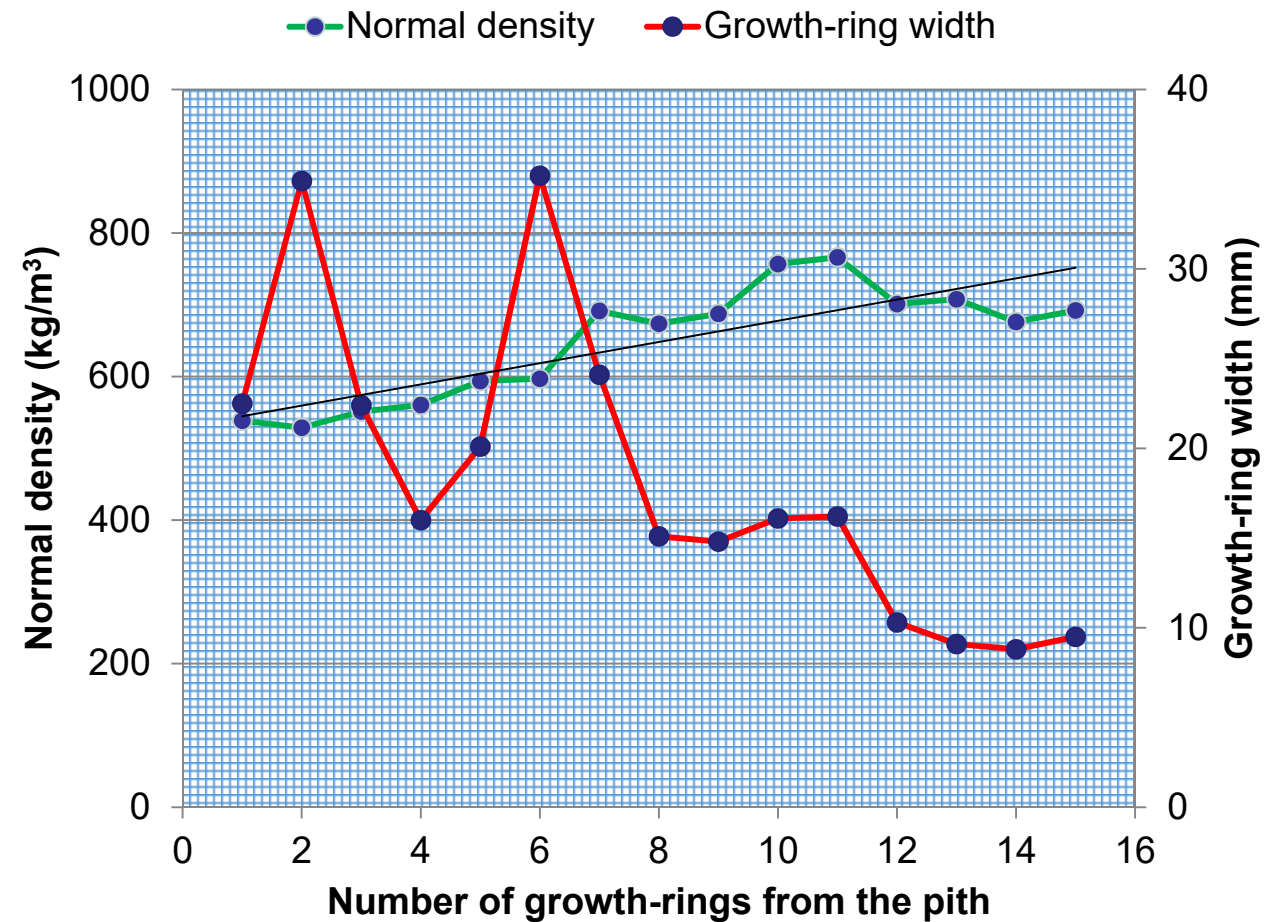
 ubiobio.cl



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
La Universidad de la Región del Biobío

CHALLENGES IN DRYING OF CHILEAN HARDWOODS

- Low density
- High growth-ring width
- High radial variability



5 Años

Desde Agosto 2014
Hasta Agosto 2019

ACREDITADA

• Gestión Institucional
• Docencia de Pregrado
• Investigación
• Vinculación con el Medio

Comisión Nacional
de Acreditación
CNA-Chile

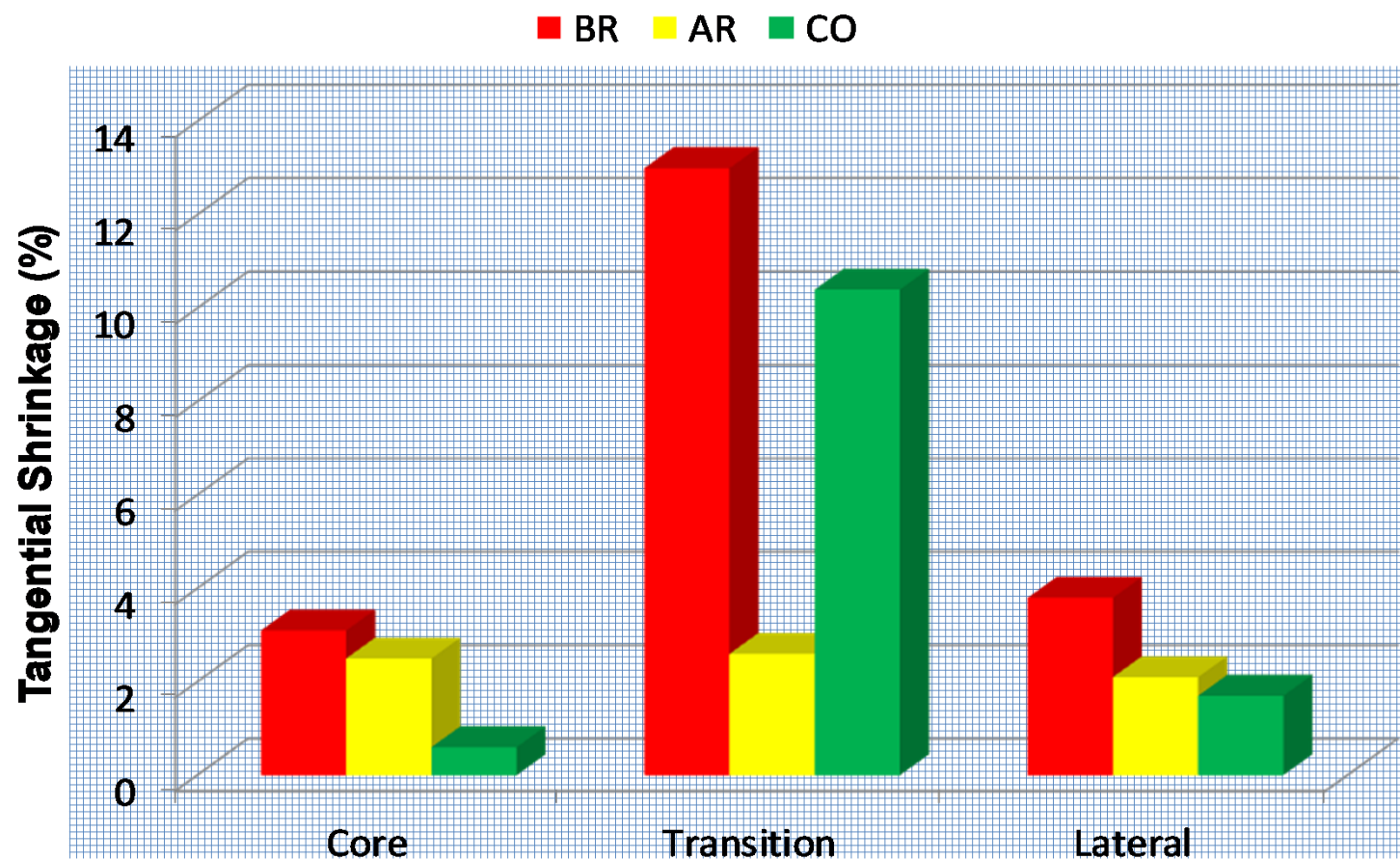
ubiobio.cl



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
La Universidad de la Región del Biobío

