



Universidad de Chile

## **“Energía a base de biomasa y sus disponibilidad”**

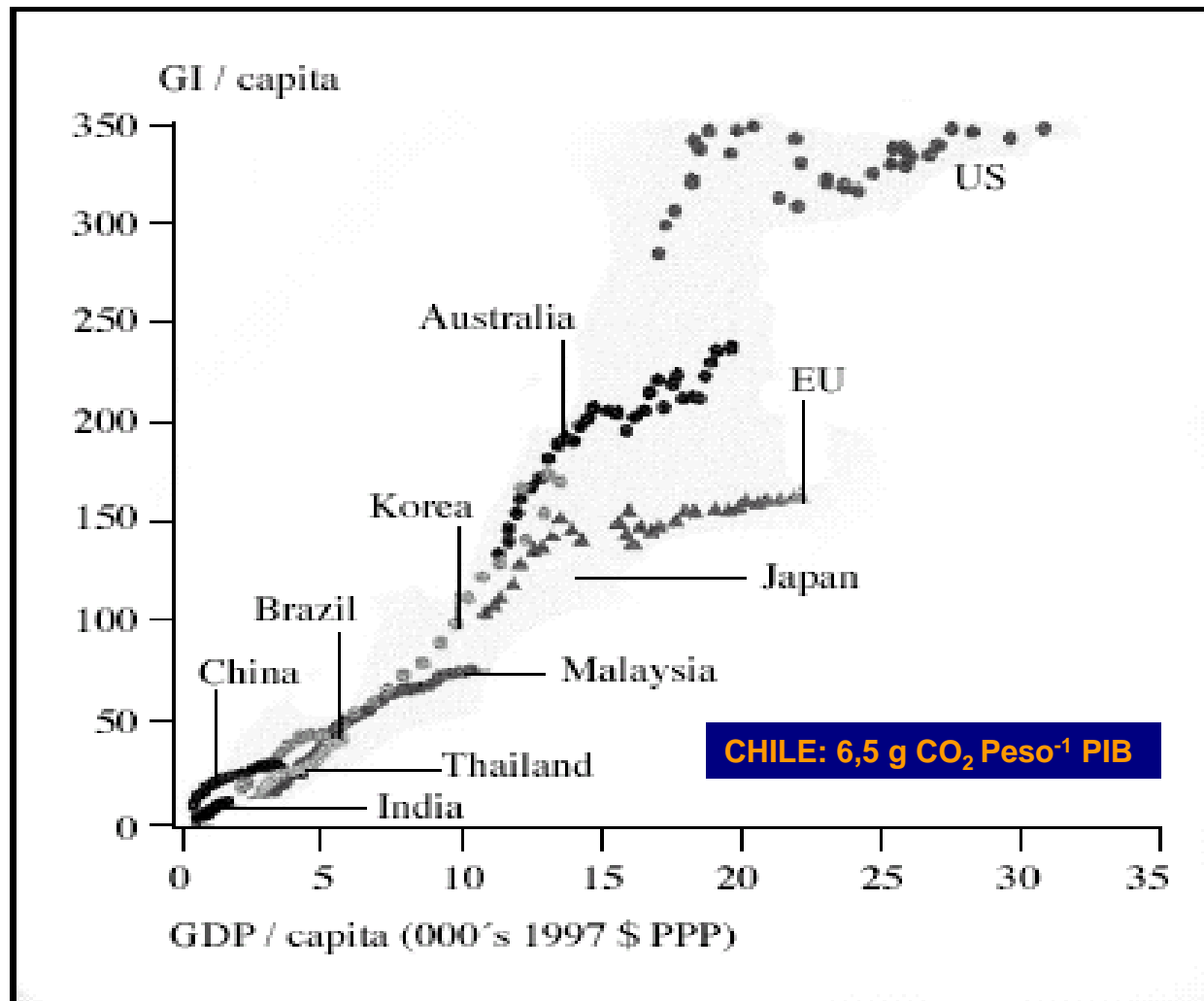
*Relator: Dr. Alejandro García Mora*

*Departamento de Ingeniería en Maderas y sus Biomateriales*

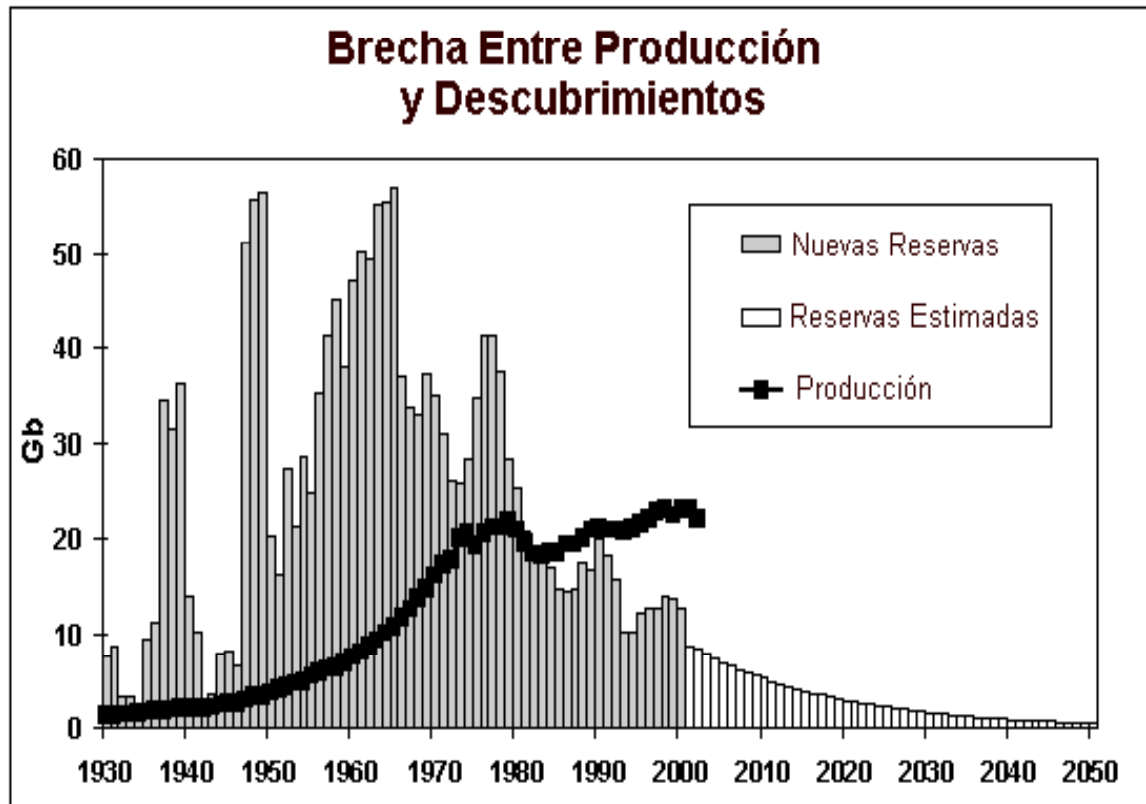
*Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza*



El desarrollo económico de las naciones se encuentra asociado a un mayor uso y consumo de energía

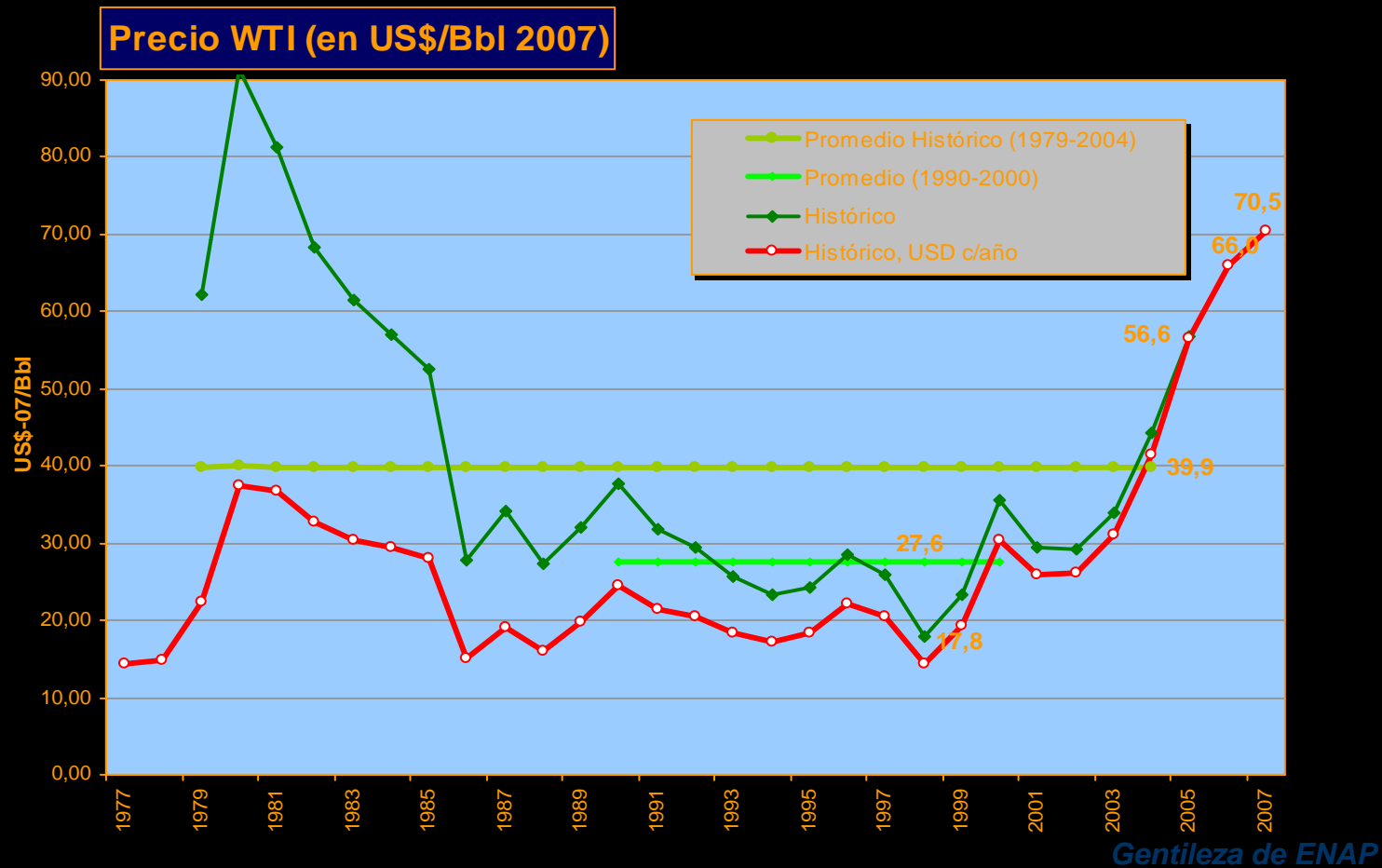


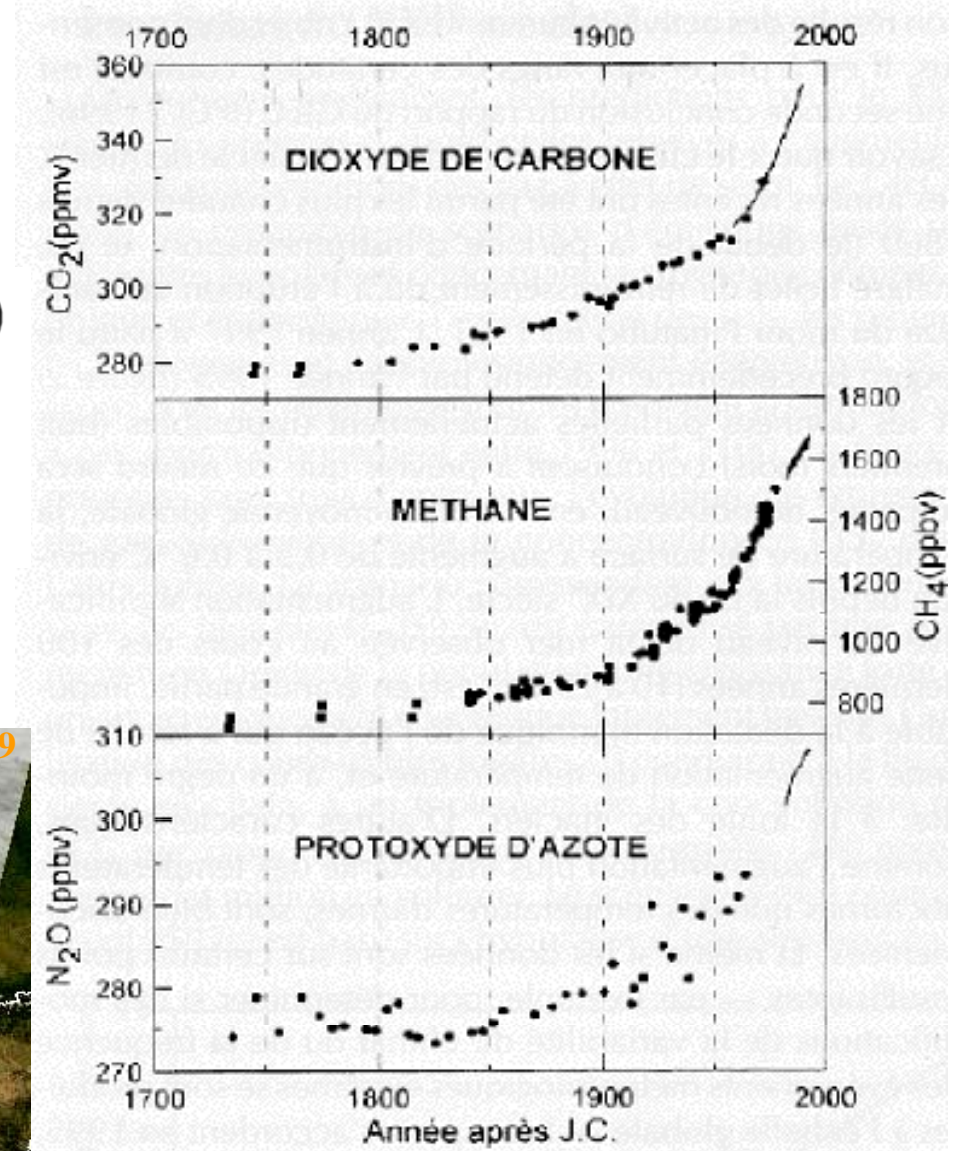
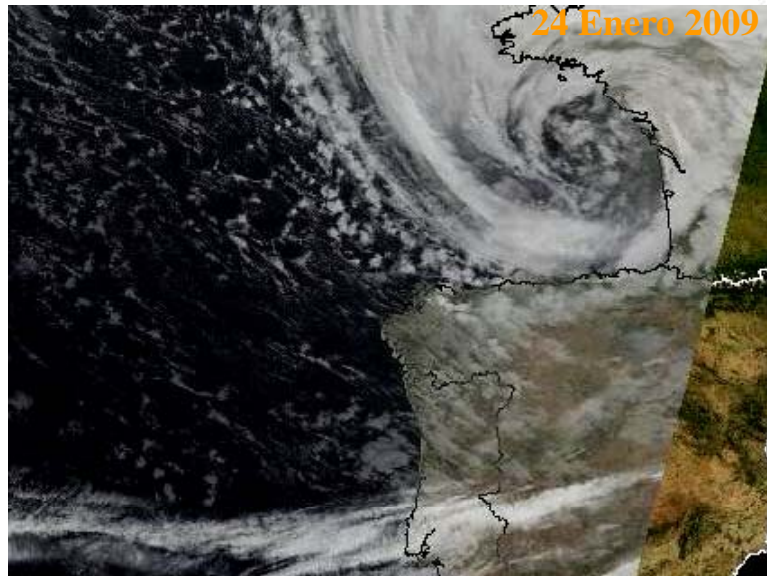
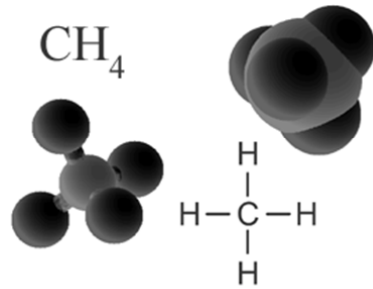
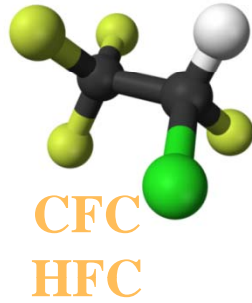
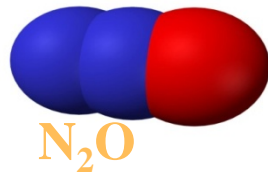
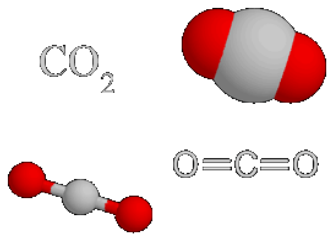
## La producción de petróleo está en un plateau



