



# **Factores técnicos, económicos y ambientales del uso de la madera en la construcción**

Technical, economic and environmental factors in the use of wood in construction.

**Jorge Cabrera Perramón, Chile**

# TEMARIO



**SECTOR FORESTAL CHILENO**

**CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA**

**ASPECTOS AMBIENTALES**

**COMENTARIO FINAL**

# HITOS sector forestal chileno

- 1952:** Carrera Ingeniería Forestal U. de Chile
- 1954:** Carrera Ingeniería Forestal U. Austral
- 1961:** Instituto Forestal – INFOR (FAO-CORFO)
- 1973:** Corporación Nacional Forestal (CONAF), EN 1970 COREF
- 1974:** Ley de Fomento D.L.701
- 1994:** Ley Bases Medio Ambiente (crea CONAMA) Ley 19.300
- 1998:** Modificación ley de fomento (D.L. 701); extiende vigencia
- 2008:** Ley de Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal
- 2010:** Creación del Ministerio de Medio Ambiente (sucede a CONAMA)
- 2015:** Discusión parlamentaria sobre nueva ley de fomento

# RECURSOS FORESTALES DE CHILE

## BOSQUE NATIVO ÚNICO



- MONUMENTOS NATURALES 17.880 ha
- PARQUES NACIONALES 8.718.260 ha
- RESERVAS NACIONALES 5.387.433 ha

## BOSQUE NATIVO



BOSQUES DE PROTECCIÓN  
5.8 M ha



BOSQUES DE PRODUCCIÓN  
7.6 M ha

## AREAS SIN B.N



PLANTACIONES  
2.600.000 ha

FORESTABLE  
2.000.000 ha

SNASPE : 14,6 mill. ha

Ley MA

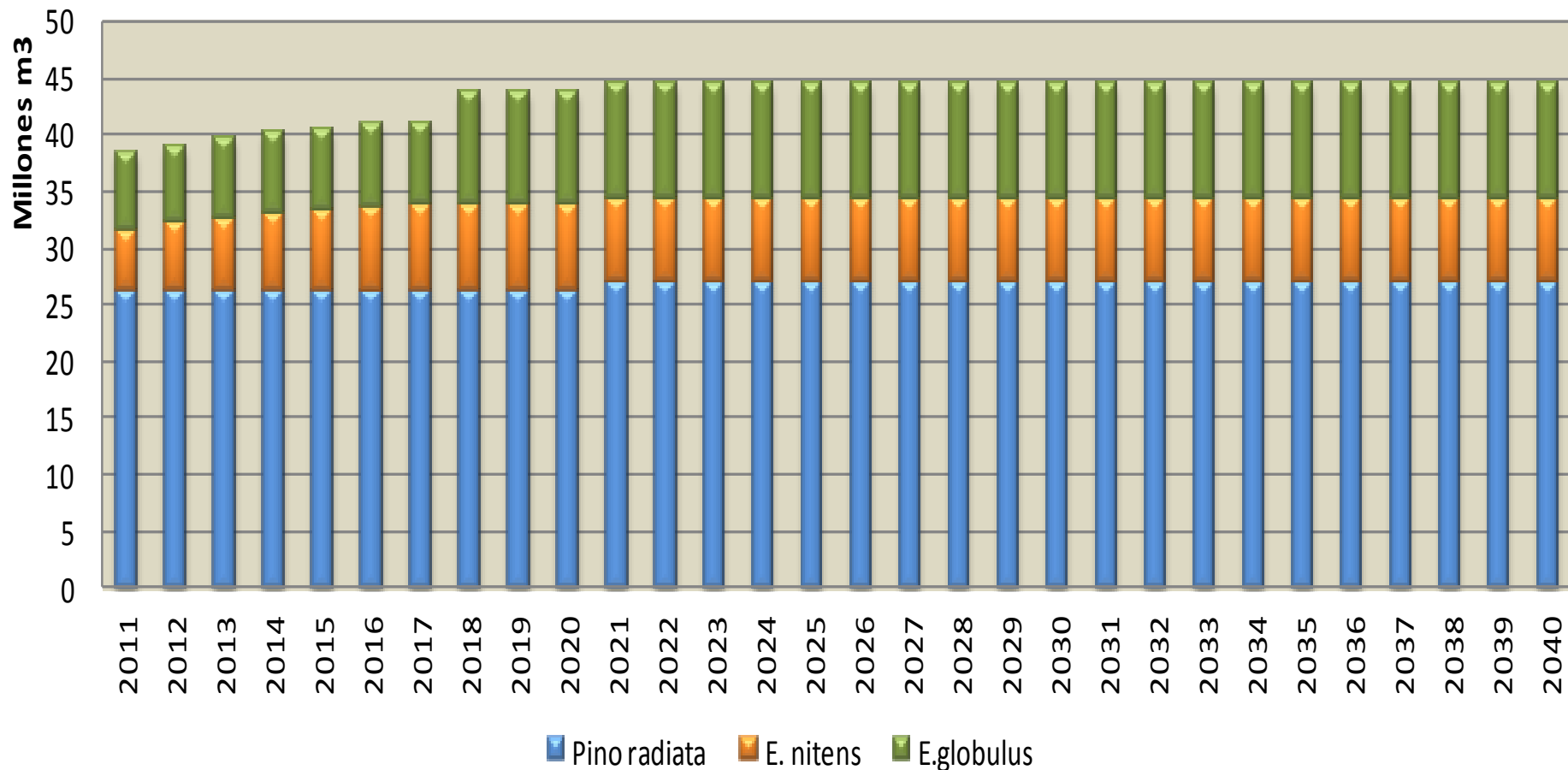
BOSQUE NATIVO : 13,4 mill. ha

Ley BN

DL 701 ?