CHALLENGES IN DRYING OF CHILEAN HARDWOODS

High collapse



BR: Before reaconditioning, AR: After reaconditioning, CO: Collapse

5 Años

Desde Agosto 2014
Hasta Agosto 2019

ACREDITADA

• Gestión Institucional
• Docencia de Pregrado
• Investigación
• Vinculación con el Medio

Comisión Nacional
de Acreditación
CNA-Chile

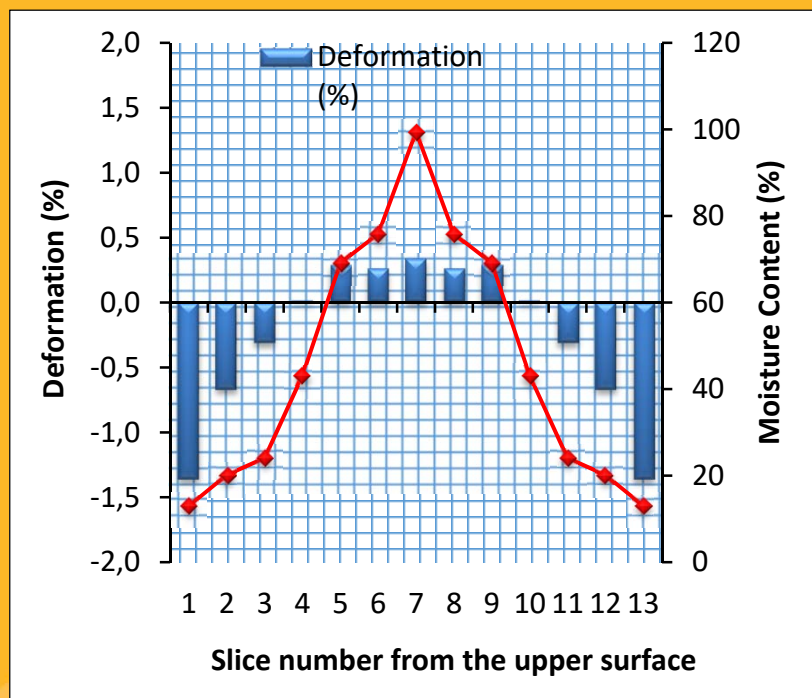
 ubiobio.cl



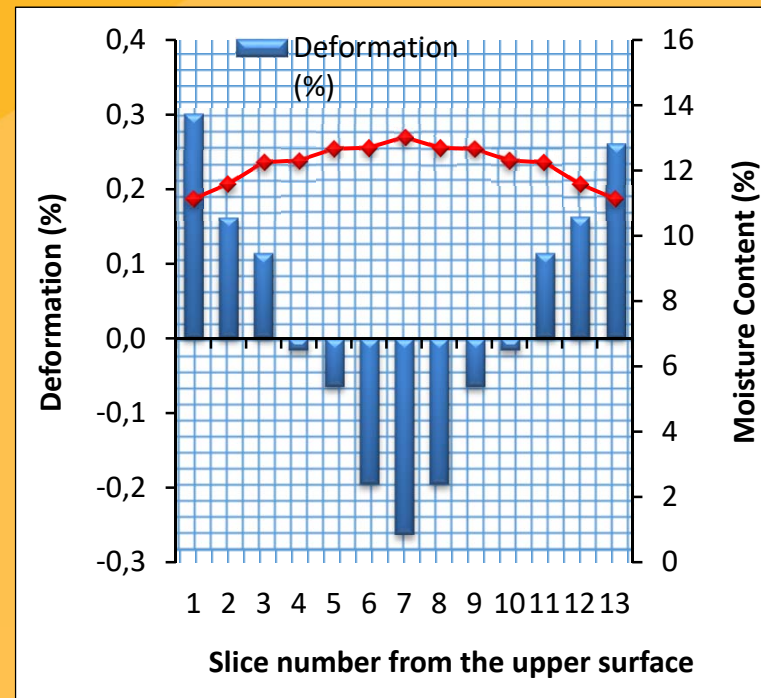
UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
La Universidad de la Región del Biobío

CHALLENGES IN DRYING OF CHILEAN HARDWOODS

High deformation during drying



Week 1



Week 8

5 Años

Desde Agosto 2014
Hasta Agosto 2019

ACREDITADA

• Gestión Institucional
• Docencia de Pregrado
• Investigación
• Vinculación con el Medio