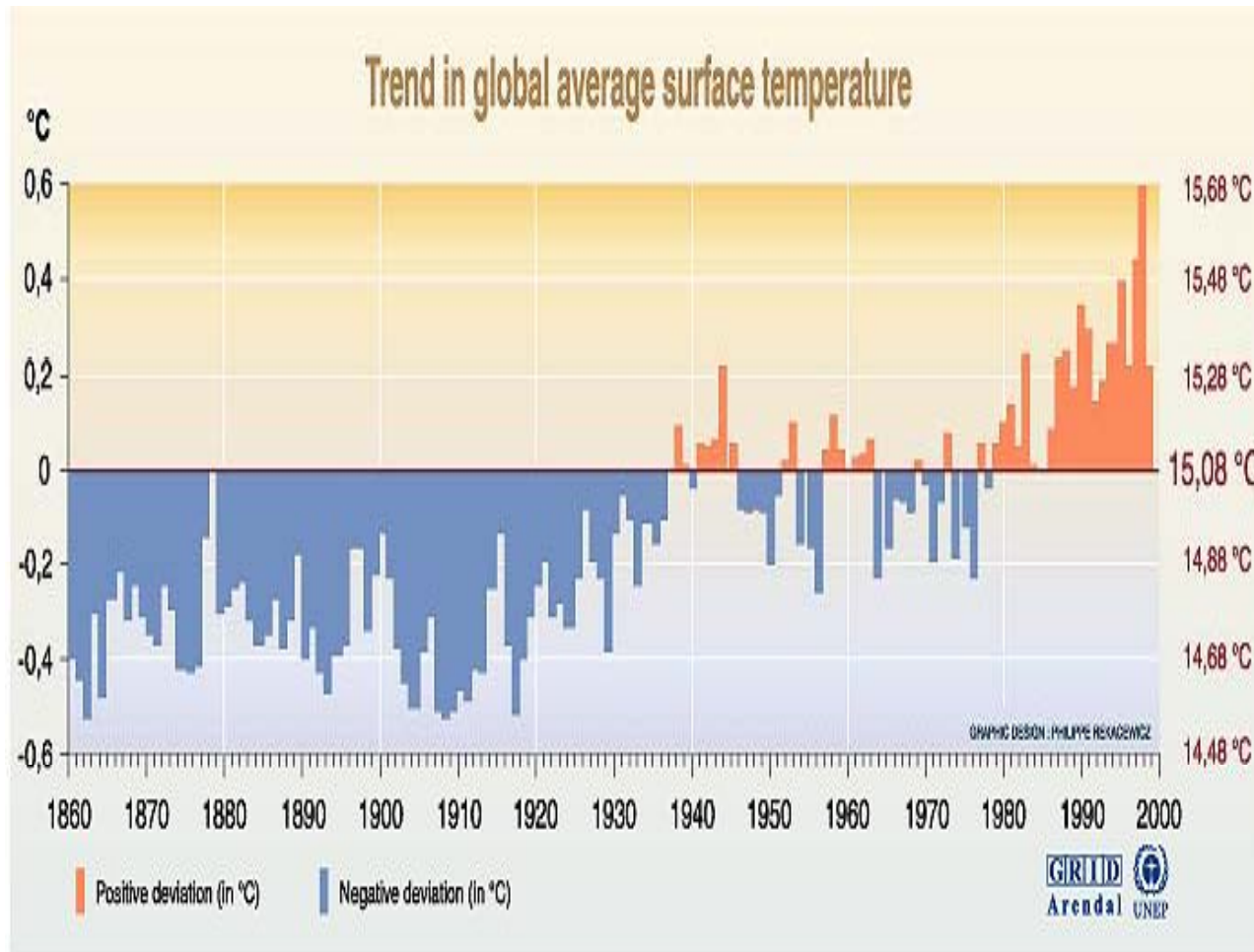
*Gentileza de Edmundo Acevedo*

# Evolución del precio de petróleo en los últimos 30 años





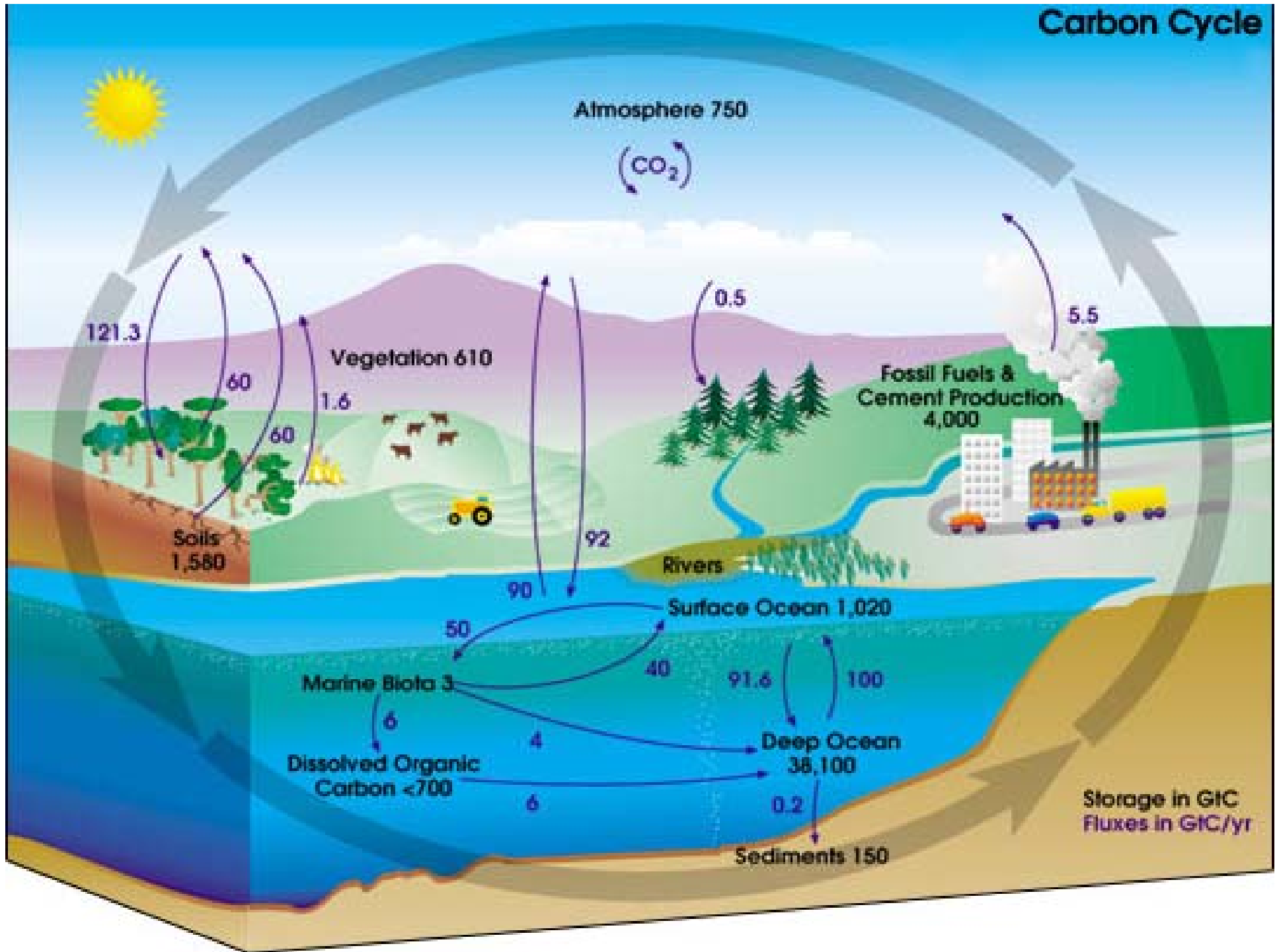
# Calentamiento global



Source: School of environmental sciences, climatic research unit, university of East Anglia, Norwich, United Kingdom, 1999.