# PLANTACIONES FORESTALES: PROYECCIONES

## Disponibilidad en Pie Escenario Base período 2011- 2045



# PLANTACIONES : PINO RADIATA



**Densidad**  
**0,41 g/cm<sup>3</sup>**

**IMA**  
**20-24**  
**m<sup>3</sup>/ha/año**

**Edad Corta**  
**18-22**  
**años**

**Uso**  
**Todos**  
**Con**  
**tecnología**



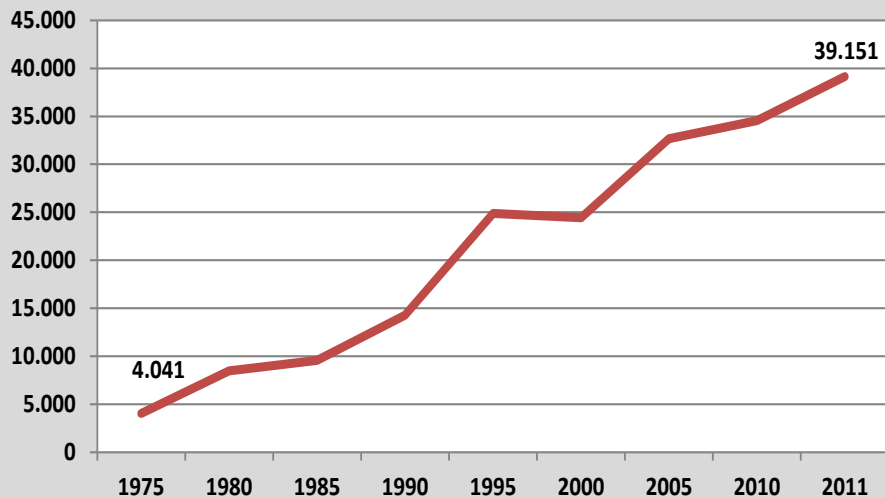
# PRODUCCIÓN Y EXPORTACIONES



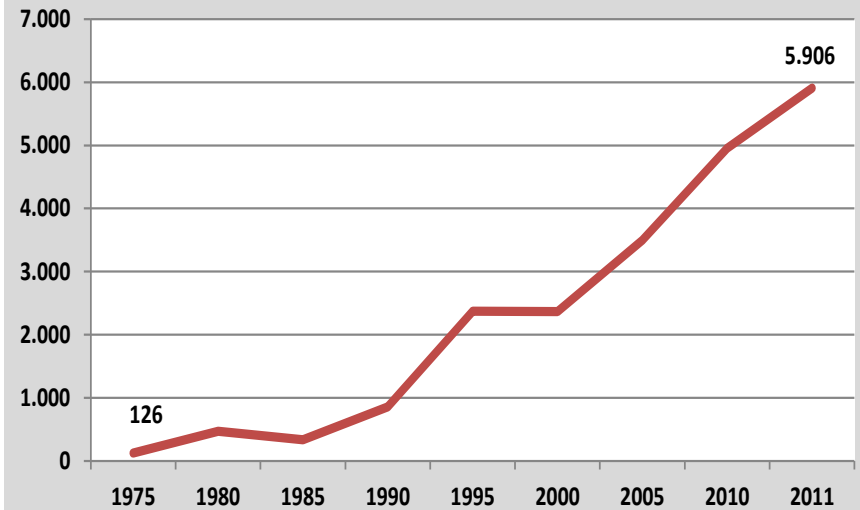
INFOR



### Corta Anual Trozas Industriales (Mm<sup>3</sup>)



### Exportaciones Forestales (MMUS\$)



(Fuente: INFOR, 2012)

# EXPORTACIÓN FORESTAL A ARGENTINA

<b>GRUPO MADERAS</b>	<b>2.013</b>	<b>2014</b>
ARTICULOS MANUFACTURADOS	6.407.050	7.597.538
TABLEROS DE MADERA	3.208.872	2.123.410
CAJAS CAJONES Y OTROS ENVASES	1.897.963	1.677.906
MADERA ASERRADA	858.619	884.445
PUERTAS, VENTANAS Y SUS MARCOS	305.130	474.828
MUEBLES Y SUS PARTES	252.621	203.591
CHAPAS DE MADERA		9.075
ELEMENTOS PARA CONSTRUCCION	44.690	6.750
PALOS DE HELADO; ARROZ Y FOSFOROS		3.455
MOLDURAS DE MADERA	1.080	
MADERA IMPREGNADA	21.402	
MADERA CEPILLADA	2.930	
<b>Total general</b>	<b>13.000.355</b>	<b>12.980.999</b>
<b>TODOS LOS PRODUCTOS</b>	<b>156.200.000</b>	<b>141.700.000</b>



# CARÁCTERÍSTICAS DE LA MADERA

- BIOLÓGICO
- ANISOTRÓPICA
- HIGROSCÓPICA
  
- FÍSICAS
  - Color
  - Textura
  - Veteado
  - Densidad
  - Hendebilidad
  - Dilatación térmica
  - Dureza
  - Flexibilidad
  - Durabilidad
  - Contracción
  - Hinchamiento

# CARÁCTERÍSTICAS DE LA MADERA

- QUÍMICAS
  - Celulosa                      - hemicelulosa                      - lignina
- MECANICAS (capacidad para resistir fuerzas externas)
  - Rigidez
  - Compresión
  - Flexión
  - Tracción
  - Tenacidad
  - Cizalle
  - Clivaje
  - Dureza
  - Extracción de clavo

# CARÁCTERÍSTICAS DE LA MADERA

- PROPIEDADES ELÉCTRICAS
  - madera seca es aislante eléctrico
- PROPIEDADES ACÚSTICAS
  - buena por su estructura porosa
- PROPIEDADES TÉRMICAS
  - absorbe calor muy lentamente, buen aislante
- DISEÑO
  - permite lo acogedor.