Comisión Nacional
de Acreditación
CNA-Chile

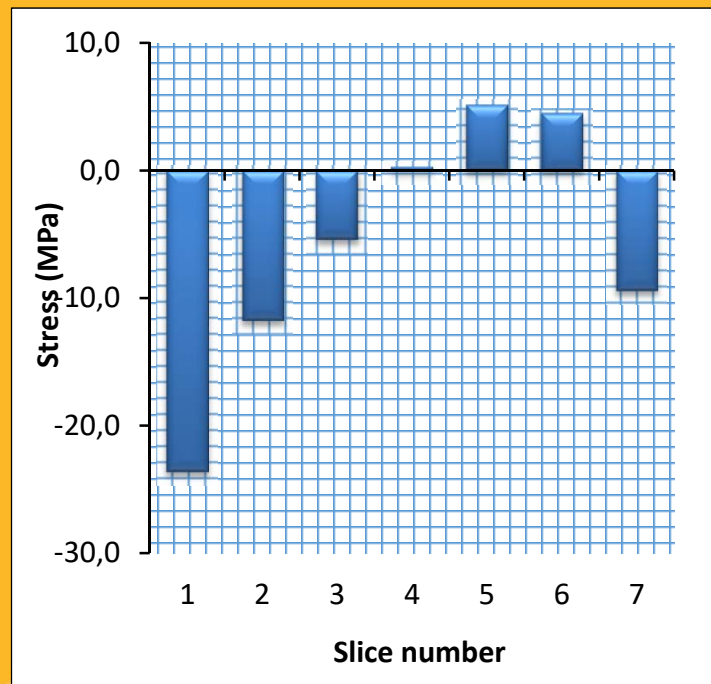
ubiobio.cl



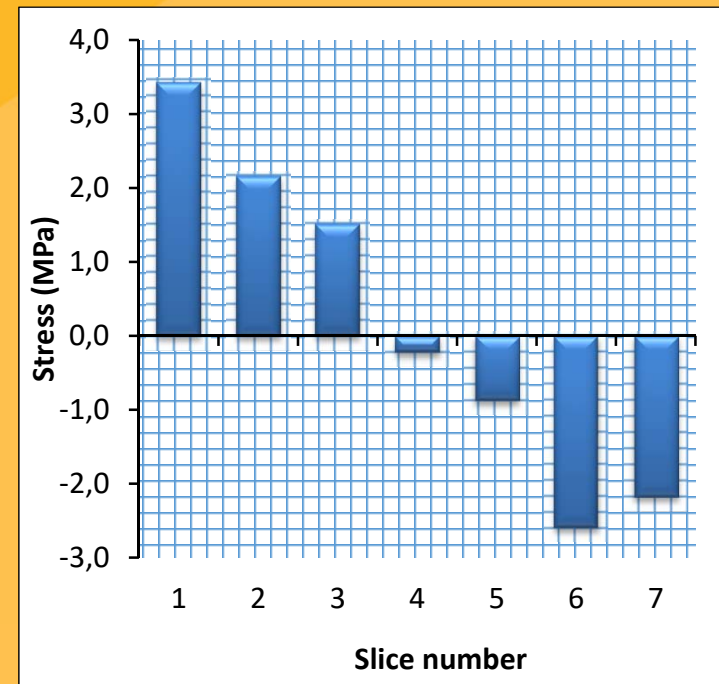
UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
La Universidad de la Región del Biobío

CHALLENGES IN DRYING OF CHILEAN HARDWOODS

High drying stress on the wood surface at the beginning of drying process.
Inducing surface checking.



Week 1



Week 2

5 Años

Desde Agosto 2014
Hasta Agosto 2019

ACREDITADA

• Gestión Institucional
• Docencia de Pregrado
• Investigación
• Vinculación con el Medio

Comisión Nacional
de Acreditación
CNA-Chile

 ubiobio.cl

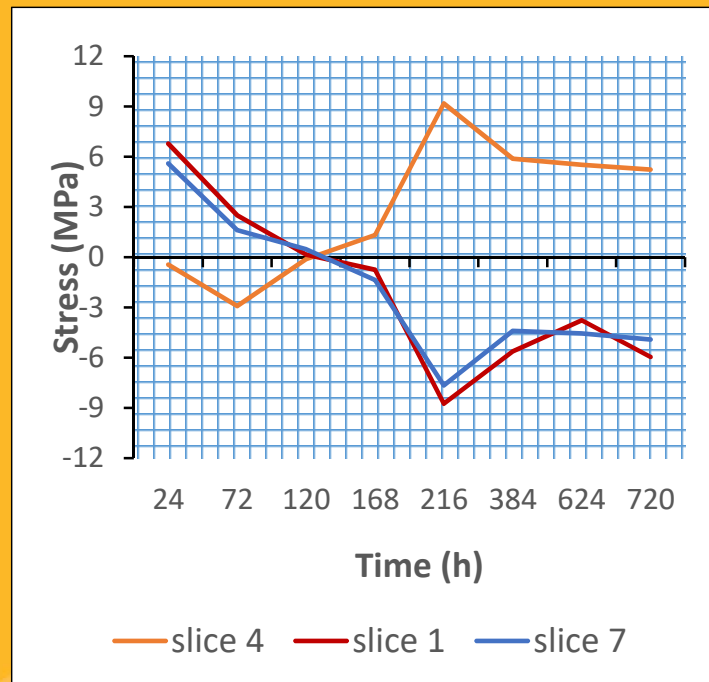


UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
La Universidad de la Región del Biobío

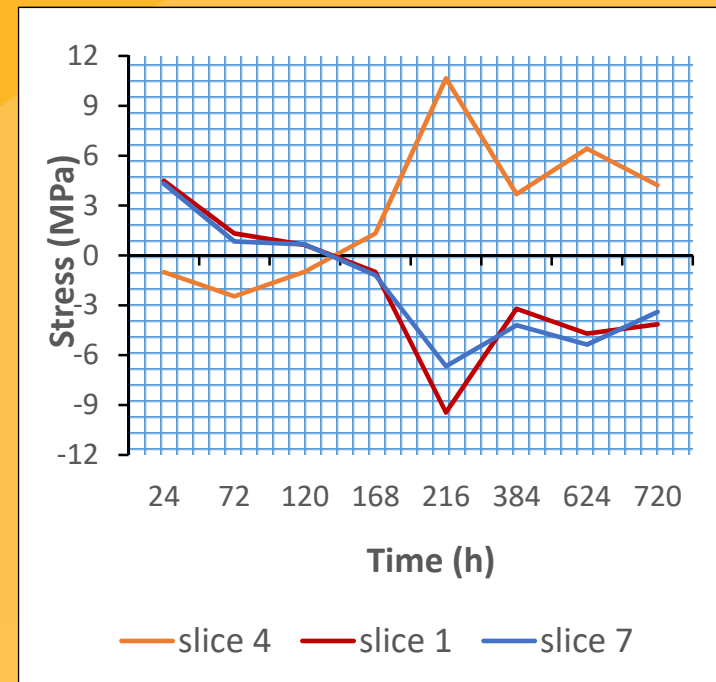
CHALLENGES IN DRYING OF CHILEAN HARDWOODS

Highest values of drying stress are induced during convective drying of juvenile wood.

- Intensify internal checks.
- Limited the collapse recuperation.



Radial



Tangential



5 Años

Desde Agosto 2014
Hasta Agosto 2019

ACREDITADA

- Gestión Institucional
- Docencia de Pregrado
- Investigación
- Vinculación con el Medio