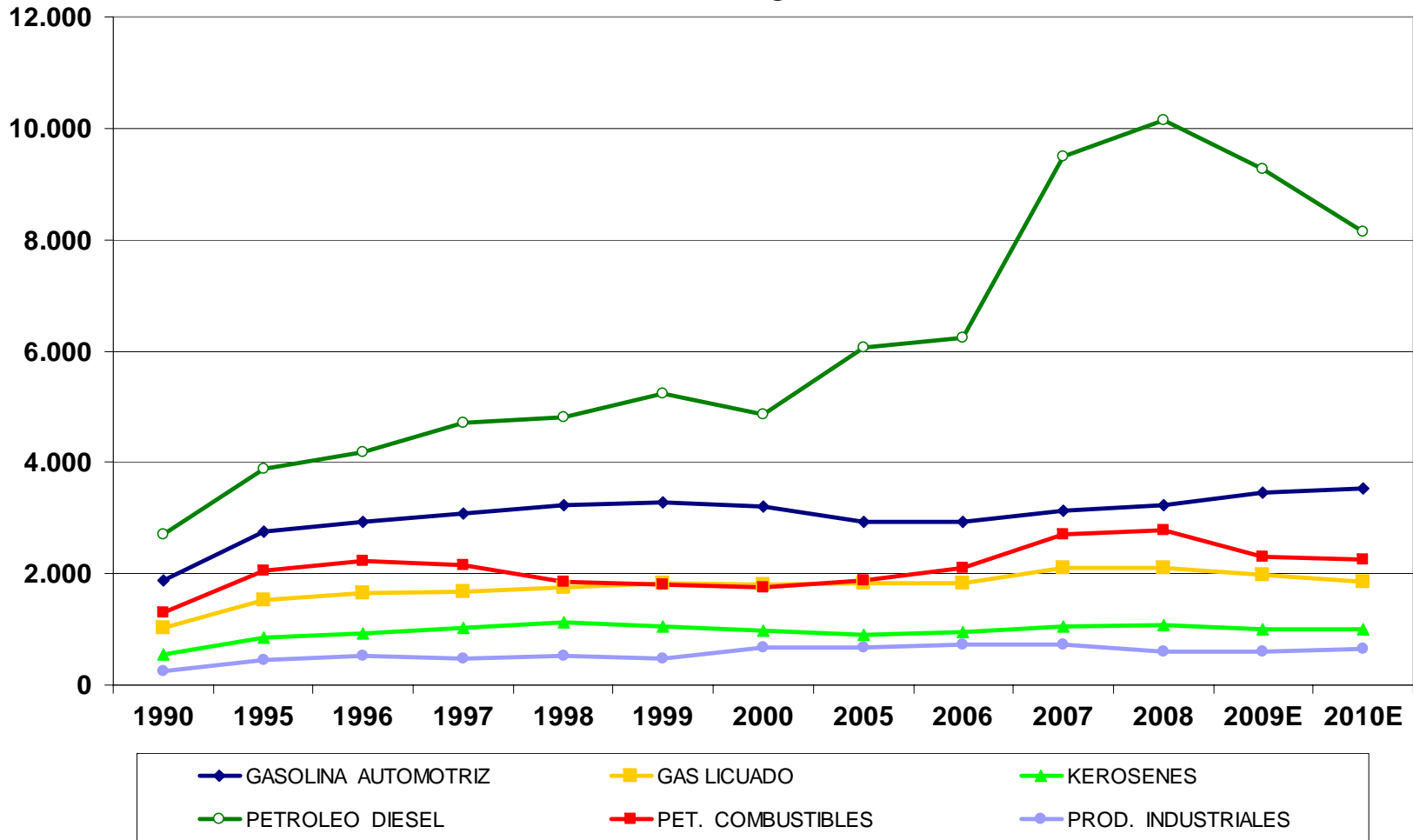
*Gentileza de Edmundo Acevedo*

# Carbon Cycle



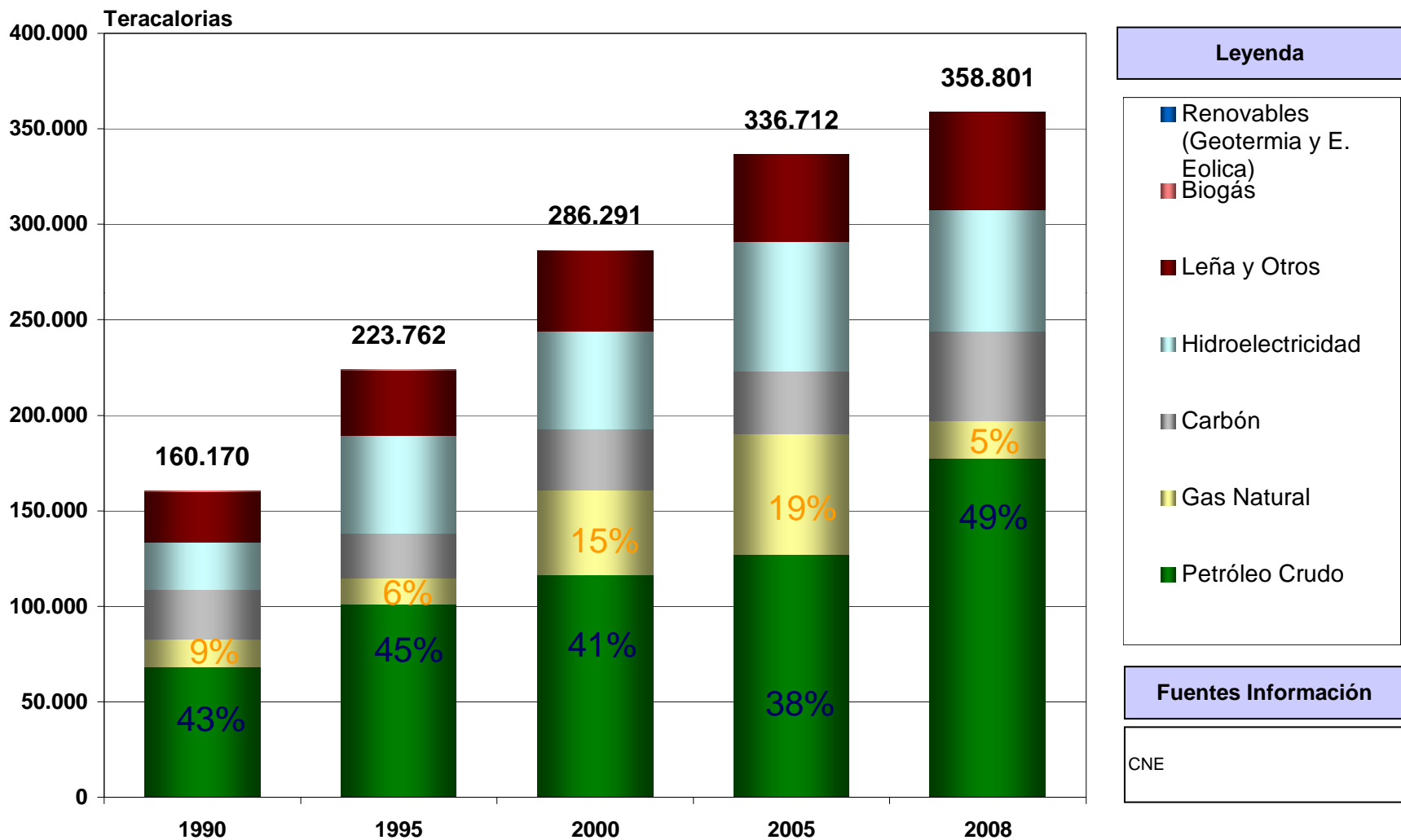
# Consumo Nacional de Combustibles

## Consumo Nacional de Combustibles Mm3



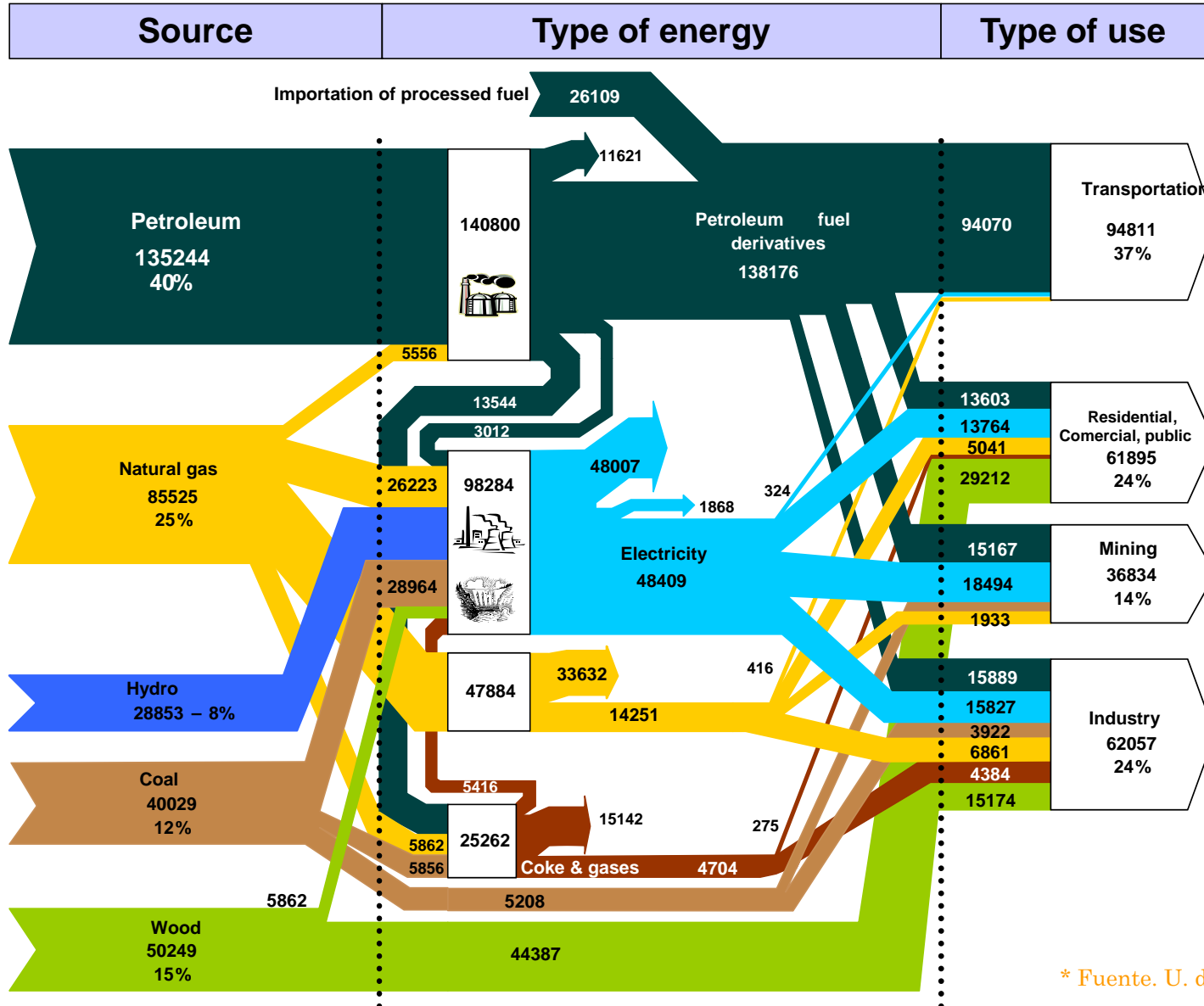


# Matriz Energética Nacional Histórica



Considera Consumo Bruto de Energía Primaria + (Importaciones - Exportaciones) de Energía Secundaria  
 Para Hidroelectricidad, Energía Eólica y Geotermia se utilizó una conversión de 2750 kcal/kwh hasta 1998, y de 2504 de 1999 en adelante

# Uso de la Energía en Chile

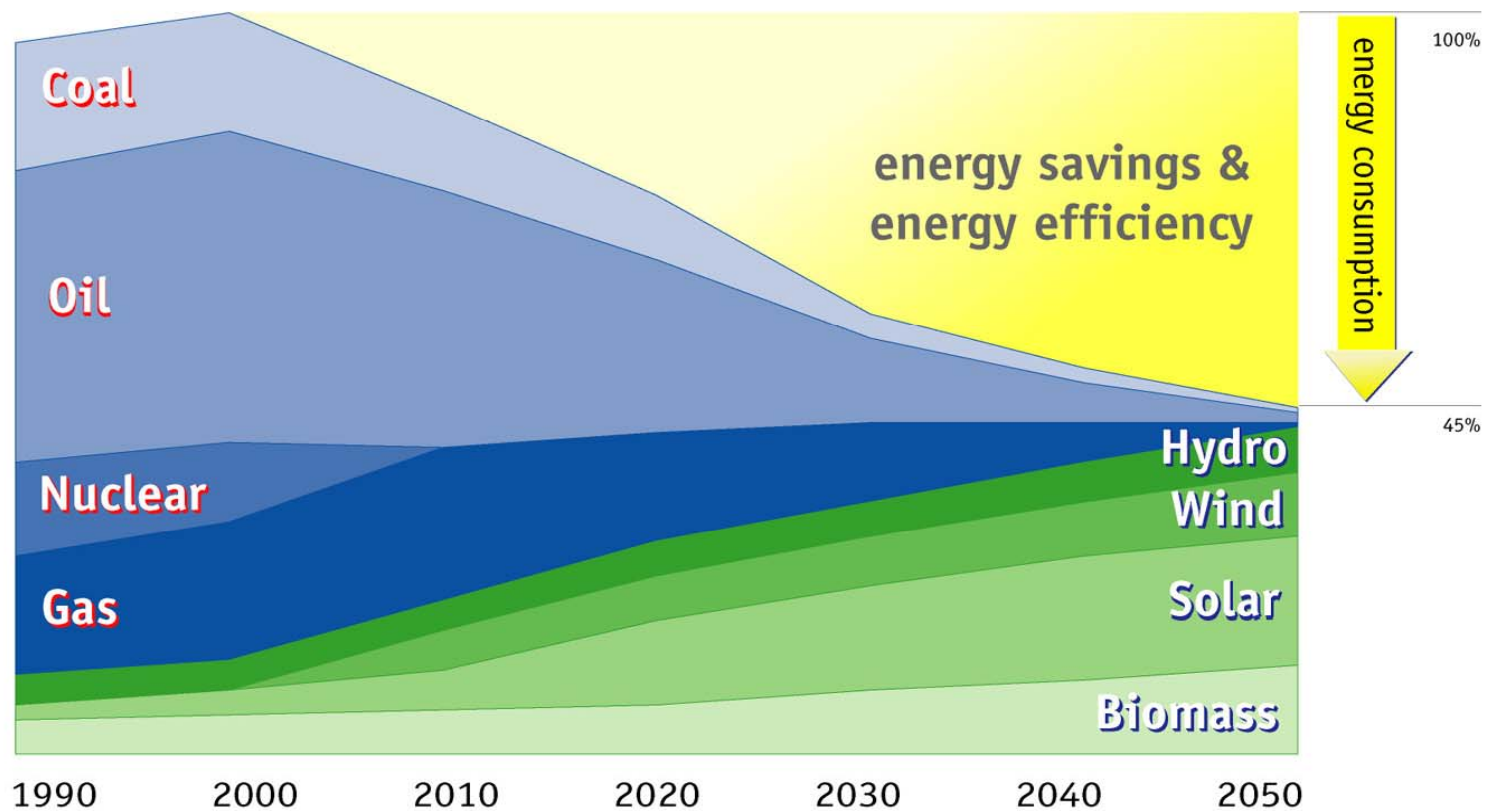


\* Fuente. U. de Chile, G. Jiménez

## Acciones tendientes a resolver el problema

- Bajar el contenido de c de la atmósfera
- Disminuir las emisiones
- Desarrollar fuentes de energía renovable en reemplazo de combustibles fósiles