# MADERA: SISMICIDAD

## BUEN COMPORTAMIENTO FRENTE A LOS SISMOS

20 años



27F\_2010 / 8,8 Richter / 3 min, 25 segundos

12 años

17 años



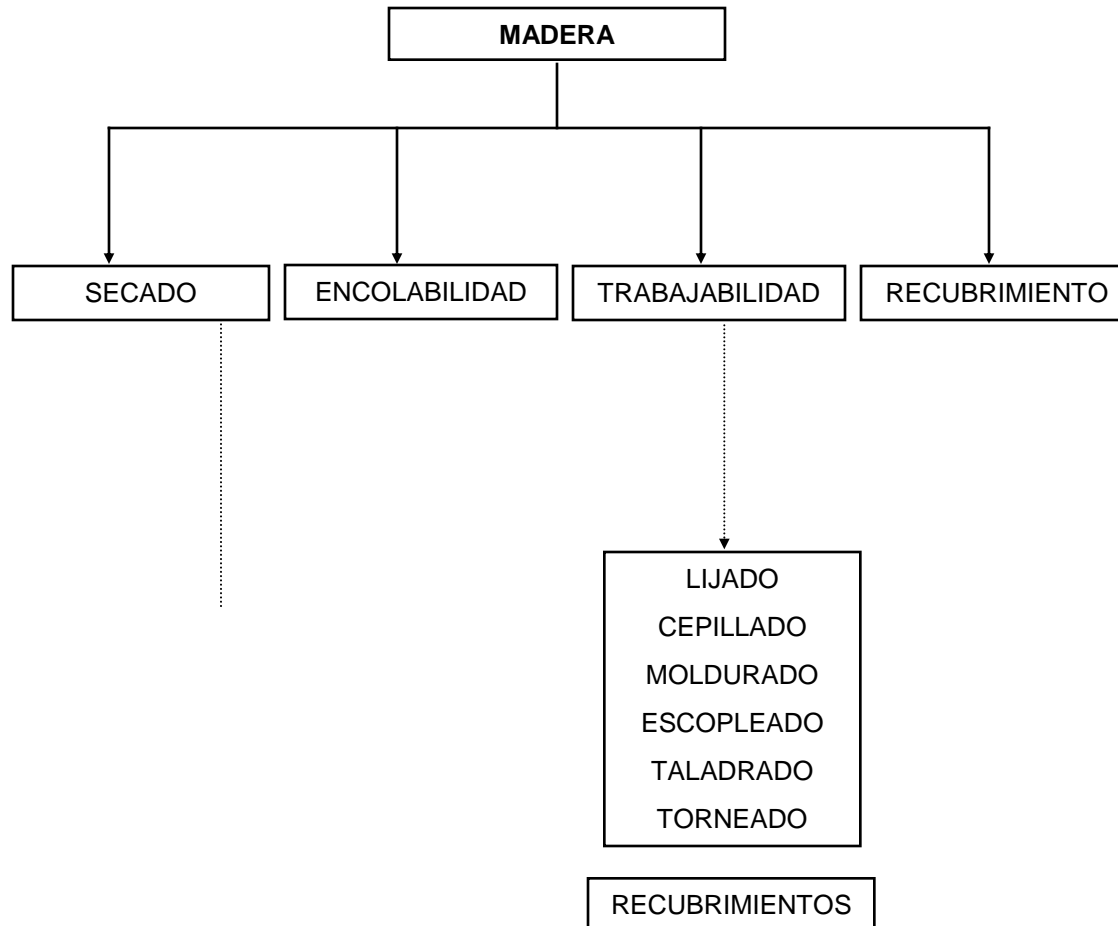
# CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA

Tabla 3. Principales propiedades fisico-mecánicas de la madera de Eucalyptus globulus

PROPIEDADES	Media	Rango	Coef. de variación	Resultado
Peso específico	0.76	0.42 - 1.07	11% a 20%	Medio
Dureza	6.0	3 - 10.1	22% a 28%	Medio-Alto
Contracción radial total (%)	7.5	2.9 - 11.6	13% a 30%	Alto
Contracción tangencial total (%)	13.8	6.9 - 20	8% a 27%	Alto
Punto de saturación de la fibra (%)	37	27 - 53	5% a 14%	Alto
Módulo de elasticidad (Mpa)	20580	6500 - 33000	17% a 31%	Alto
Resistencia a la compresión (Mpa)	71	39 - 107	12% a 20%	Alto
Resistencia a la flexión (Mpa)	130	48 - 181	12% a 23%	Alto

Fuente: CIS-Madera/CIRAD-Fôret

# TRATAMIENTOS



# RECUBRIMIENTOS



QUÍMICOS CASEROS (ASTM D1308)



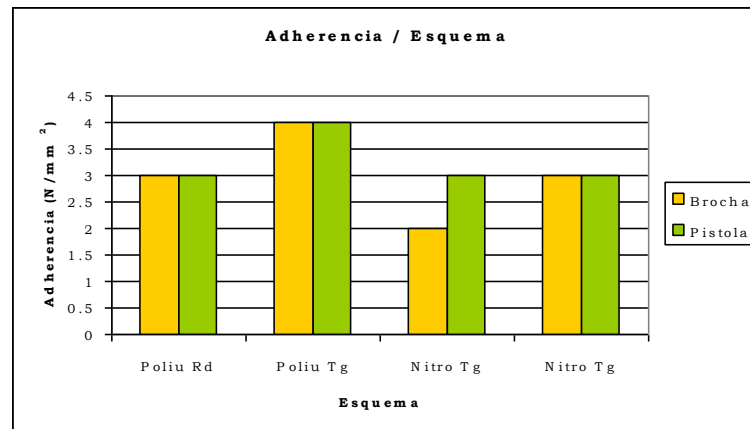
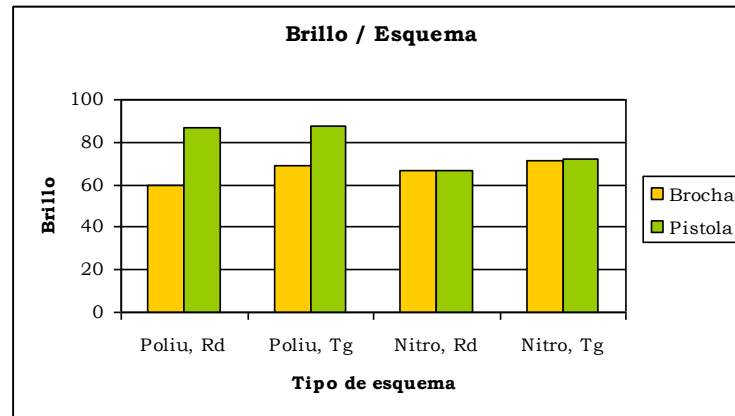
BRILLO (ASTM D523)