Comisión Nacional
de Acreditación
CNA-Chile

ubiobio.cl

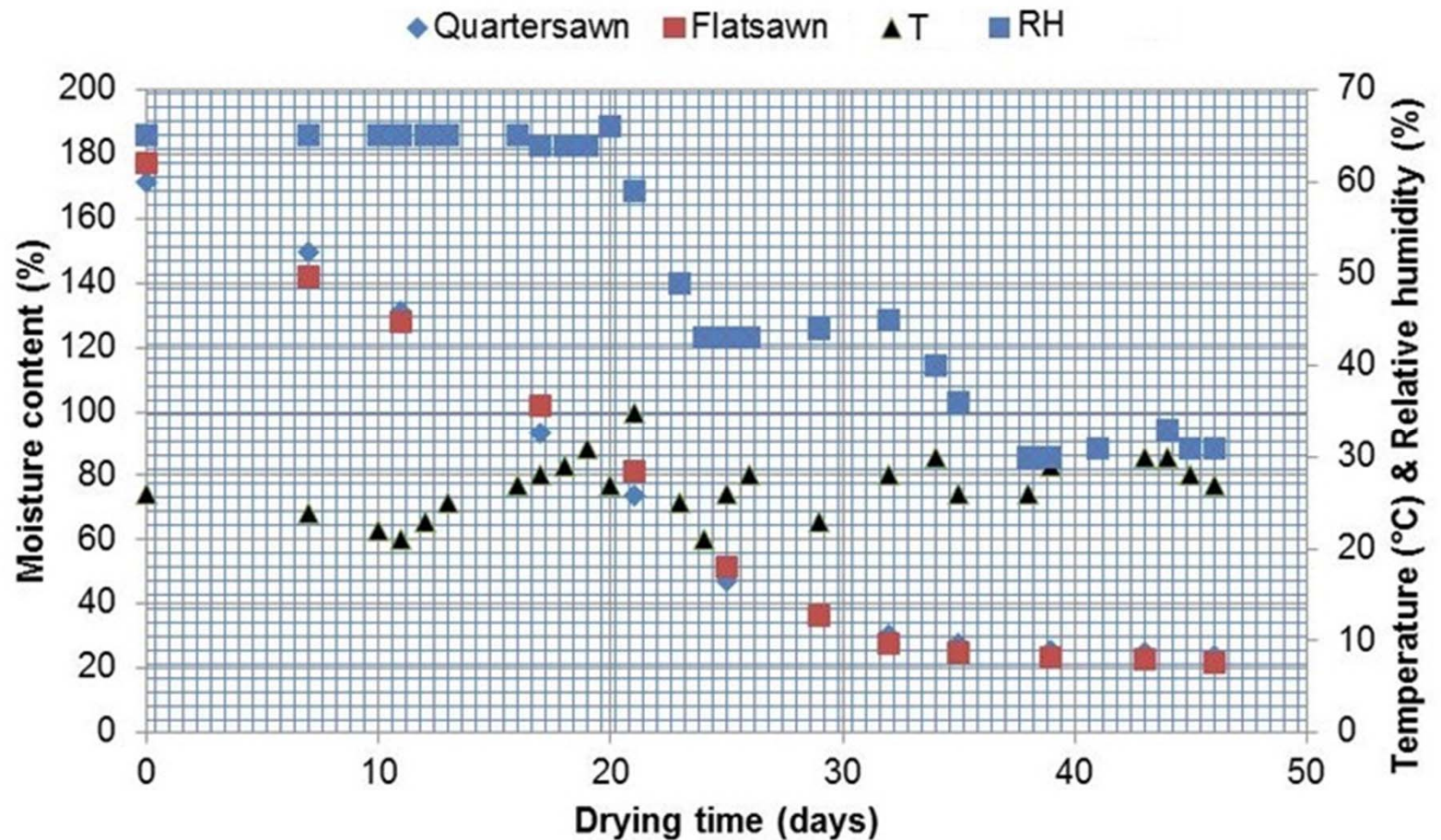


UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
La Universidad de la Región del Bío-Bío

RESEARCH IN DRYING OF CHILEAN HARDWOODS

Drying schedules

Low T
Very low
air-velocity



5Años

Desde Agosto 2014
Hasta Agosto 2019

ACREDITADA

Gestión Institucional
Docencia de Pregrado
Investigación
Vinculación con el Medio



ubiobio.cl

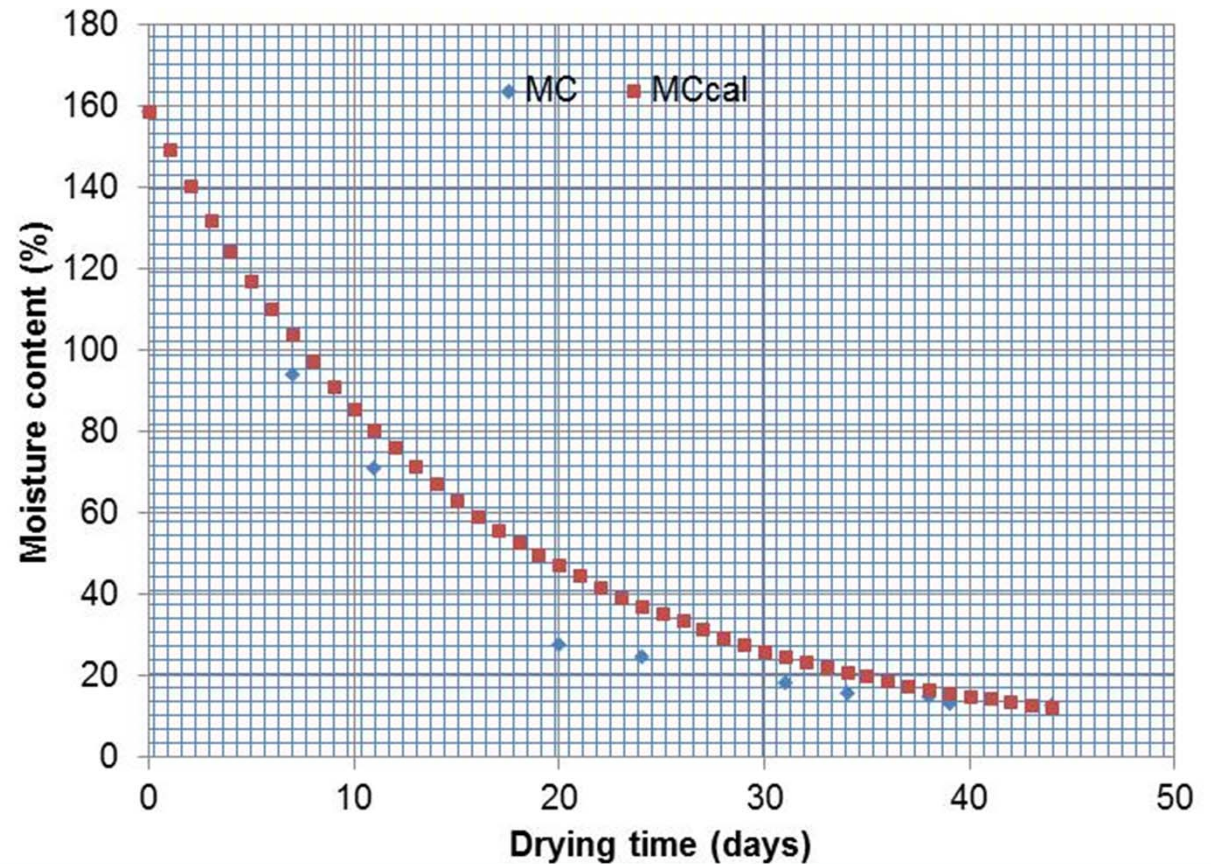


UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
La Universidad de la Región del Biobío

RESEARCH IN DRYING OF CHILEAN HARDWOODS

Simple drying simulation of MC

- Drying low T
- Using a global mass-transfer coefficient
- Performing of drying schedules
- To control MC