## Así debería modificarse la matriz energética



*Gentileza de Asociación Chilena de Energías Renovables A.G.*

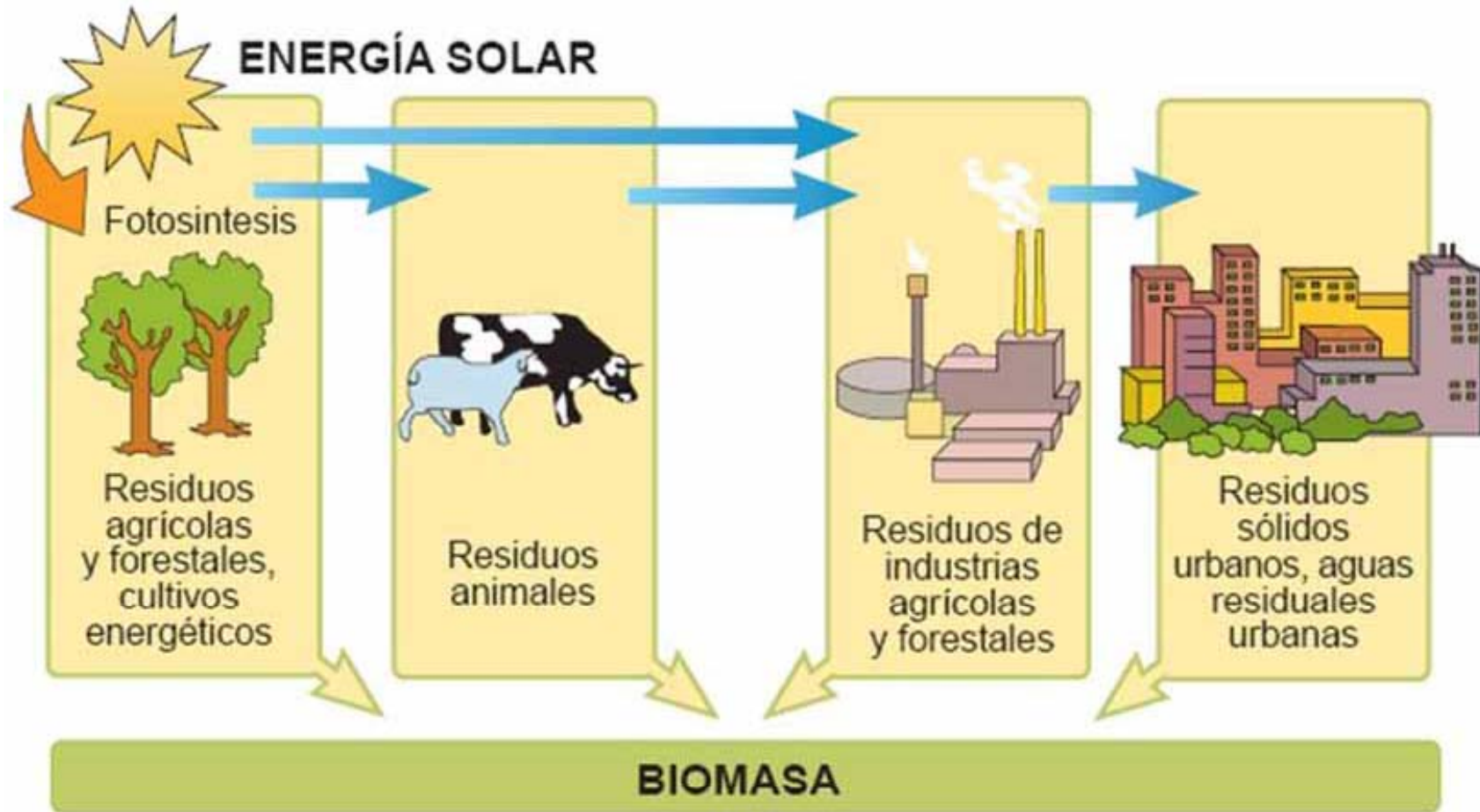
# Definiciones de biomasa

- **Según la Comisión Nacional de Energía (CNE): conjunto de materia orgánica renovable de origen vegetal, animal o procedente de la transformación natural o artificial de la misma. La energía de la biomasa corresponde entonces a toda aquella energía que puede obtenerse de ella, bien sea a través de su quema directa o su procesamiento para conseguir otro tipo de combustible.**

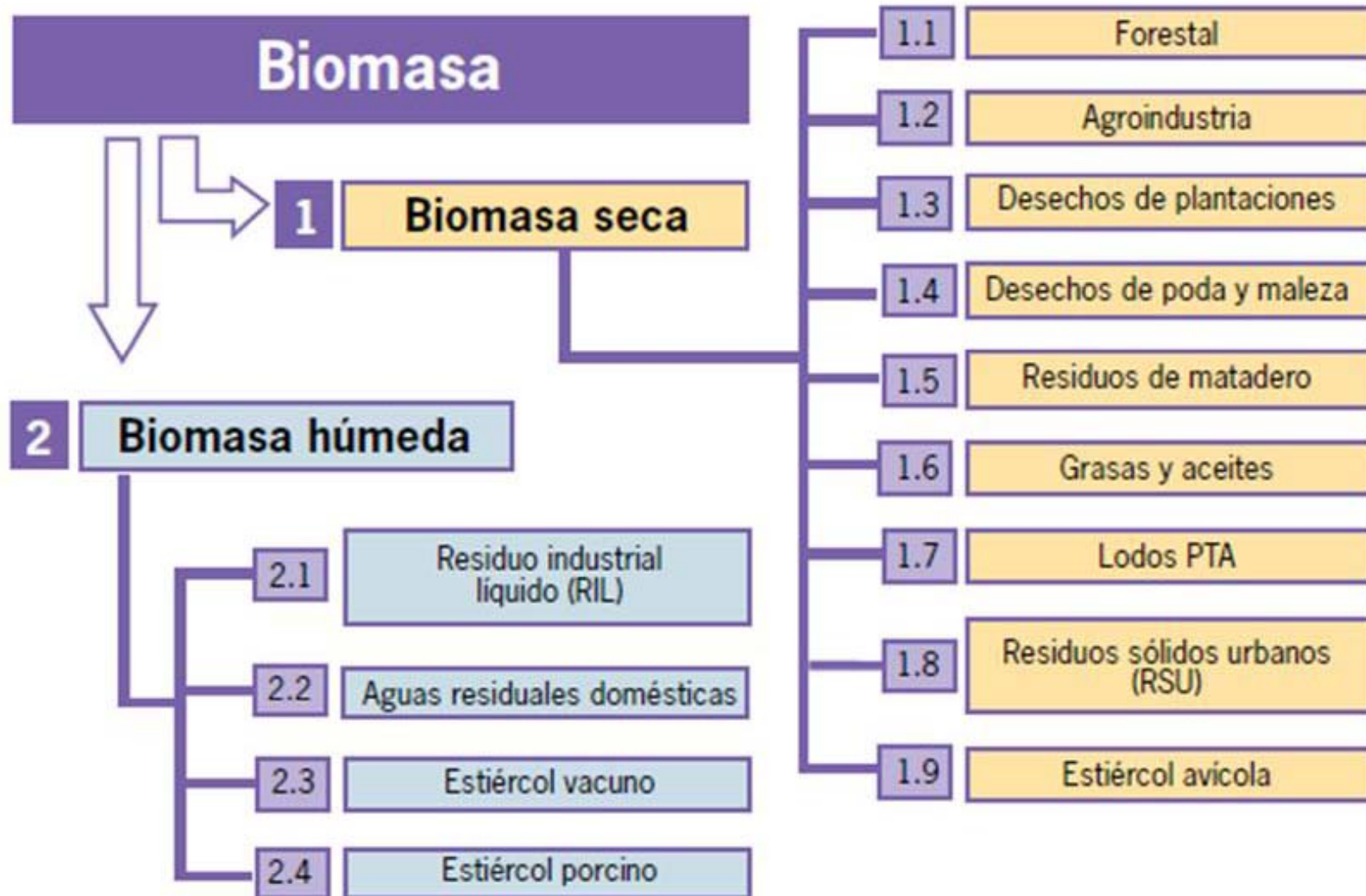
Según el PNUD y el GEF: toda la materia orgánica que proviene de árboles, plantas y desechos de animales que pueden ser convertidos en energía; o las provenientes de la agricultura (residuos de maíz, trigo, arroz, etc., del aserradero (podas, ramas, aserrín, cortezas) y de los residuos urbanos (aguas negras, basura orgánica y otros). Esta es la fuente de energía renovable más antigua conocida por el ser humano.

- Existe otra definición: conjunto de materiales con un origen biológico próximo que son susceptibles de ser utilizados para otros fines distintos a los alimentarios. En el sentido de esta definición, quedan excluidos del término "biomasa" todos los productos agrícolas que sirvan para alimentación del hombre o los animales domésticos, así como los combustibles fósiles, estos últimos por derivar de materiales biológicos pero a través de transformaciones que han alterado muy profundamente su naturaleza.

# Tipos de Biomasa



## Clasificación de los distintos tipos de biomasa disponibles



# BIOMASA SECA

Cultivos energéticos

Miscantus, Panicum, Salix, etc



Restos de cosecha

Residuos de Bosques, Agrícolas, etc



Subproductos orgánicos

Aserín, guano, etc



Desechos urbanos

Madera reciclada



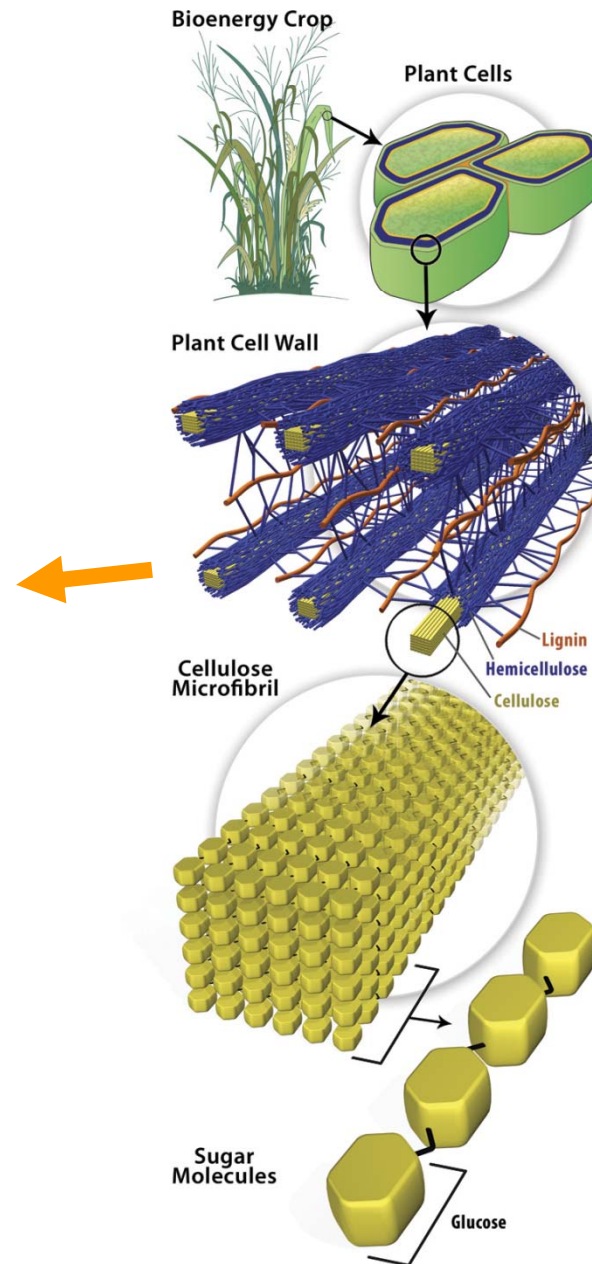
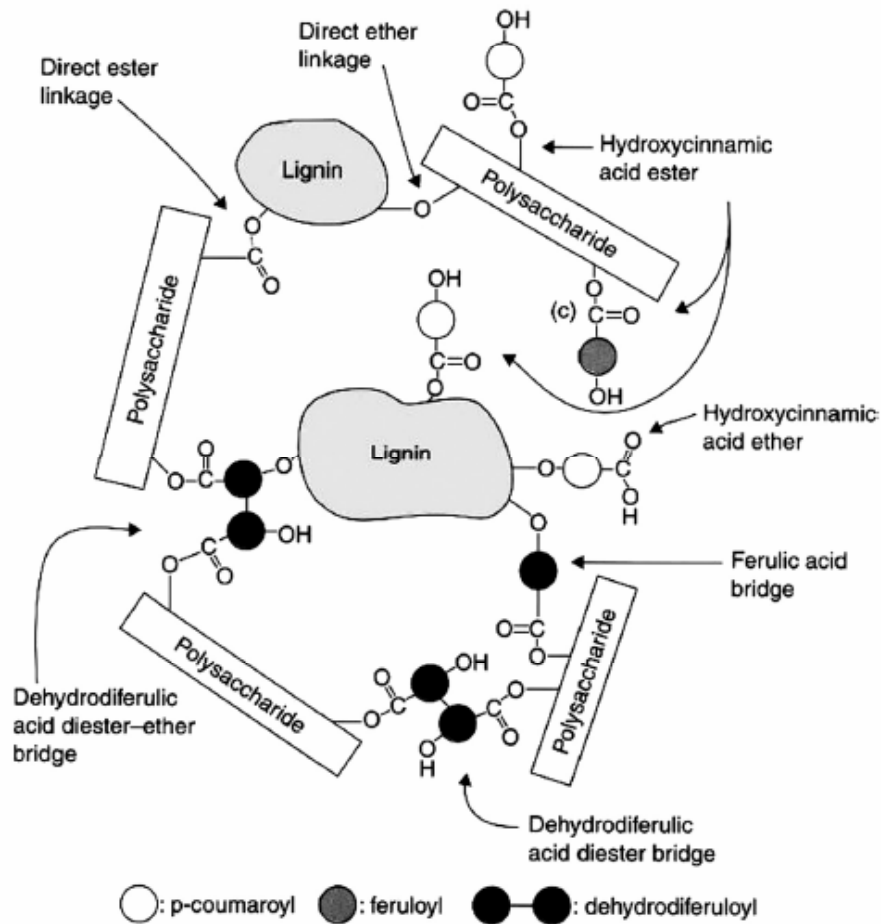