ADHERENCIA (ASTM D4541)



Mediciones a los 15 min, 1 hora y 16 horas



# LA CONSTRUCCIÓN CON MADERA





# LA CONSTRUCCIÓN CON MADERA



# LA CONSTRUCCIÓN CON MADERA

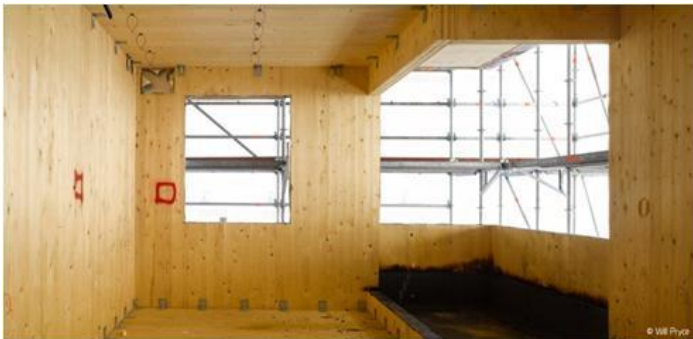


## EDIFICIO MURRAY GROVE



Residencial, 9  
pisos, Londres,  
AÑO: 2008,

3 días/piso, 4  
carpinteros=  
 $3 \times 9 = 27$  días

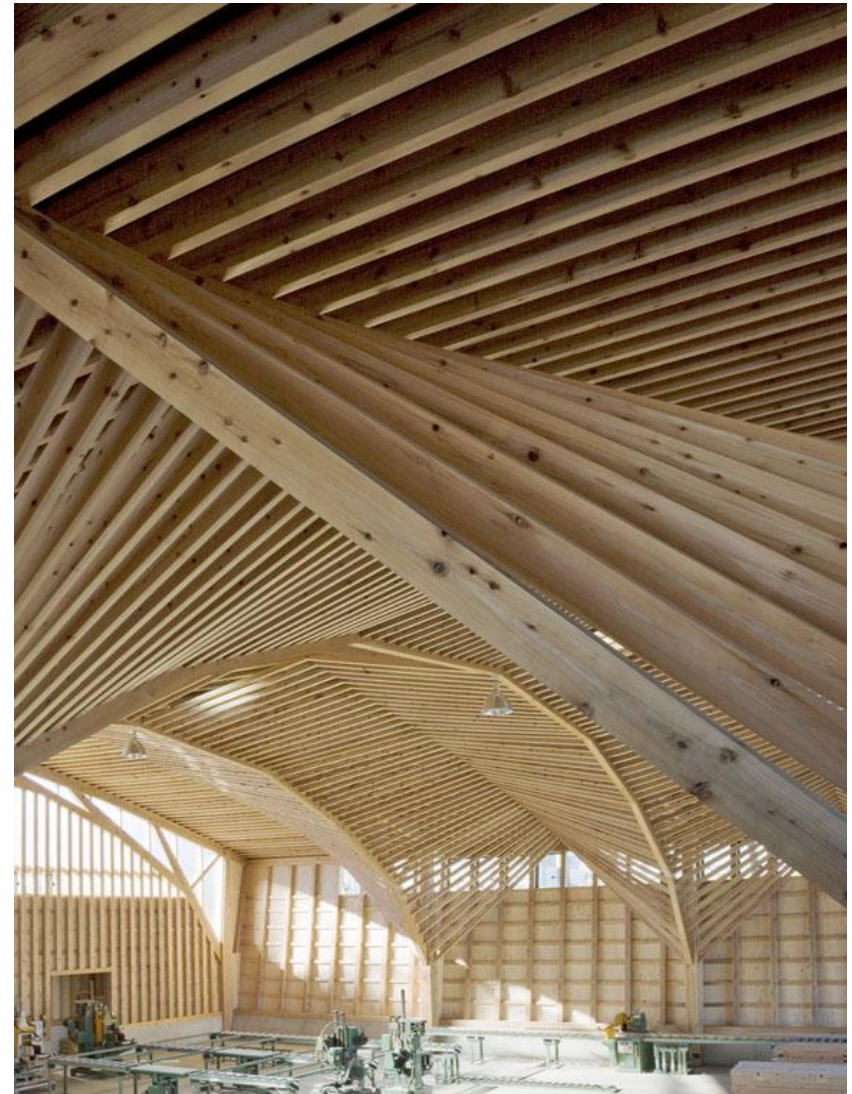


950 m<sup>3</sup> CLT,  
ahorro de 22  
semanas VS  
concreto



# LA CONSTRUCCIÓN CON MADERA

## KITAZAWA KENCHIKU FACTORY



# LA CONSTRUCCIÓN CON MADERA

**PACKING FRUTA ORGÁNICA GREENVIC S.A., 4.800 m2 (SAN FERNANDO, CHILE)**



# MADERA: PAISAJE ENTORNO

## HOTEL TIERRA PATAGONIA (HOTEL DEL VIENTO)



# MADERA: ACOGEDOR



# CONSTRUCCIÓN EN MADERA

**EJEMPLOS DE FLEXIBILIDAD / BELLEZA /CONFORT:**



**CENTER POMPIDOU-  
METZ**



# EL PROBLEMA DEL CAMBIO CLIMÁTICO

## LLAMADO DE ALERTA

### CO<sub>2</sub> en la atmósfera llega a su mayor nivel desde la aparición del ser humano

► Su concentración llegó a 400 partes por millón, cifra no vista desde hace tres millones de años.