5Años

Desde Agosto 2014
Hasta Agosto 2019

ACREDITADA

- Gestión Institucional
- Docencia de Pregrado
- Investigación
- Vinculación con el Medio



 ubiobio.cl

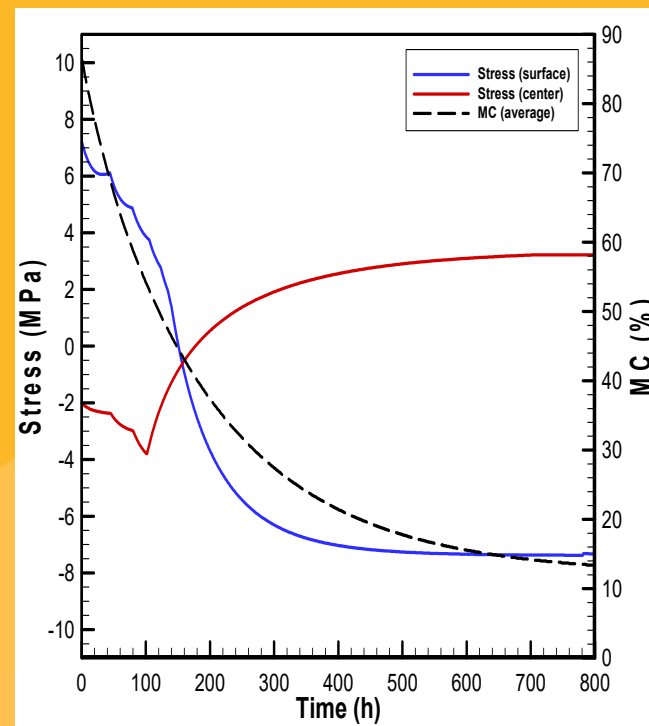


UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
La Universidad de la Región del Biobío

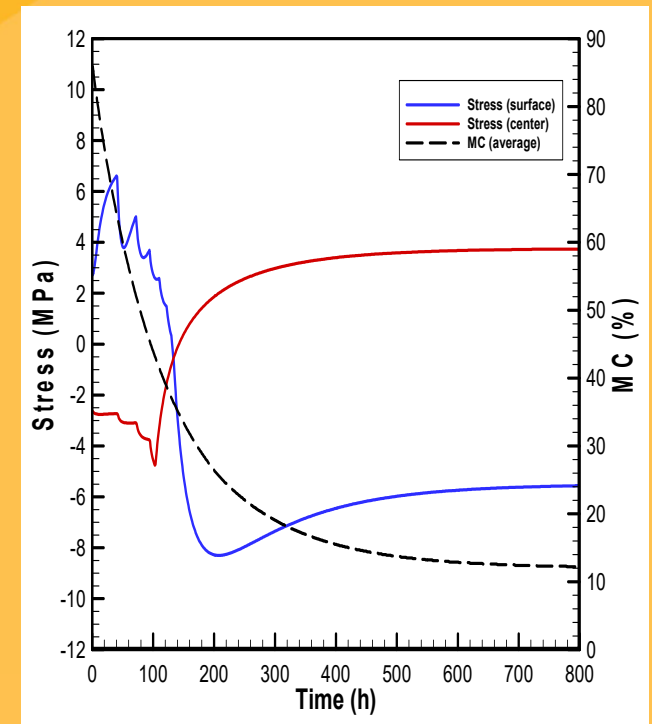
RESEARCH IN DRYING OF CHILEAN HARDWOODS

Simulation of the drying stresses

- Drying low T
- Performing drying schedules
- To reduce drying checks



Radial



Tangential

5 Años

Desde Agosto 2014
Hasta Agosto 2019

ACREDITADA

- Gestión Institucional
- Docencia de Pregrado
- Investigación
- Vinculación con el Medio

Comisión Nacional
de Acreditación
CNA-Chile

 **ubiobio.cl**

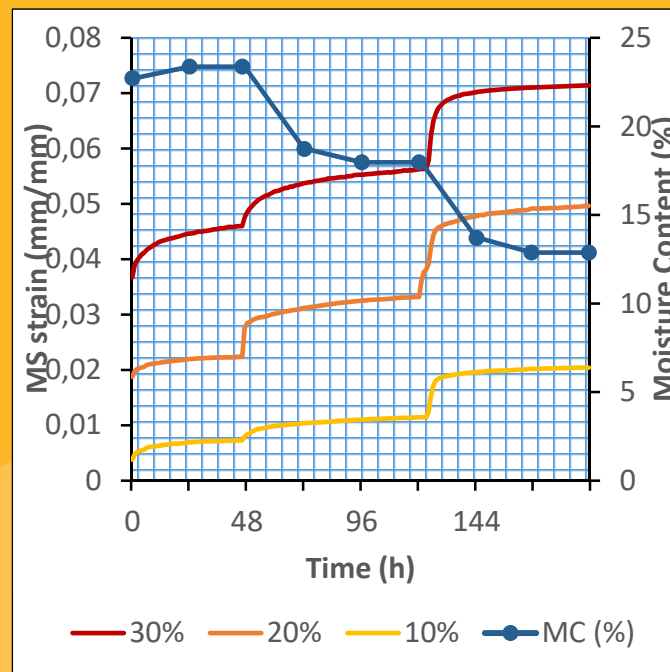


UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
La Universidad de la Región del Biobío

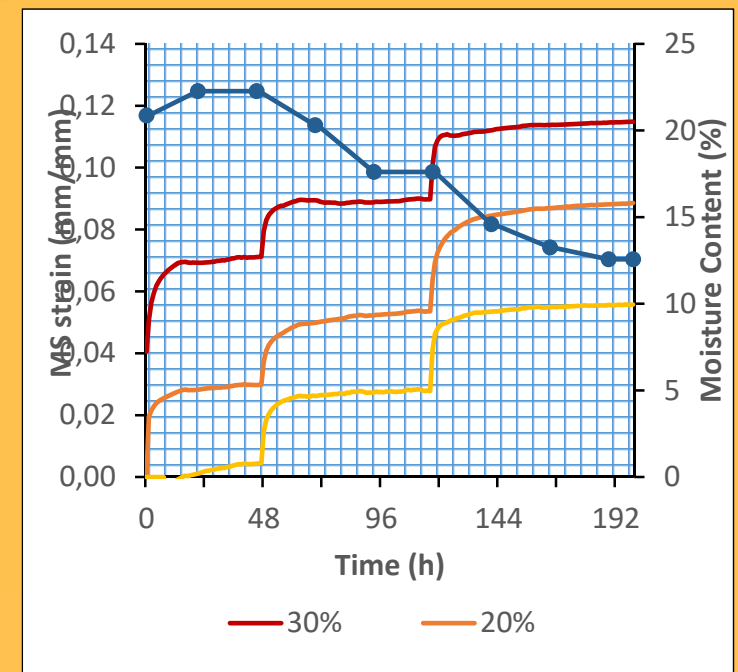
RESEARCH IN DRYING OF CHILEAN HARDWOODS

Mechano-sorption strain

- Drying low T
- Performing drying schedules
- Recovering collapse
- To relieve drying-stresses



Radial



Tangential

5 Años

Desde Agosto 2014
Hasta Agosto 2019

ACREDITADA

- Gestión Institucional
- Docencia de Pregrado
- Investigación
- Vinculación con el Medio