# CARACTERIZACIÓN DE LA BIOMASA

## *Composición Química Elemental de la Madera*

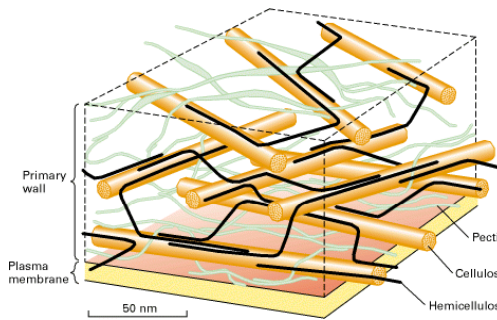
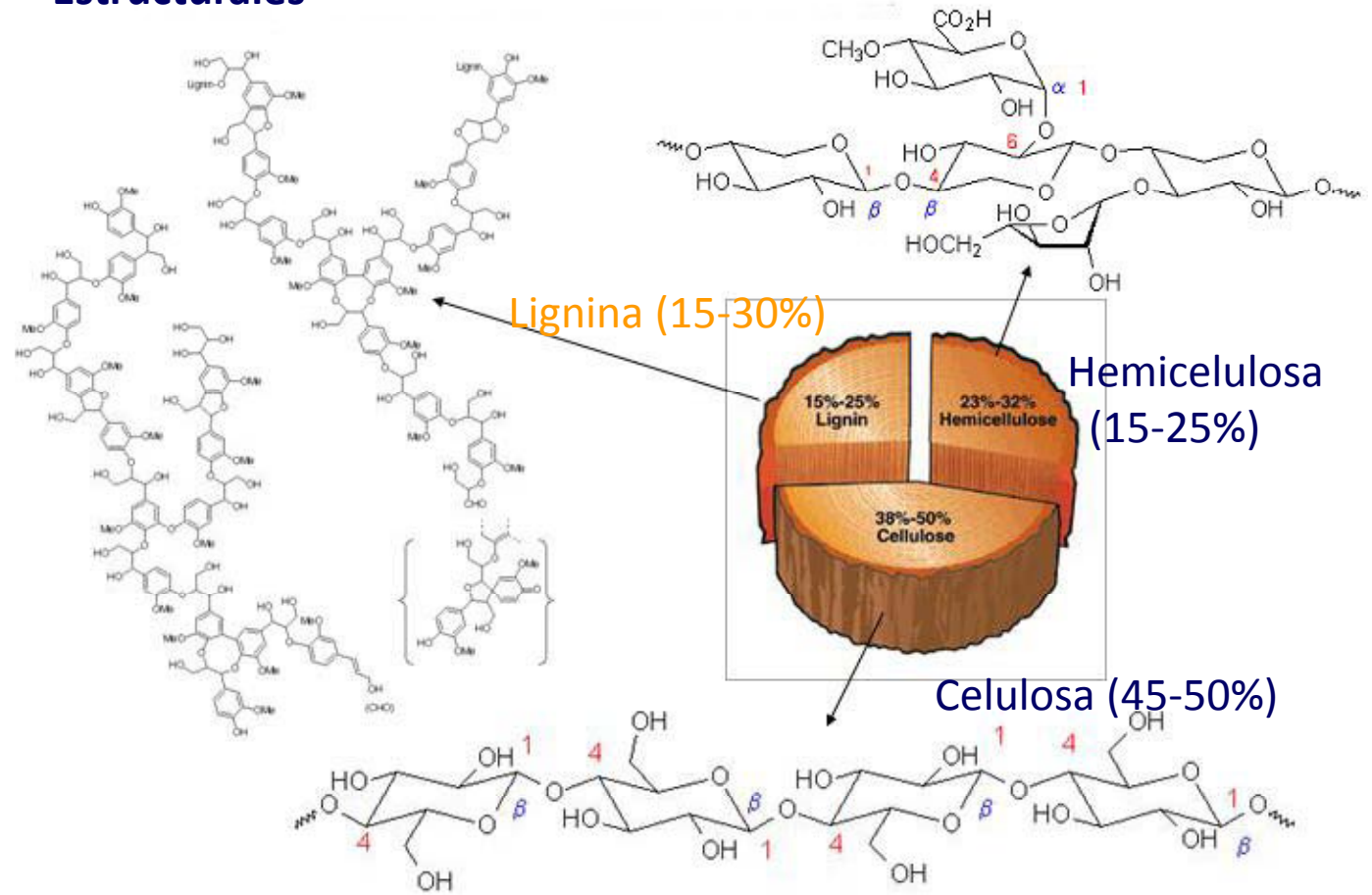
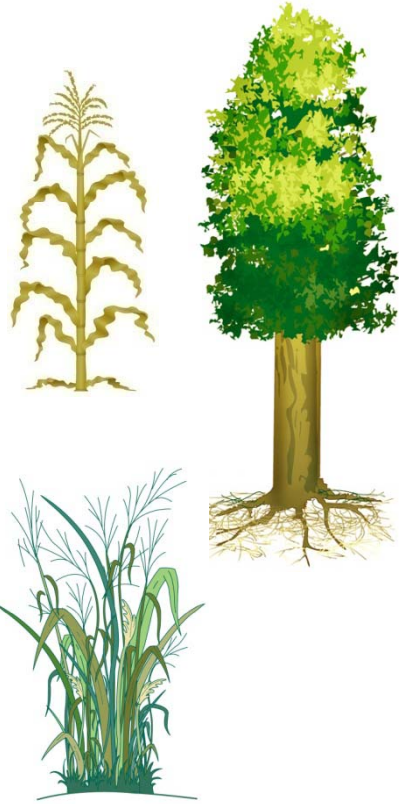
Compuesto	Porcentaje aproximado
Carbono	50%
Oxígeno	43%
Hidrógeno	6%
Nitrógeno, Azufre, Otros	1%

# La pared celular vegetal



# Caracterización Estructural de la Biomasa Lignocelulósica

## Estructurales



## No Estructurales:

Los **Extraíbles** (Fenoles, terpenos, azúcares y otros),  $\leq 5 - 10\%$ .

Las **compuestos inorgánicos o cenizas** ( carbonatos, silicatos, oxalatos fosfatos)  $\leq 1\%$

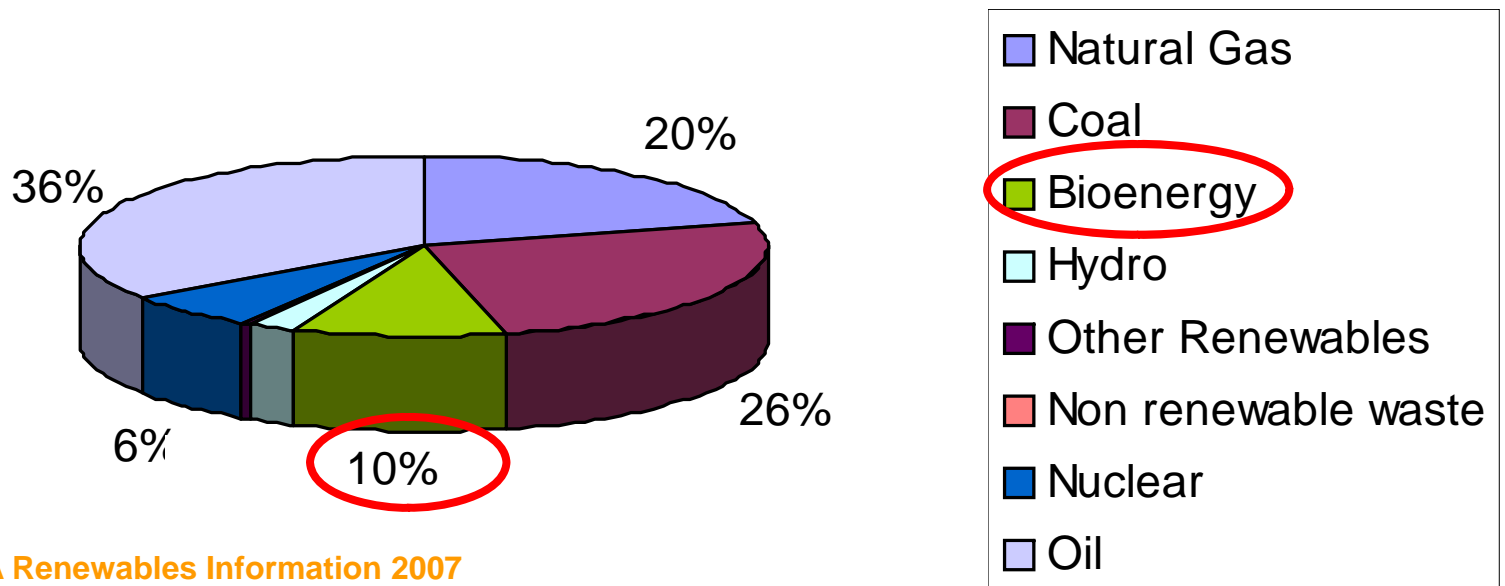
# VARIABILIDAD DE LA BIOMASA

. Contenido de celulosa, hemicelulosa y lignina en residuos agrícolas y desechos.

Material lignocelulósico	Celulosa [%]	Hemicelulosa [%]	Lignina [%]
Tallos de madera dura	40-55	24-40	18-25
Tallos de madera blanda	45-50	25-35	25-35
Cáscaras de nueces	25-30	25-30	30-40
Mazorcas de maíz	45	35	15
Pastos	25-40	35-50	10-30
Papel	85-99	0	0-15
Paja de trigo	30	50	15
Hojas	15-20	20	20
Papel de diario	40-55	25-40	18-30
Papel de desecho de pulpas químicas	60-70	10-20	5-10
Sólidos primarios de aguas de desecho	8-15	N/A	24-29
Desechos de puercos	6	28	N/A
Estiércol sólido de ganado	1,6-4,7	1,4-3,3	2,7-5,7

# Matriz energética mundial

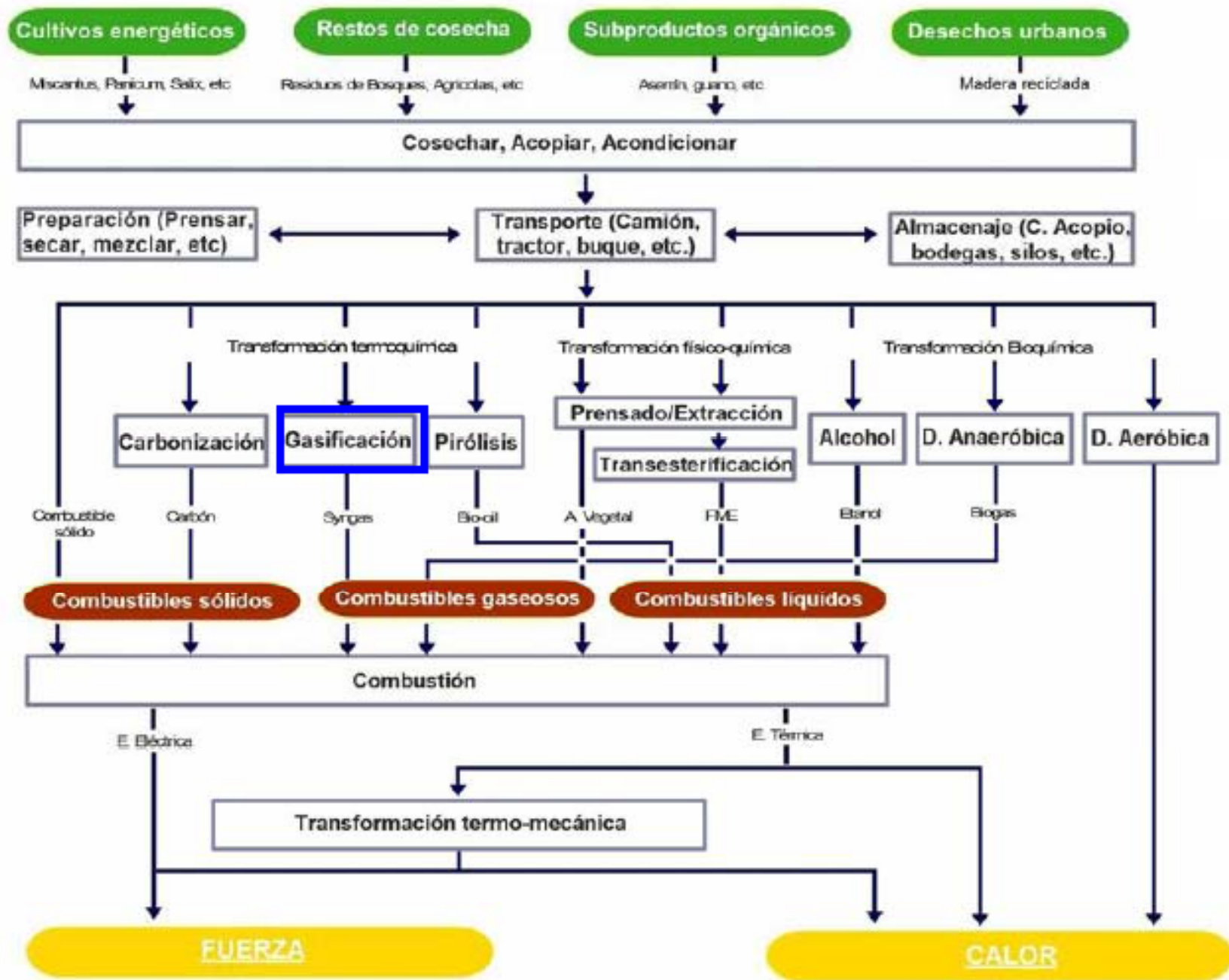
Fuel Shares in World Total Primary Energy Supply  
2005



IEA Renewables Information 2007

# **TRANSFORMACIONES**

## **de la biomasa**



Fuente: Adaptado de Kaltschmitt und Hartmann, 2001.