► La cifra podría incidir en un aumento de temperatura mayor al de 2°C esperado por la ONU.



► La quema de combustibles fósiles es causa directa del aumento de CO<sub>2</sub>. FOTO: AFP

*Marcelo Córdova*

Por primera vez en la historia de la especie humana moderna, la cual empezó hace unos 200.000 años, la concentración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la atmósfera de la Tierra alcanzó la marca de 400 partes por millón (ppm). El récord fue registrado por instrumentos del Observatorio Mauna Loa - ubicado en Hawái y que monitorea este gas de efecto invernadero que atrapa el calor - y, según los científicos, marca un hito en los cambios impuestos por la actividad del hombre en el clima, ya que se estima que estos niveles no se daban desde hace tres millones de años.

En aquella época, señalan los expertos de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de Estados Unidos (Noaa) y la Institución Scripps de Oceanografía - autores del nuevo análisis -, el planeta era dos a tres grados Celsius más cálido, los camellos vivían en el ártico y el nivel oceánico era entre 10 y 40 metros mayor al actual, por lo que de presentarse hoy, muchas ciudades costeras terminarían cubier-

tas por el agua.

Aunque una marca de 400 ppm no es vista aún como un punto irreversible para evitar un desastre para la vida del hombre y de muchas otras especies - muchos científicos plantean que ese límite es de 450 ppm -, sí habla de la velocidad con la que las emisiones de origen humano han modificado el planeta.

Según los investigadores, los niveles globales de CO<sub>2</sub> variaron entre 170 ppm y 300 ppm durante cientos de miles de años, hasta el inicio de la Revolución Industrial, a fines del siglo XVIII. Luego se disparó y en apenas dos siglos aumento en 43%.

"Desearía que no fuera cierto, pero parece que el mundo seguirá avanzando más allá del récord de los 400 ppm sin perder el ritmo. A este paso llegaremos a un nivel de 450 ppm dentro de unas cuantas décadas", afirmó al portal Mother Nature Network el geoquímico Ralph Keeling, hijo de Charles Keeling, quien inició las mediciones en Mauna Loa en 1958. De hecho, la marca de 450 ppm está estrechamente ligada a la meta de Naciones Unidas, que busca evitar que la

#### LAS EMISIONES

**35,6 mil millones de toneladas de CO<sub>2</sub> fue el récord de emisiones que se alcanzó en 2012.** La

cifra es 2,6% mayor a la de 2011, según la Universidad de East Anglia (Inglaterra).

Actualmente, casi el 95% de las emisiones de dióxido de carbono provienen de la quema de combustibles fósiles, como el carbón, el petróleo y el gas.

temperatura global aumente más de 2°C.

De no ser así, las consecuencias podrían ser bastante negativas. Por ejemplo, en EE.UU. se calculó que un aumento de 10 metros en el nivel oceánico provocaría la inundación de un área habitada por el 25% de la población de ese país. "La nueva marca es un hito sombrío. Debería servir como un llamado de alerta para que todos apoyemos el desarrollo de energías limpias, antes de que sea demasiado tarde para nuestros hijos y nietos", agregó Tim Lueker, oceanógrafo de Scripps, a Mother Nature Network. ●



# PROBLEMA DEL CAMBIO CLIMÁTICO

## EFFECTO SOBRE EL PLANETA

Cambio climático:  
57% de las plantas y  
35% de animales  
pueden desaparecer

► Especies de Amazonía, Australia y Africa serán las más afectadas. En Chile, la zona centro sur.

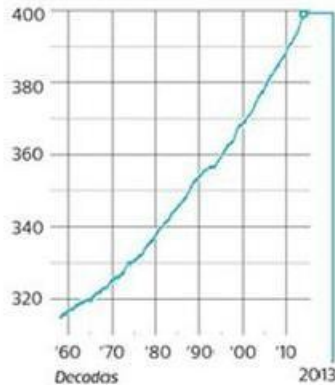
► Estudio surge a días que NOAA publicara que nivel de CO<sub>2</sub> alcanzó récord histórico.

### EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMATICO EN LAS ESPECIES

Estudio británico calculó cómo el cambio climático afectará el hábitat de cerca de 50 mil especies en tres escenarios: si nada se hace y la temperatura del planeta aumenta 4 °C para 2100 o si se mitiga el CO<sub>2</sub> -desde 2016 o 2030- y se logra reducir el alza a 2 - 2,8° C.

#### Récord de partículas de CO<sub>2</sub>

Partes por millón (PPM)

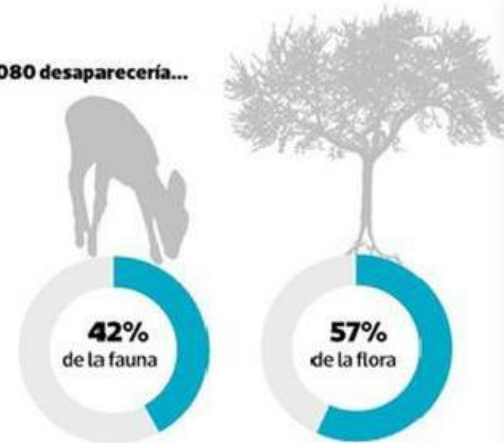


El NOAA de EE. UU. reveló que en abril, las concentraciones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera llegaron a casi 400 ppm (partes por millón). Sobre 500 ppm se habla de cambio climático.

#### Si no se hace algo

De no mitigar las emisiones de CO<sub>2</sub>, la temperatura del planeta aumentará en 4 °C. En el peor escenario:

Al 2080 desaparecería...