Comisión Nacional
de Acreditación
CNA-Chile

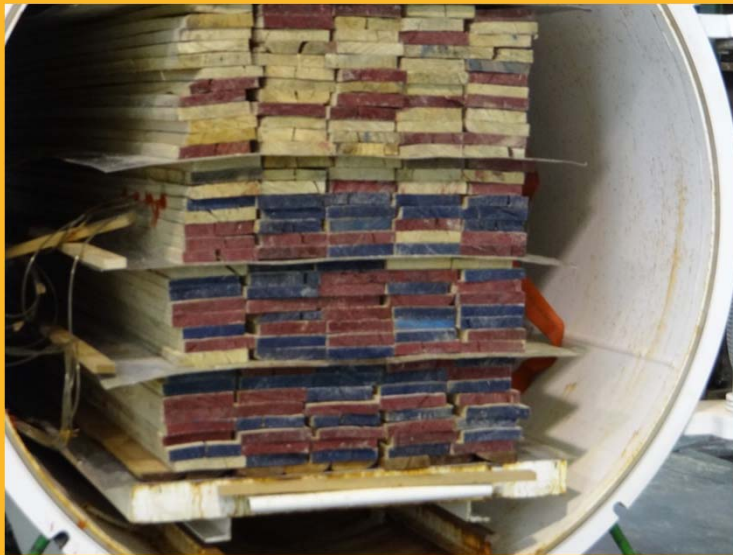
ubiobio.cl



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
La Universidad de la Región del Biobío

RESEARCH IN DRYING OF CHILEAN HARDWOODS

E. nitens 25-mm



a) Before drying RFV



b) After drying RFV (150 h)

5 Años

Desde Agosto 2014
Hasta Agosto 2019

ACREDITADA

- Gestión Institucional
- Docencia de Pregrado
- Investigación
- Vinculación con el Medio

Comisión Nacional
de Acreditación
CNA-Chile

 ubiobio.cl



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
La Universidad de la Región del Biobío

RESEARCH IN DRYING OF CHILEAN HARDWOODS

E. nitens 25-mm



c) After reaconditioning (12h)



5Años

Desde Agosto 2014
Hasta Agosto 2019

ACREDITADA

- Gestión Institucional
- Docencia de Pregrado
- Investigación
- Vinculación con el Medio



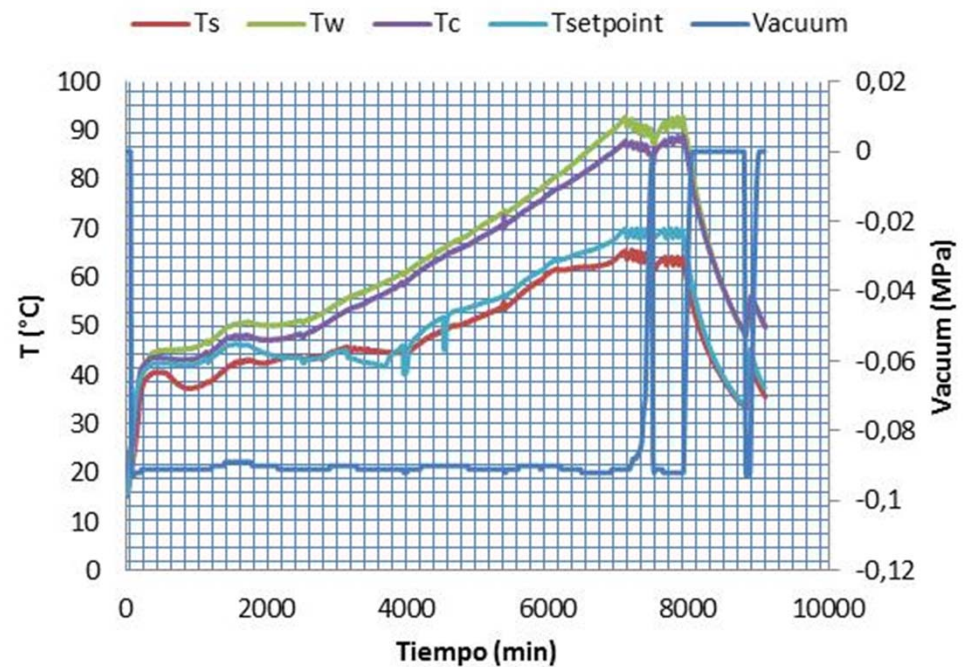
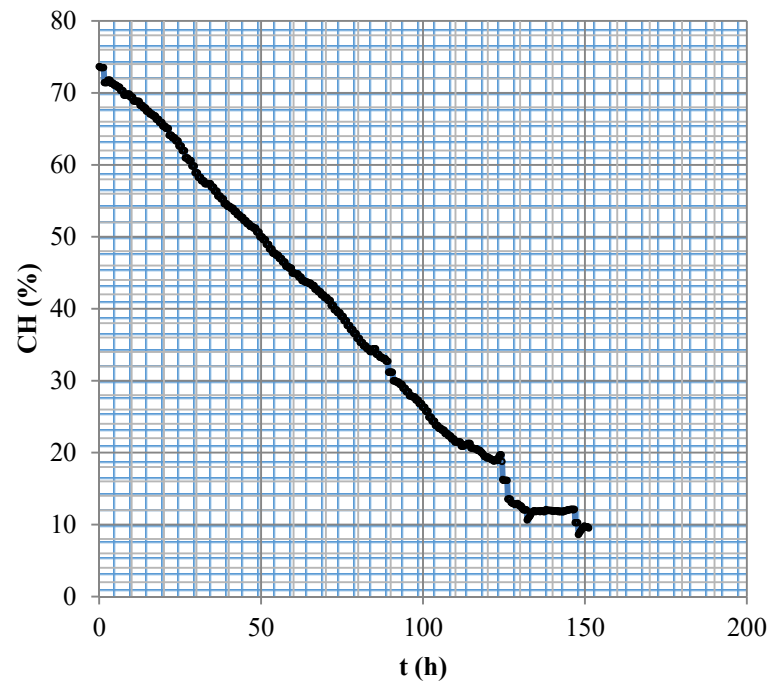
 ubiobio.cl



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
La Universidad de la Región del Biobío

RESEARCH IN DRYING OF CHILEAN HARDWOODS

Drying RFV nitens 25-mm



5 Años

Desde Agosto 2014
Hasta Agosto 2019

ACREDITADA

• Gestión Institucional
• Docencia de Pregrado
• Investigación
• Vinculación con el Medio

Comisión Nacional
de Acreditación
CNA-Chile

 ubiobio.cl



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
La Universidad de la Región del Biobío

RESEARCH IN DRYING OF CHILEAN HARDWOODS

E. nitens 50-mm



a) Before drying RFV



b) After drying RFV



5Años

Desde Agosto 2014
Hasta Agosto 2019

ACREDITADA

- Gestión Institucional
- Docencia de Pregrado
- Investigación
- Vinculación con el Medio

Comisión Nacional
de Acreditación
CNA-Chile

 ubiobio.cl



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
La Universidad de la Región del Biobío

RESEARCH IN DRYING OF CHILEAN HARDWOODS



c) Before reaconditoning



c) After reaconditoning (12 h)



5 Años

Desde Agosto 2014
Hasta Agosto 2019

ACREDITADA

- Gestión Institucional
- Docencia de Pregrado
- Investigación
- Vinculación con el Medio