## Criterios con los que debe cumplir un biocombustible, son los siguientes:

1. Tener una ganancia energética neta
2. Tener beneficios ambientales
3. Ser económicamente competitivos
4. Su producción a escala no debe atender contra el suministro de alimentos





Raps



Ricino



Maravilla



Jojoba



Jatropha



Soja

商品: TDF 毛豆  
Product: TDF Soy Beans

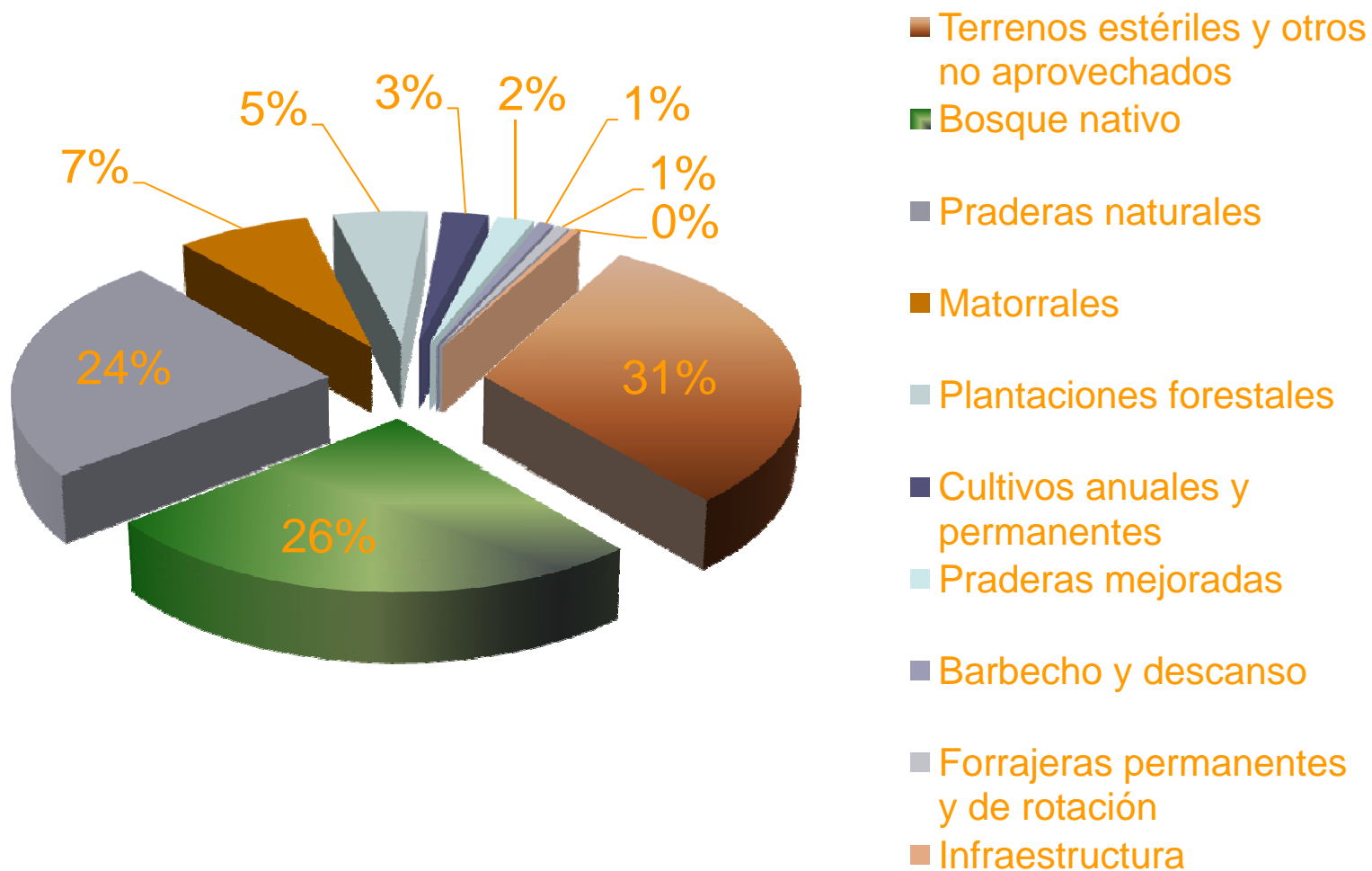
# La realidad nacional

# Potencialidades de los suelos chilenos

<b>Tipo de uso</b>	<b>Aptitud de uso</b>	<b>Capacidad de uso<sup>1/</sup></b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Suelos agrícolas arables	Sin limitaciones	I	90.846	0,1
		II	711.625	0,9
	Con limitaciones	III	2.195.439	2,9
		IV	2.273.670	3,0
Suelos agrícolas no arables	Ganadera	V	2.271.144	3,0
	Ganadero-Forestal	VI	6.510.613	8,6
	Bosques	VII	12.339.882	16,3
Suelos no agrícolas	Conservación	VIII	14.200.000	18,8
Suelos improductivos			35.114.147	46,4
Total			75.707.366	100,0

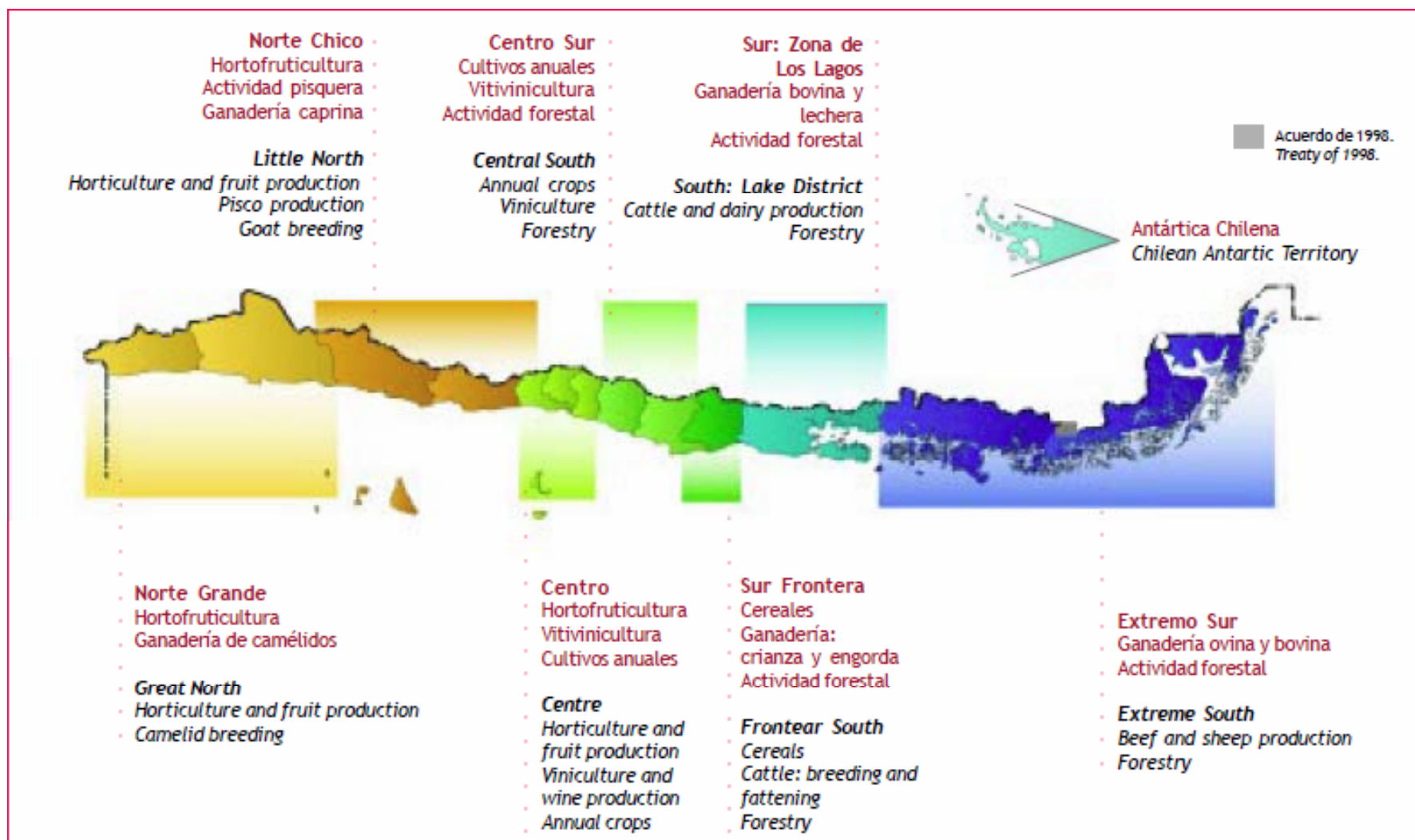
## Contexto nacional silvoagropecuario: uso del suelo

**Superficie censada  
51,7 millones ha**



Fuente: elaborado por Odepa con información VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal 2006/07, INE.

## Contexto nacional silvoagropecuario: macrorregiones

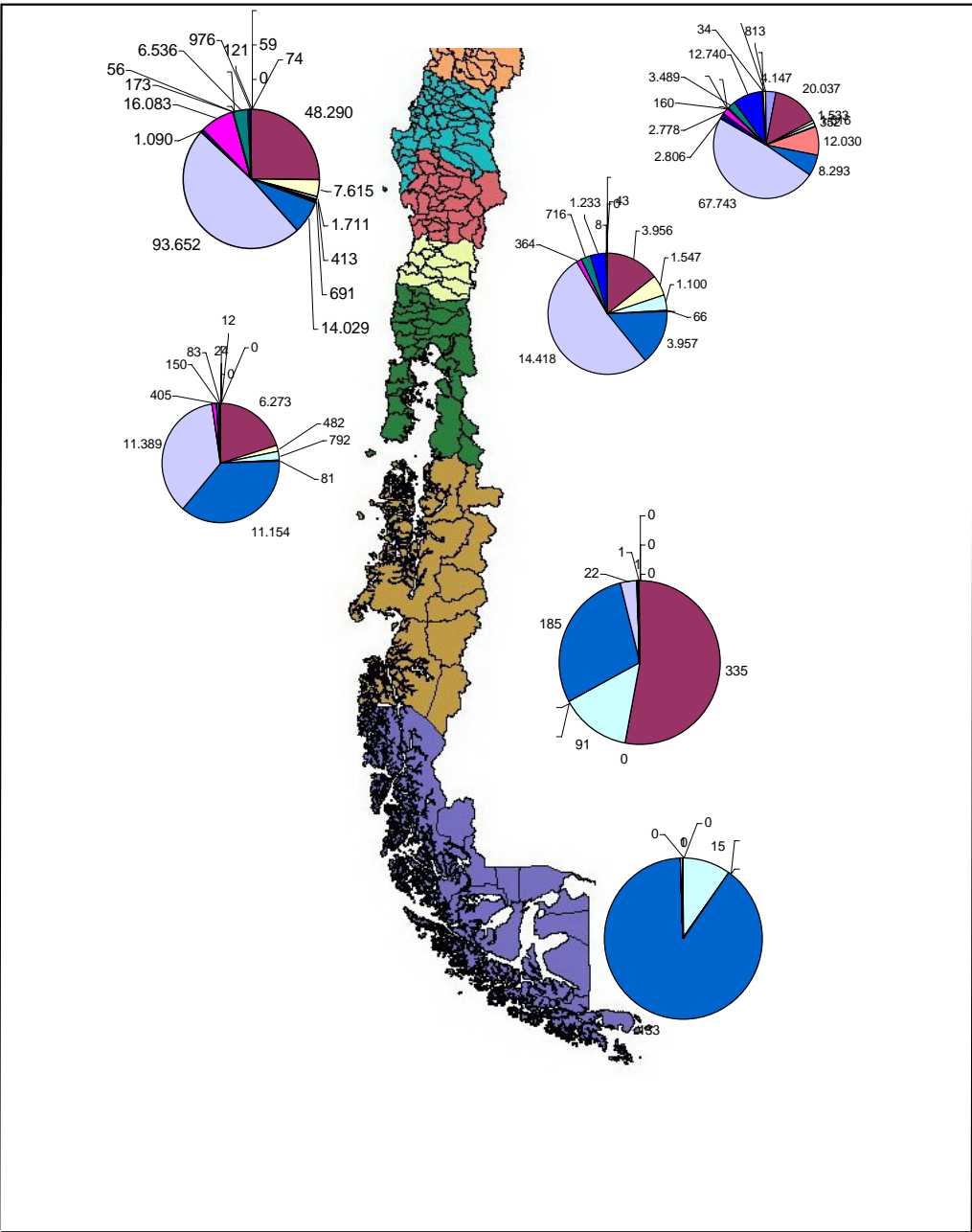


Fuente: Panorama de la Agricultura Chilena, 2005 2ª Edición. Odepa.

Superficie cuyltivada (en ha) con species potencialmente utilizables para producir biocombustibles de primera generaci3n por  
Regiones en Chile

Cultivo	Regiones															Total
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	RM	XIV	XV	
Arroz						1,263	17,336	4,147	0	0	0	0	0	0	0	22,746
Avena	1	0	20	29	484	897	1,290	20,037	48,290	6,273	335		141	3,956		81,752
Cebada		1	6	509	190	256	183	1,516	1,711	792	91	15	115	1,100		12,016
Lenteno		2	0	3	14	247	428	352	413	81			78	66		1,684
Maíz	1	153	189	662	1,133	47,245	29,407	12,030	691				11,918		6	103,435
Papas	94	5	263	3,237	2,186	1,689	3,342	8,293	14,029	11,154	185	133	5,189	3,957	24	53,780
Trigo blanco	1	18	21	1,149	2,030	5,220	22,781	67,743	93,652	11,389	22		1,320	14,418		219,763
Trigo candela	0	2	24	609	329	2,249	1,320	2,806	1,090		1		2,185		2	10,617
Triticale	1					215	49	2,778	16,083	405			30	364		19,924
Ricino			1													1
Fojoba			313	152											0	465
Linaza									56							56
Girasol		0			0	123	100	160	173				1			558
Raps					276		141	3,489	6,536	150			5	716		11,312
Molacha					52	576	5,222	12,740	976	83			34	1,233		20,915
Soja													0			0
Oliva	21	12	3,326	2,005	1,494	2,362	3,496	813	74	0	0	0	1,404		1,513	16,520