# PROBLEMA DEL CAMBIO CLIMÁTICO

**Las emisiones de CO<sub>2</sub> es la causa principal**



**T<sup>o</sup> media crecerá de 0,1 a 0,4 °C cada 10 años**

**La concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera se doblará antes del 2100**

# LA MADERA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

## Reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>

**Dos formas:**

- Reduciendo las fuentes de carbono
- Aumentando los sumideros de carbono

- Minimizar uso energía
- Sustitución de materiales
- Sustitución de energía

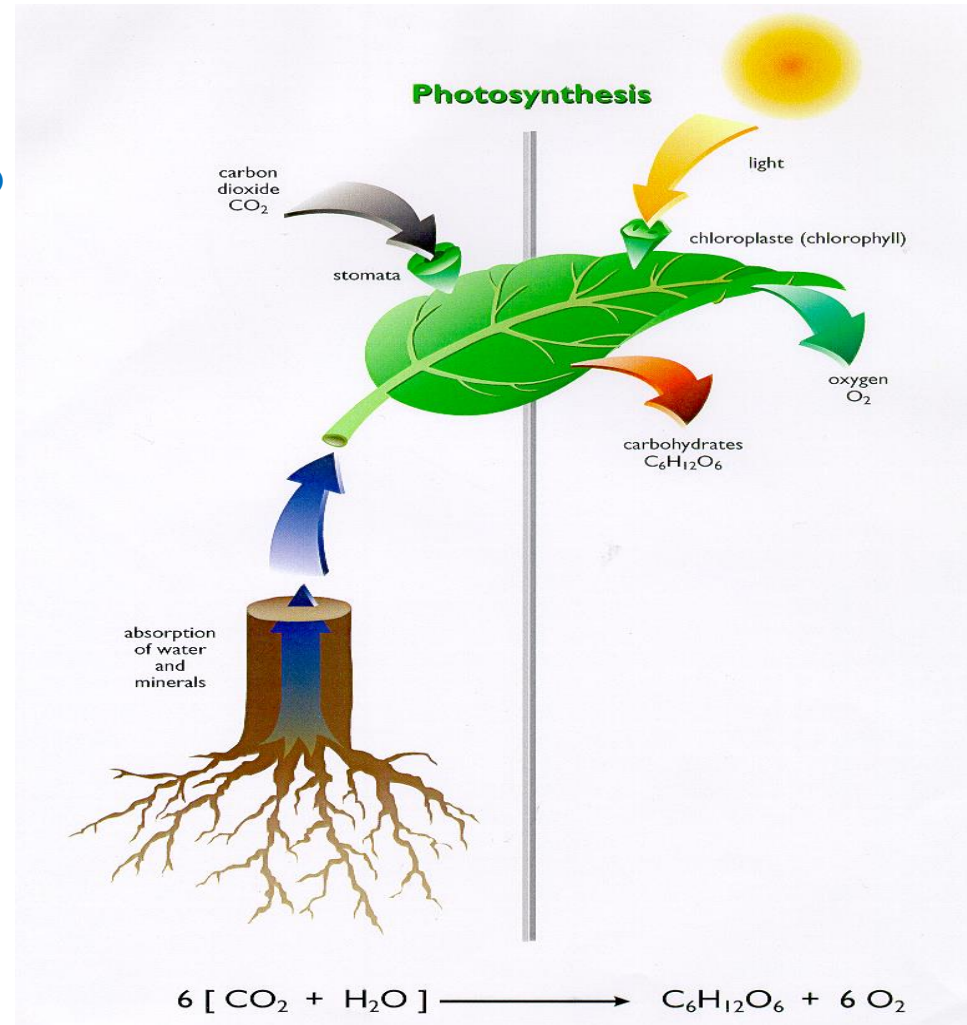
- Aumentar uso materiales que retienen C



# MADERA y su contribución al CC

## BOSQUES CONTRIBUYEN A MITIGAR EL CAMBIO CLIMÁTICO

Para producir un metro cúbico de madera, un árbol en crecimiento absorbe casi una tonelada de CO<sub>2</sub>, liberando 0,7 toneladas de Oxígeno



## RECURSO RENOVABLE, BIODEGRADABLE Y RECICLABLE



### Tiempos de descomposición:

Bolsa plástico:	150 años
Botellas plástico:	100 – 1.000 años
Filtros de cigarrillo:	1 a 2 años
Botella de vidrio:	cerca de 4.000 años
Chicles:	5 años