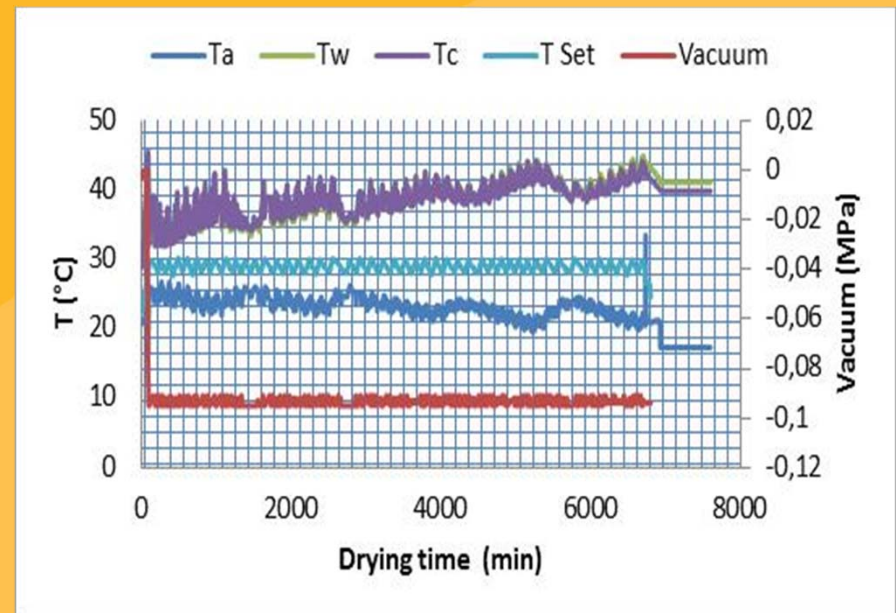
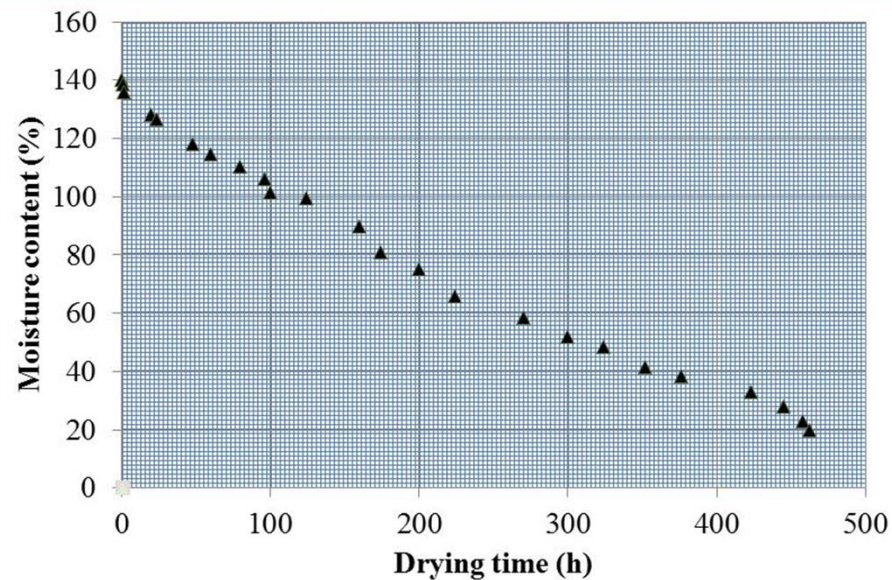
 **ubiobio.cl**



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
La Universidad de la Región del Biobío

RESEARCH IN DRYING OF CHILEAN HARDWOODS

E. nitens 50-mm



5 Años

Desde Agosto 2014
Hasta Agosto 2019

ACREDITADA

- Gestión Institucional
- Docencia de Pregrado
- Investigación
- Vinculación con el Medio



ubiobio.cl



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
La Universidad de la Región del Biobío

RESEARCH IN DRYING OF CHILEAN HARDWOODS

RFV drying of *E. regnans* 25 mm

a) Before RFV drying



a) After RFV drying



5 Años

Desde Agosto 2014
Hasta Agosto 2019

ACREDITADA

- Gestión Institucional
- Docencia de Pregrado
- Investigación
- Vinculación con el Medio



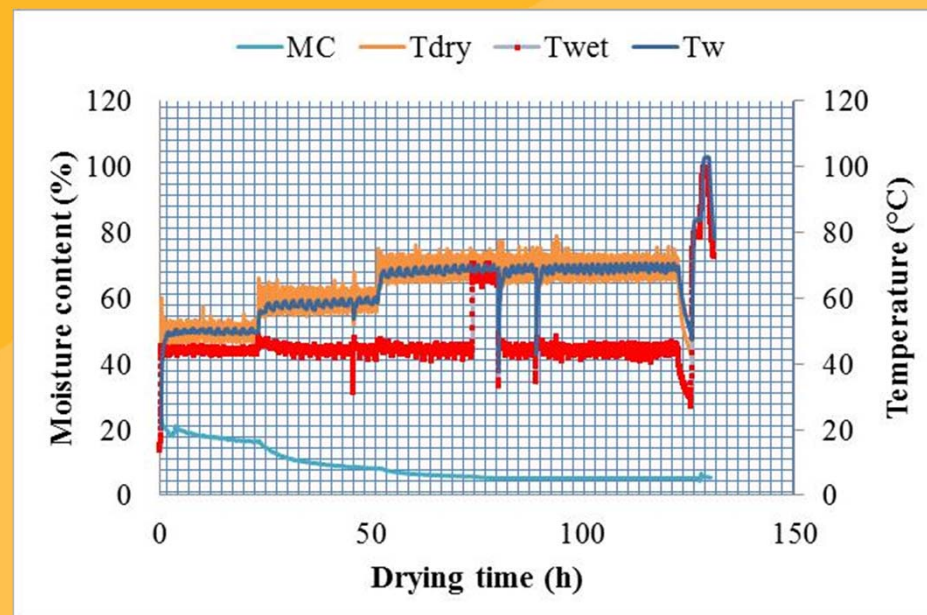
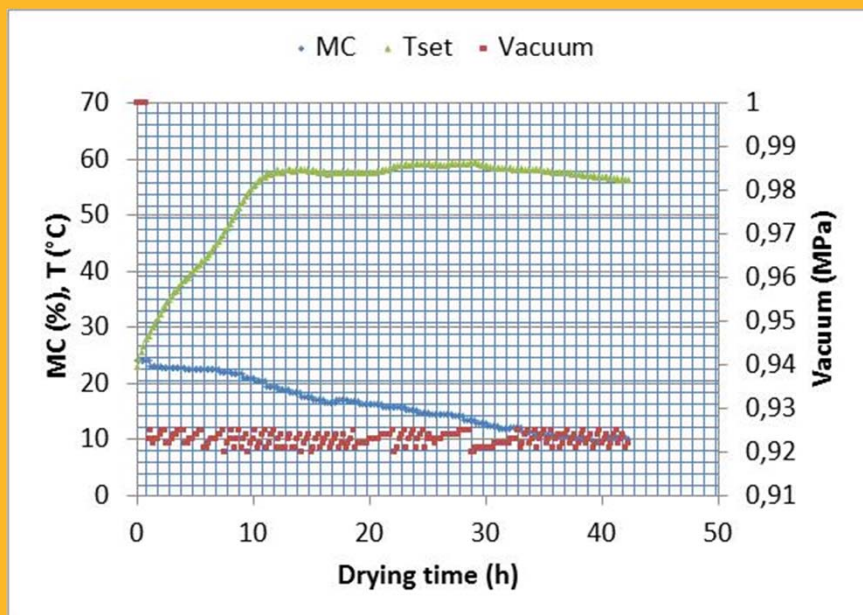
 ubiobio.cl