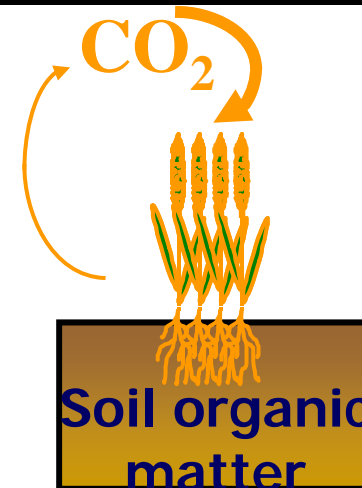
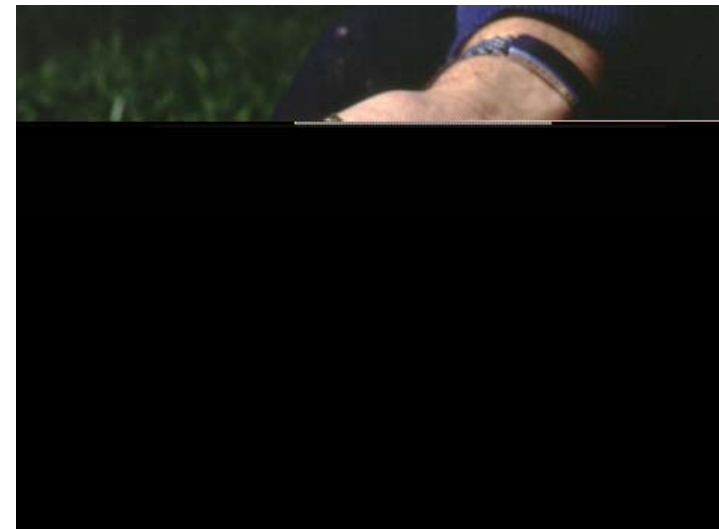
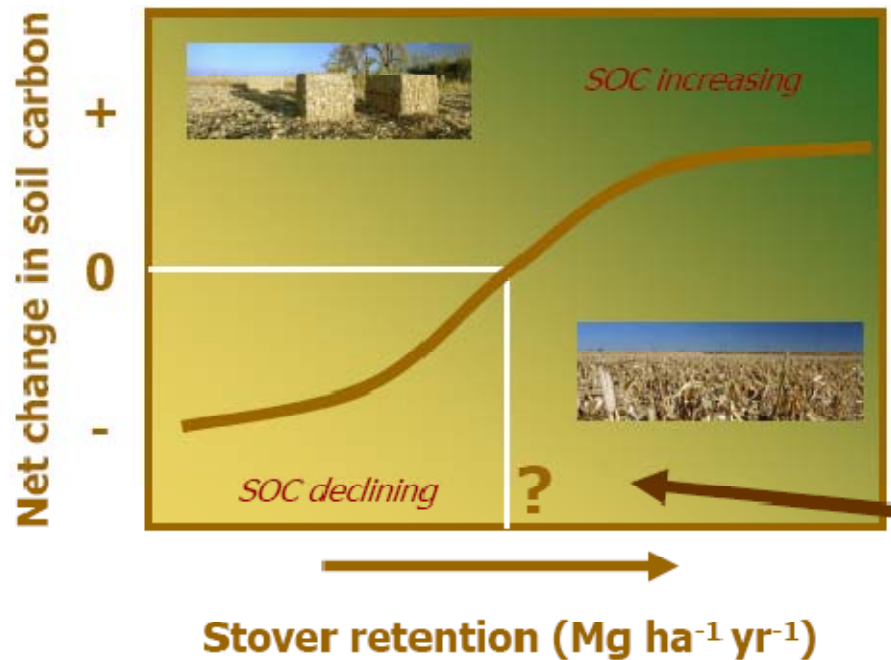
# Disponibilidad de residuos en terreno

- Depende de los rendimientos de los cultivos, de la superficie cultivada y del índice de cosecha
- $MST = MSP + MSR$
- $MSP = MST * IC$
- $MSR = MSP/IC - MSP$
- $MSP =$  rendimiento en grano (ton/ha: trigo 5,76; avena 5,02; maíz 11,08; arroz 3,86).

# ¿Cuanto residuo utilizar?

## Manejo de residuos sobre el suelo

El carbono en el suelo es esencial para mantener la productividad



### CARBONO EN EL SUELO

Sin Labranza + 500 kg /ha/año

Con Labranza - 2000 kg /ha/año



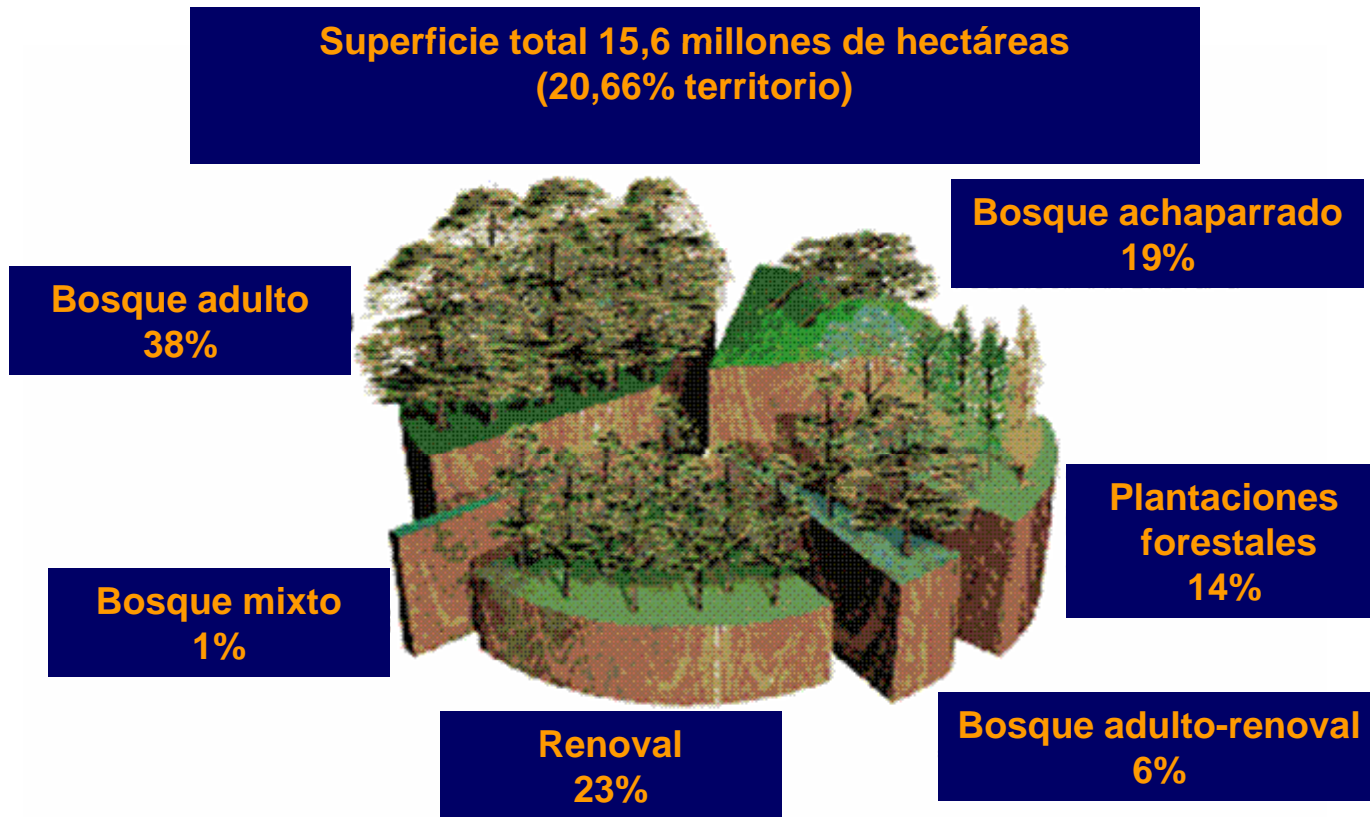
# Disponibilidad de Biomasa Forestal

- Chile posee una superficie de 75,5 millones de ha.
- 45% (33,8 MM.) son de Aptitud Forestal.
- **15,6 MM. Son Bosques.** (Nativos más plantaciones).
- 18,2 MM. Áreas protegidas.
- 14,5 MM. SNASPE



Fotografía: H.Schmidt

# Tipologías de bosques



Fuente: Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile, CONAF-CONAMA, 1994-1997.

# Plantaciones forestales

**Plantaciones forestales  
2,3 millones de ha**

**Pino Insigne  
1,5 millones de ha**



**Eucaliptos  
0,6 millones de ha**

**Otras plantaciones  
0,2 millones de ha**

# Disponibilidad neta de Biomasa Forestal

Tipo forestal	Superficie	%
	ha	
Bosque nativo	5.345.274	72,00
<i>Adulto</i>	811.678	
<i>Renoval</i>	3.582.408	
<i>Adulto / renoval</i>	865.446	
Bosque mixto	85.742	
Plantaciones	2.078.647	28,00
<b>Total</b>	<b>7.423.921</b>	<b>100,00</b>



Fuente: Potencial de biomasa forestal.2007. CNE y GTZ

# Biomasa Forestal Usada Energéticamente



<b>Tipo</b>	<b>Volumen MMm<sup>3</sup></b>
Corteza	1,0
Aserrín	3,5
Leña	10,0

Fuente: Seminario Biocombustibles Fundación Copec-UC,01/12/09

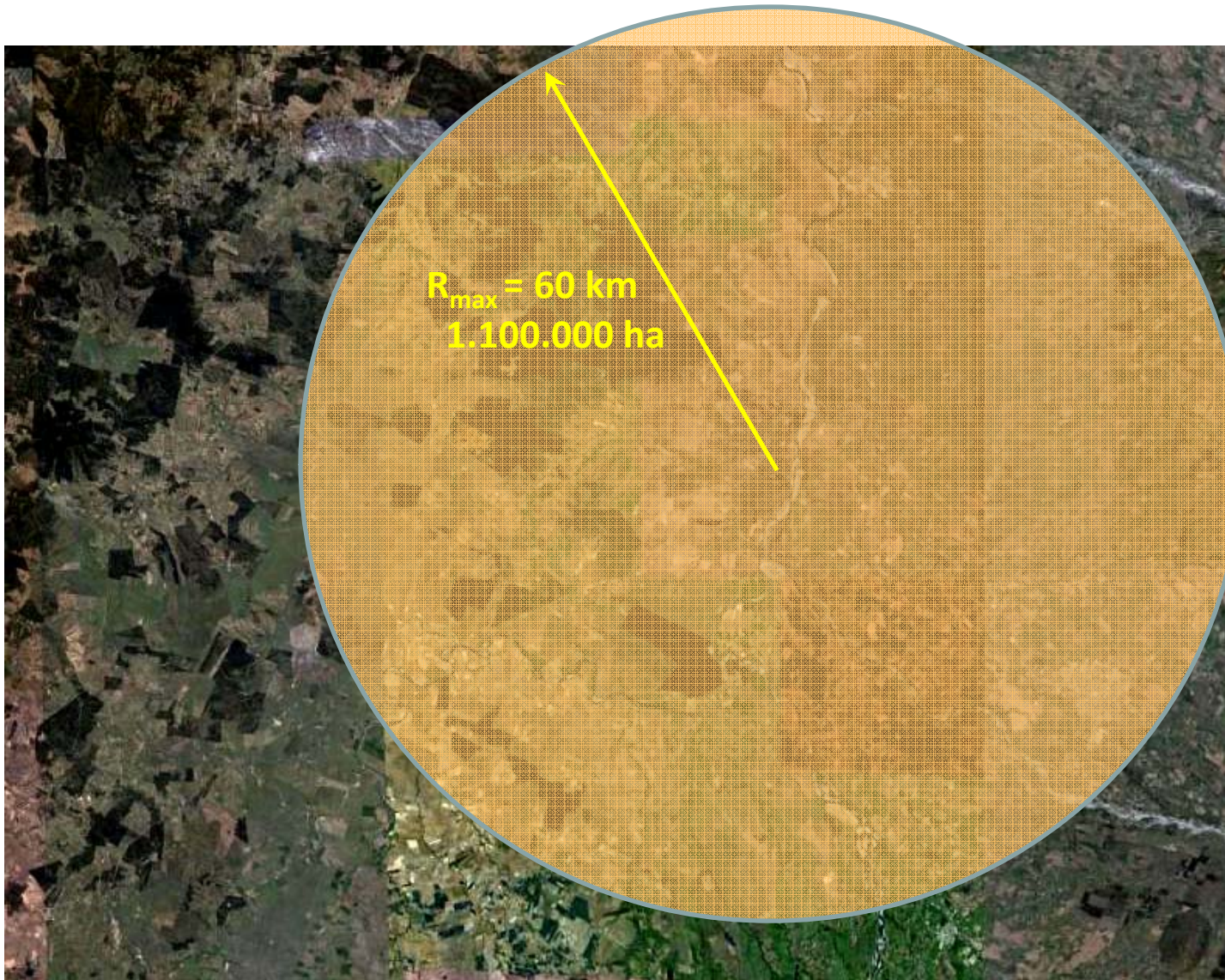


# RAE : Residuos forestales aprovechables energéticamente

Distribución regional de residuos madereros por tipo de aserradero (ton/año)

Región	Tipo de aserradero					Total	%
	Móvil portátil	Móvil tradicional	Permanente tradicional	Permanente con remanufactura	Permanente con elaboración		
IV	0	0	51	0	0	51	0,0
V	0	2.633	9.947	724	7.245	20.549	0,6
VI	959	41.236	22.733	28.429	16.230	109.588	3,4
VII	4.888	48.311	143.387	153.344	185.003	534.934	16,4
VIII	4.593	60.214	813.038	585.730	362.697	1.826.272	56,1
IX	8.419	31.509	116.273	119.835	95.010	371.045	11,4
X	12.658	17.749	9.429	126.023	168.333	334.192	10,3
XI	6.443	857	1.736	1.442	0	10.478	0,3
XII	98	339	40.064	367	5.561	46.428	1,4
RM	0	189	0	0	0	189	0,0
<b>Total</b>	<b>38.059</b>	<b>203.036</b>	<b>1.156.657</b>	<b>1.015.893</b>	<b>840.078</b>	<b>3.253.724</b>	<b>100,0</b>
%	1,2	6,2	35,5	31,2	25,8	100,0	