*Estacas de madera sin tratamiento: 2 a 3 años*



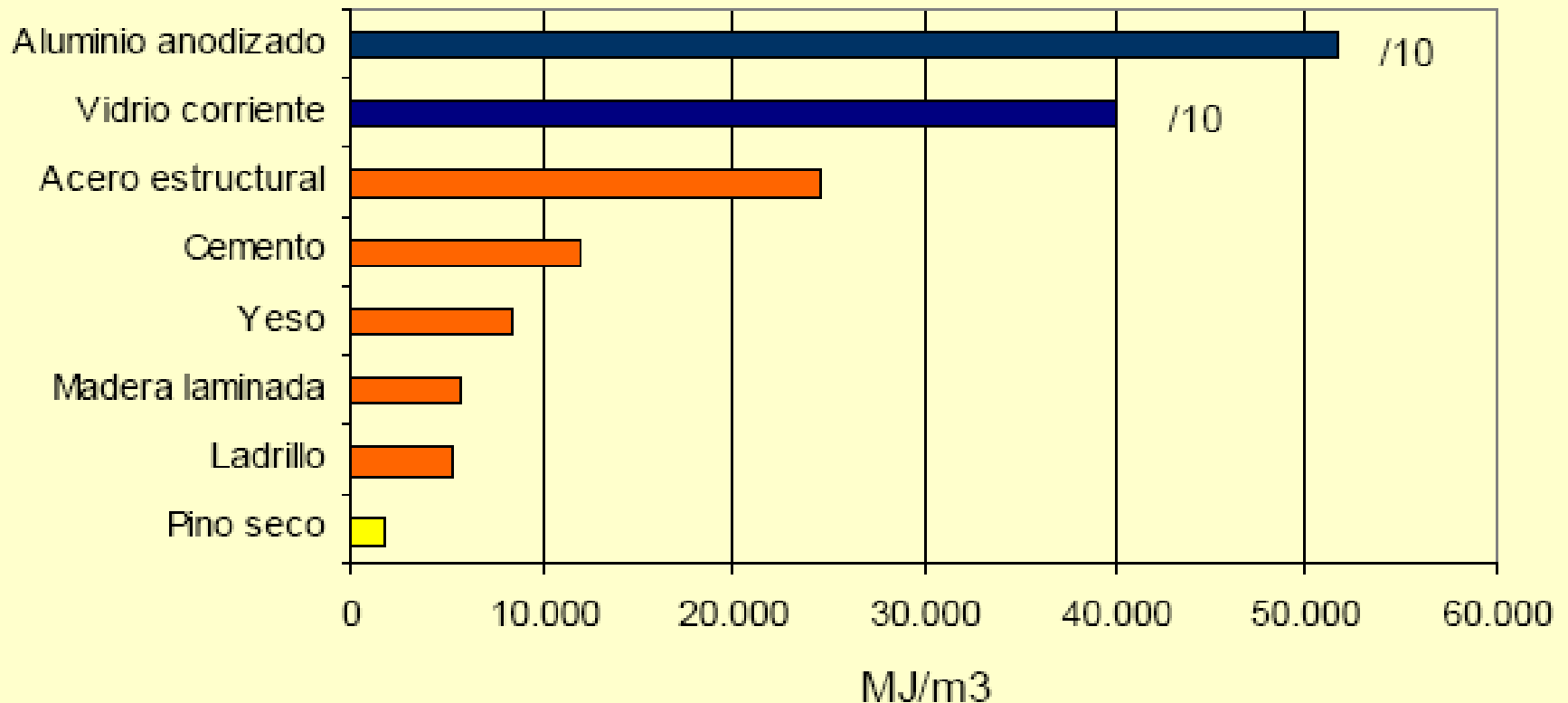
# CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA

# CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA

# MADERA y su contribución al CC

## MADERA ASERRADA. BAJO CONSUMO DE ENERGÍA

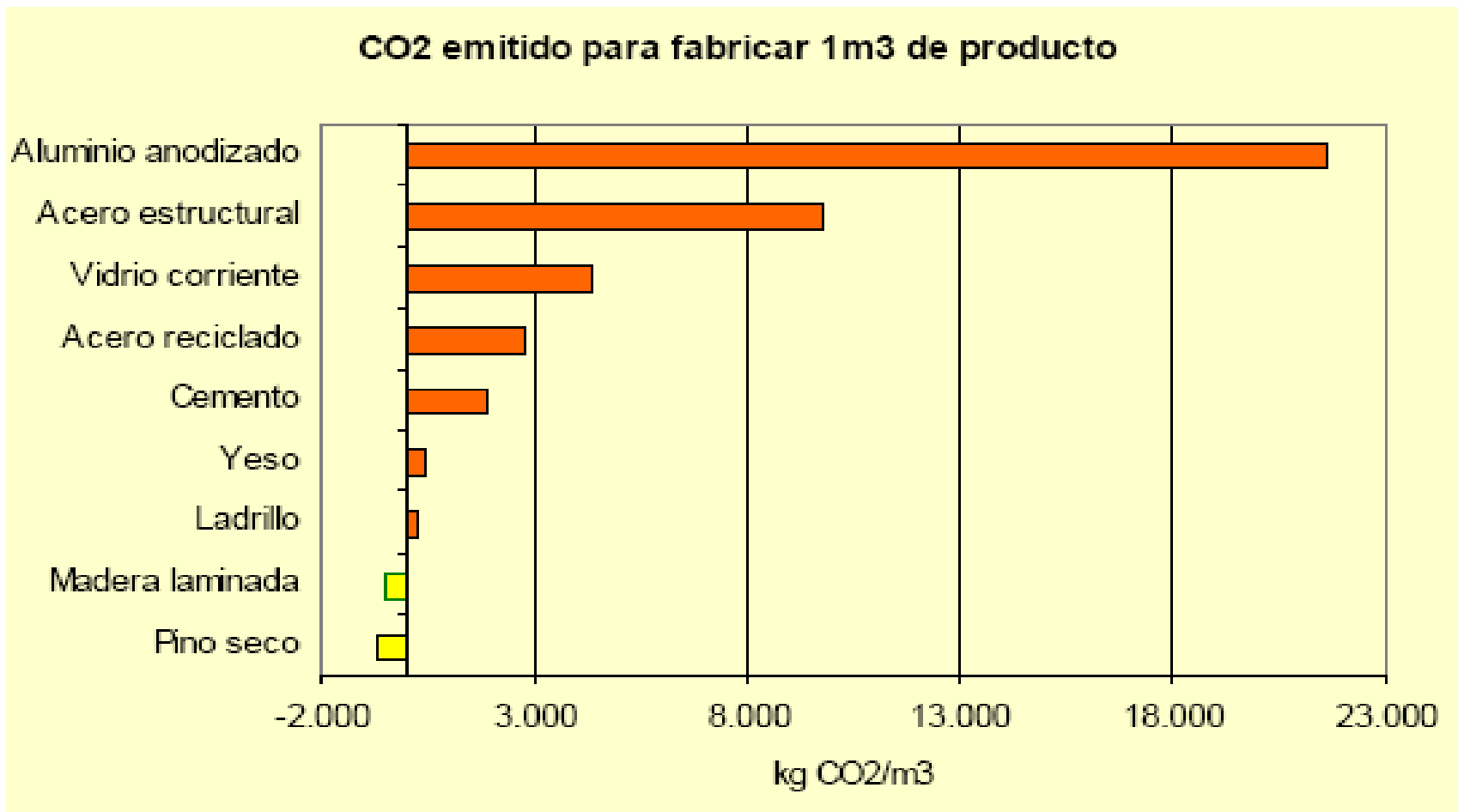
Consumo de energía para producir 1 m<sup>3</sup> de producto