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
La Universidad de la Región del Bío-Bío

RESEARCH IN DRYING OF CHILEAN HARDWOODS

E. regnans 25-mm



5Años

Desde Agosto 2014
Hasta Agosto 2019

ACREDITADA

- Gestión Institucional
- Docencia de Pregrado
- Investigación
- Vinculación con el Medio



ubiobio.cl



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
La Universidad de la Región del Biobío

RESEARCH IN DRYING OF CHILEAN HARDWOODS

Thermal wood modification of *E. nitens* 25 mm

a) Before TWM



a) After TWM



5Años

Desde Agosto 2014
Hasta Agosto 2019

ACREDITADA

- Gestión Institucional
- Docencia de Pregrado
- Investigación
- Vinculación con el Medio



 ubiobio.cl



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
La Universidad de la Región del Biobío

Drying-etape:

Drying time: 44 h

$T_d = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$

$T_w = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$

MC from 12 to 4 %.

TWM-etape:

TWM time: 3h

$T_d = 190\text{ }^{\circ}\text{C}$

$T_w = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$

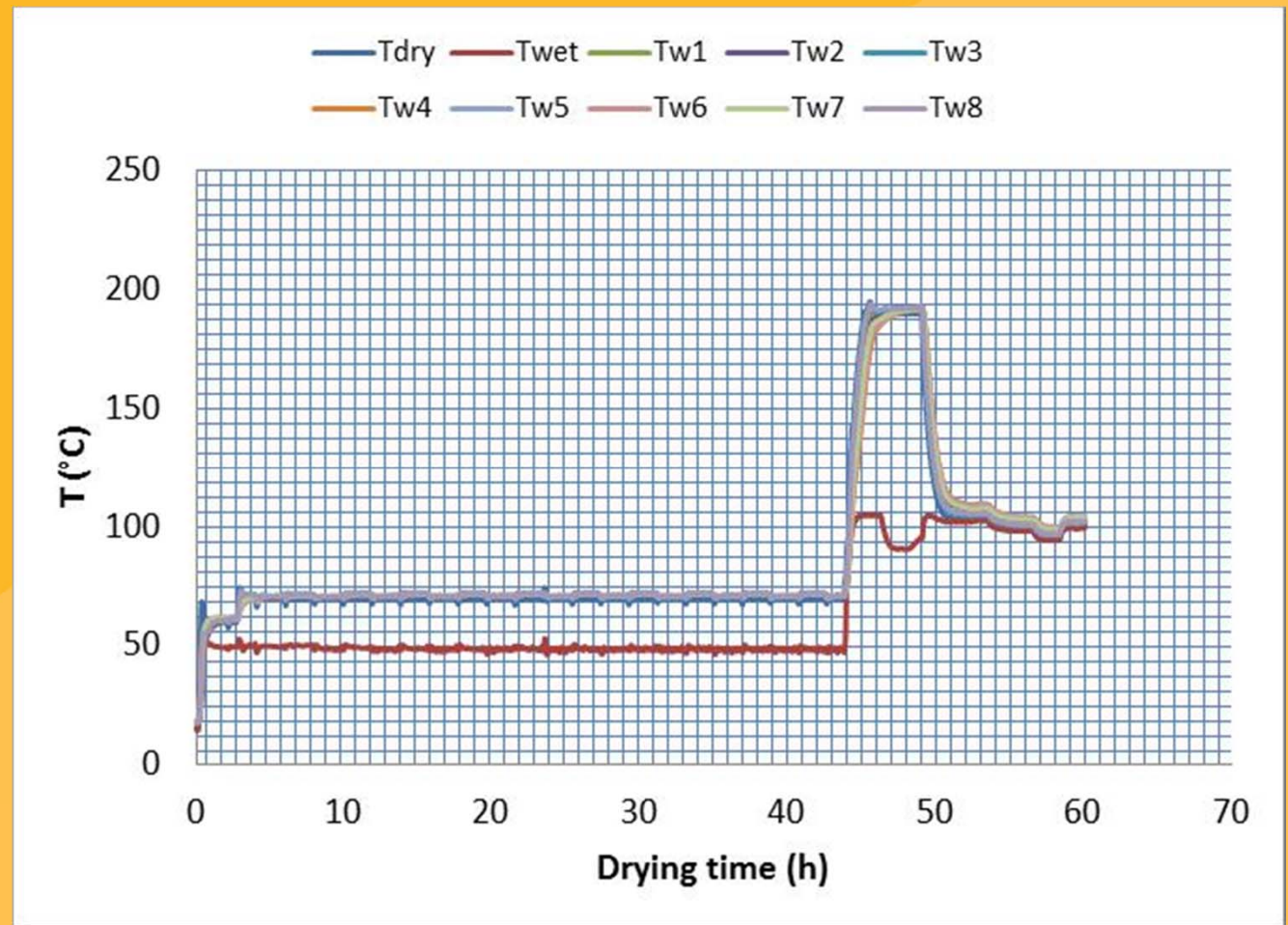
Cooling stage $T_w < 100\text{ }^{\circ}\text{C}$

Conditioning stage

Final MC 6-8%

RESEARCH IN DRYING OF CHILEAN HARDWOODS

Thermal wood modification *E. nitens* 25-mm



5Años

Desde Agosto 2014
Hasta Agosto 2019

ACREDITADA

• Gestión Institucional
• Docencia de Pregrado
• Investigación
• Vinculación con el Medio

Comisión Nacional
de Acreditación
CNA-Chile

ubiobio.cl



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
La Universidad de la Región del Biobío

Conclusions

Drying development of Chilean hardwoods will enable wood producers to begin replacing expensive and often environmentally damaging hardwoods species with less costly and sustainably managed eucalyptus wood for solid wood products.

Once the technological problem of drying Eucalyptus is solved, then the produced wood will seek to substitute other more expensive and less sustainable native hardwood species both internally and in the international market.

RFV drying can be applied successfully in some Chilean hardwoods, as well Eucalyptus.

Thermal wood modification is another development for some Chilean hardwoods as well Eucalyptus, for solid wood products.



5Años

Desde Agosto 2014
Hasta Agosto 2019

ACREDITADA

- Gestión Institucional
- Docencia de Pregrado
- Investigación
- Vinculación con el Medio



 **ubiobio.cl**



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
La Universidad de la Región del Biobío

“...Yo llevo por el mundo
en mi cuerpo, en mi ropa,
aroma de aserradero,
olor de tabla roja...”
(Oda a la madera, Pablo Neruda)

Thank you for your attention



5Años

Desde Agosto 2014
Hasta Agosto 2019

ACREDITADA

- Gestión Institucional
- Docencia de Pregrado
- Investigación
- Vinculación con el Medio



 **ubiobio.cl**