# MADERA y su contribución al CC

## MADERA ASERRADA. BALANCE CO<sub>2</sub> NEGATIVO



# MADERA y su contribución al CC

## CASO

**Impacto medio ambiental de 3 viviendas de 223 m<sup>2</sup>, iguales, pero construidas usando madera, acero o cemento respectivamente:**

**En relación a la madera, el acero y el cemento:**

- ✓ **Consumen un 26% y un 57% más de energía para su extracción, producción, construcción y climatización de la vivienda.**
- ✓ **Utilizan un 11% y un 81% más de recursos naturales**
- ✓ **Producen un 24% y un 47% más de contaminación del aire**
- ✓ **Contribuyen en un 34% y un 81% más a la emisión de gases efecto invernadero**
- ✓ **Producen entre 4 y 3,5 veces más descargas contaminantes del agua**
- ✓ **Producen un 8% y un 23% más de residuos sólidos, respectivamente**

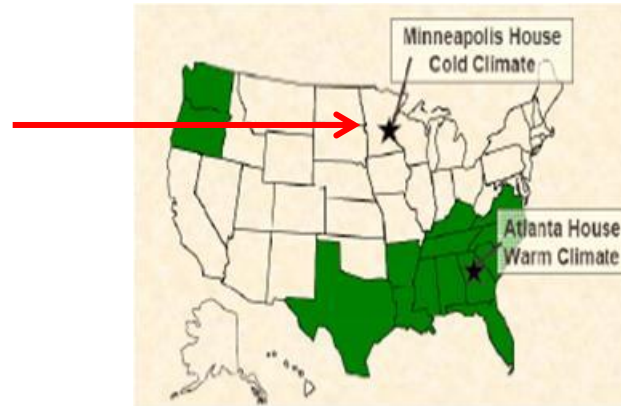
# MADERA y su contribución al CC

## CASO

### ENERGÍA Y CO2 EN LA CONSTRUCCIÓN



Minneapolis House 192 m<sup>2</sup>  
Madera v/s Acero



MINNEAPOLIS HOUSE	Wood Frame	Steel Frame	Difference	Steel vs Wood (% change)
Embodied Energy (GJ)	651	764	113	17%
Global Warming Potential (CO <sub>2</sub> kg)	37,047	46,826	9,779	26%

Fuente: APA- The Engineered Wood Association; CORRIM – Consortium for Research on Renewable Industrial Materials; EEUU, 2009.

# MADERA y su contribución al CC

## CASO

### ENERGÍA Y CO2 EN LA CONSTRUCCIÓN



Atlanta House 200 m2  
Madera v/s Albañilería

ATLANTA HOUSE	Wood Frame	Steel Frame	Difference	Steel vs Wood (% change)
Embodied Energy (GJ)	398	461	63	16%
Global Warming Potential (CO <sub>2</sub> kg)	21,367	28,004	6,637	31%

Fuente: APA- The Engineered Wood Association; CORRIM – Consortium for Research on Renewable Industrial Materials; EEUU, 2009.

# MADERA: CALIDAD TÉRMICA

## AHORRO DE ENERGÍA EN LA CALEFACCIÓN

**LA ESTRUCTURA CELULAR DE LA MADERA PROPORCIONA AISLAMIENTO TÉRMICO:**

**15 VECES MEJOR QUE EL HORMIGÓN**

**400 VECES MEJOR QUE EL ACERO**

**1770 VECES MEJOR QUE EL ALUMINIO**

**UN TABLERO DE MADERA DE 2,5 CM TIENE MEJOR QUE UNA PARED DE LADRILLO DE 11,4 CM**



# MADERAS: USO EN LA CONSTRUCCIÓN CHILE Y OTROS PAÍSES

## CHILE:

Año	Total viviendas autorizadas	Viviendas c/ estructura de madera (%)
2006	163.236	14
2007	150.710	15
2008	150.911	15
2009	140.619	19
2010	96.036	19
2011	151.071	19
2012	117.310	13,5
2013	118.796	17,7

## PAISES DESARROLLADOS:

Estados Unidos	> 85%
Provincia de Quebec, Canadá	> 90%
Suecia, Noruega, Finlandia	> 75%
Australia, Nueva Zelanda	> 70%

**Estandarización y Normas**  
**Desarrollo Tecnológico**  
**Especialización y Prefabricación**  
**Educación, escuela carpintería**

# SÍNTESIS

## AMBIENTALES

menor consumo energía del árbol  
menor consumo energía producir madera  
menor consumo energía procesos de transformación  
Captura CO2 y almacena carbono  
Reciclaje fácil  
sustentabilidad

## ECONÓMICAS

Fácil trabajar, liviano,  
Transporte, fundaciones,  
Usos combinados

## OTRAS

aislación acústica  
Aislación térmica y calefacción  
Resistencia al fuego  
Asísmica

# EN SÍNTESIS

## HEMOS TRATADO DE DECIR:

**-La madera es un material perfecto, sostenible como material de Construcción.**

**Es rígido, natural, renovable y es el material que menos energía consume que cualquier otro material**

**Es reservorio de carbono atmosférico.**

**Viviendas construidas con madera, toman menos energía y Contaminan menos, al hacer algo similar con ladrillo, concreto o acero.**



**FIN**

**ENTONCES...**

**DESDE UN PUNTO DE VISTA ECONOMICO, SOCIAL  
Y AMBIENTAL  
DEBEMOS**

**CREAR MAS BOSQUES Y  
USAR MAS MADERA**

**MUCHAS GRACIAS**