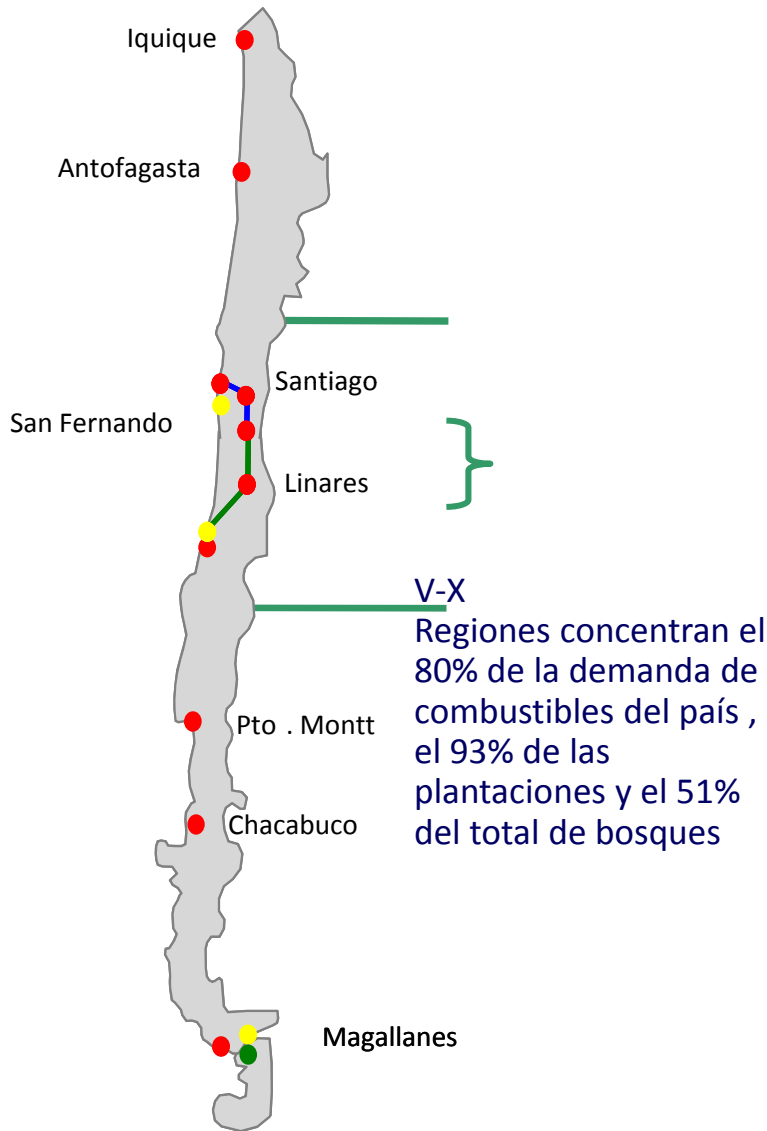
Fuente: DISPONIBILIDAD RESIDUOS MADEREROS (CNE/GTZ)



# Disponibilidad de Biomasa Cercana a Centros de Consumo

## Superficie de Bosques en Hectáreas

Distribución	Bosque nativo	Plantaciones	Total bosques	%
I	7.682	24.825	32.507	0,21
II		1.040	1.040	0,01
III		2.595	2.595	0,02
IV	1.377	74.179	75.556	0,49
V	94.008	52.962	146.970	0,95
RM	93.345	14.404	107.749	0,69
VI	117.798	90.216	208.014	1,34
VII	369.708	388.123	757.831	4,88
VIII	785.766	791.831	1.577.597	10,16
IX	907.521	389.946	1.297.467	8,36
X	3.610.314	208.825	3.819.139	24,60
XI	4.830.743	39.544	4.870.287	31,38
XII	2.625.054	158	2.625.212	16,91
<b>Total</b>	<b>13.443.316</b>	<b>2.078.648</b>	<b>15.521.964</b>	<b>100,00</b>



## Disponibilidad neta de biomasa en Chile en el año 2015 (BDMT<sup>1</sup>)

	V	VI	VII	VIII	IX	X	Total
<b>Desechos de plantaciones</b>	114.251	149.216	233.900	276.232	205.450	148.454	1.127.503
<b>Corteza</b>	6.644	37.115	96.946	83.319	51.217	30.604	305.844
<b>Desechos de aserraderos</b>							-
<b>Aserrín</b>	2.669	19.237	67.378	133.683	30.872	37.752	291.590
<b>Astillas</b>	4.003	28.855	101.067	200.525	46.308	56.628	437.385
<b>Chapas</b>	-	-	-	56.545	18.060	14.405	89.010
<b>Remanufactura</b>	792	6.322	48.647	184.984	29.092	26.936	296.772
<b>Bosque nativo</b>	-	-	147.061	521.010	572.940	1.338.532	2.579.543
<b>Total</b>	<b>128.358</b>	<b>240.744</b>	<b>694.999</b>	<b>1.456.297</b>	<b>953.938</b>	<b>1.653.310</b>	<b>5.127.647</b>

Nota: No se consideran desechos agrícolas, desechos urbanos y cultivos energéticos

<sup>1</sup> BDMT: Bone Dry Metric Ton



## RECURSO FORESTAL NATIVO Y ÁREAS POTENCIALES PARA BIOMASA

### Recursos para la Biomasa

#### BOSQUE NATIVO

**13,6 millones de hectáreas** son bosques nativos.

Descontando, los parques nacionales, las superficies de altas pendientes, las superficies asociadas a cursos de agua y otras, se podría llegar a **4,5 millones de hectáreas que estarían disponibles para la producción maderera.**

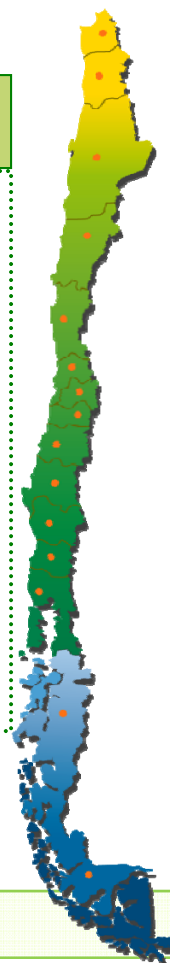
De los 4,5 millones solo un **85% puede ser usado con fines maderero**, lo cual arroja un valor aproximado de 3.000.000 hectáreas.

Esta superficie se extiende desde la VII Región del Maule hasta la XII Región de Magallanes con una concentración en las regiones **XI y XII que acumulan 1,6 millones de hectáreas**, mientras el **resto de las Regiones alcanzan un total de 1,4 millones de Hectáreas** de bosque nativo.

Fuente

CONAF – CONAMA, 1999.

Programa de Dendroenergía CONAF



*El 13 % de la Matriz energética nacional actual proviene de la madera*



## LA DISPONIBILIDAD DE BIOMASA O VOLUMEN DISPONIBLE

### Cálculo de Disponibilidad de Biomasa

La **DISPONIBILIDAD TEÓRICA DE BIOMASA SE OBTIENE** de multiplicación la superficie apta para la intervención, o sea los 3 millones mencionados anteriormente, por el crecimiento anual por hectárea, en una estimación conservadora puede fijarse en 5 metros cúbico/ hectárea/ año.

La operación anterior arroja un total de **15 MILLONES DE METROS CÚBICOS DE CRECIMIENTO DISPONIBLES ANUALMENTE** que pueden ser extraídos mediante un manejo sustentable. Este valor constituye la oferta total teórica de este recurso en los años próximos.

Solo el 60% de esta madera puede ser utilizada con fines energéticos (Emmanuelli), por lo que los 15 millones de metros cúbicos anuales **SE REDUCEN A 9,0 MILLONES DE METROS CÚBICOS POR AÑO DE MADERA.**





## LA GENERACIÓN DE ENERGÍA SOBRE LA BASE DE BIOMASA

### Oferta de Materia Prima

Dimensionando la **OFERTA DE MATERIA PRIMA PROVENIENTE DEL BOSQUE NATIVO** se puede afirmar que basado en las Cifras Anteriores se podría Generar Teóricamente las Siguietes Magnitudes:

#### MAGNITUDES

**EL COMBUSTIBLE NECESARIO PARA LA CIRCULACIÓN PERMANENTE DE 1,0 MILLONES DE VEHÍCULOS**, si estos ocuparan solamente biodiesel u otro combustible derivado de la biomasa. (las mezclas autorizan solo un 5%). Esta cifra corresponde a unos 2.000 millones de litros de petróleo (1 Ltr. combustible equivale a 3 kilos de madera)

Se podría alcanzar uno **2000 MW DE POTENCIA ELÉCTRICA INSTALADA CON PLANTAS DE GENERACIÓN EFICIENTES**. En la actualidad esa es la capacidad instalada eléctrica en el país es de uno 12.000 MW, es decir un 16%.

Se podría **GENERAR UN 6,1% DE LA ENERGÍA PRIMARIA** consumida en Chile.

# Áreas de impacto en la Matriz Energética

Consumo de gasolina al 2010: 3.300.000 m<sup>3</sup>/año

Si se reemplaza el 5% por bioetanol : 165.000 m<sup>3</sup>/año

→ Si se utiliza MAIZ se necesitarían: 55.000 Hectáreas

→ 1/3 del área usada en el cultivo de MAIZ

Si se reemplaza el 10% por bioetanol : 330.000 m<sup>3</sup>/año

- La disponibilidad de residuos lignocelulósicos puede abastecer sobradamente las necesidades de Bioetanol para la sustitución requerida, considerando una transformación de 300 litros de etanol por tonelada de biomasa lignocelulósica se requerirían 1.100 ton de residuos.

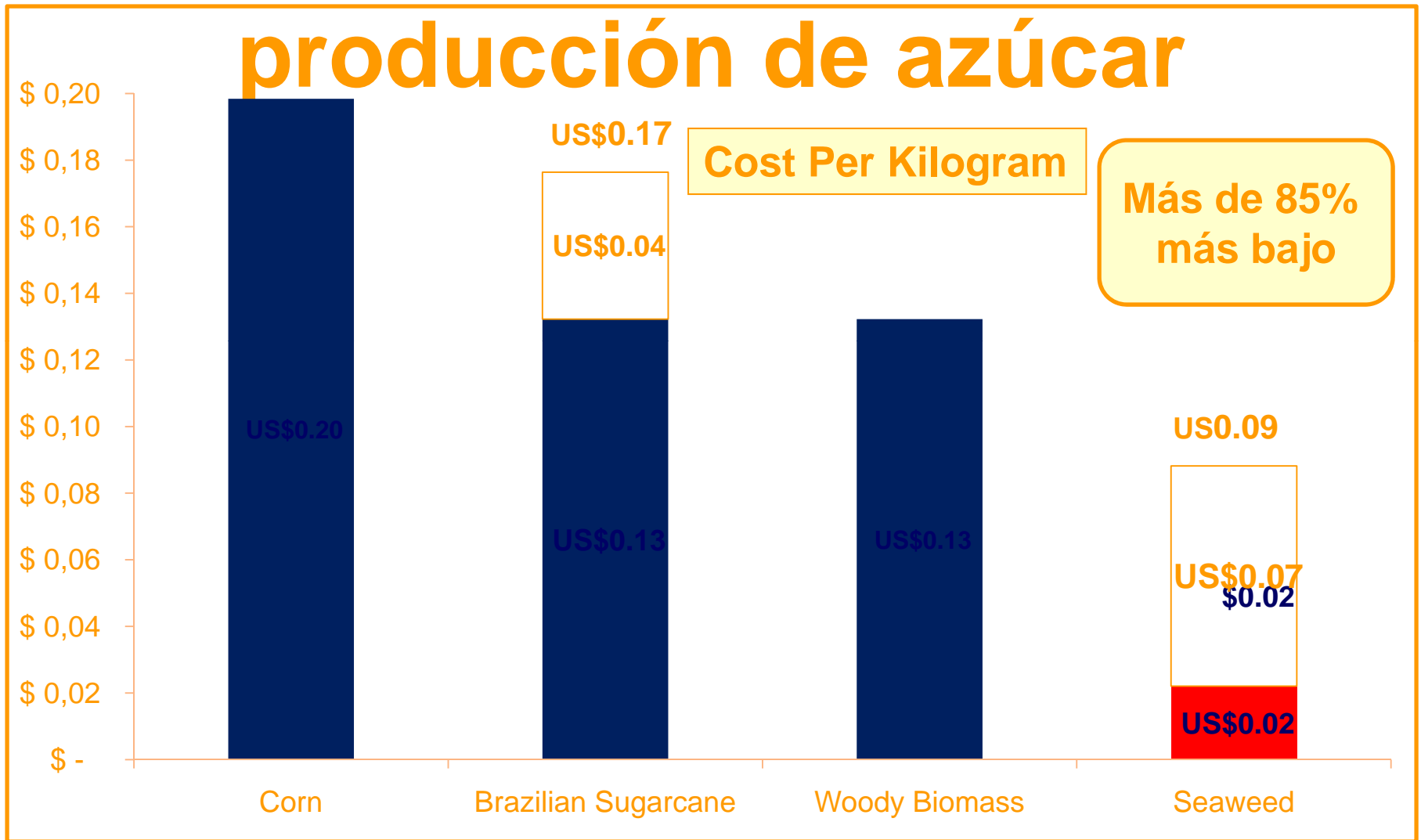


# Rol de las algas como fuente de biomasa

- Municipal Wastes
    - Landfill Gas
    - Solid Waste-to-Energy
  - Oils
  - Energy Crops
    - Corn
    - Soy
    - Sugarcane
  - Cellulosic
    - Agricultural Waste
    - Crop by-products
    - Wood, chips, waste
  - Aquatic Plants
    - Microalgae
    - Macroalgae
    - Other
- Natural Gases & Methane
  - Biodiesel
  - Grain Ethanol
  - Butanol
  - Cellulosic Ethanol
  - Syngas Liquids
  - Diesel from algae
  - Jet fuel from algae
  - Biomethane
  - Hydrocarbons from Biomass
    - Co-firing
    - Synthetic fuel products
- 

More info at source: NREL website, <http://www.nrel.gov/biomass/pdfs/39436.pdf>

# Los más bajos costos de producción de azúcar

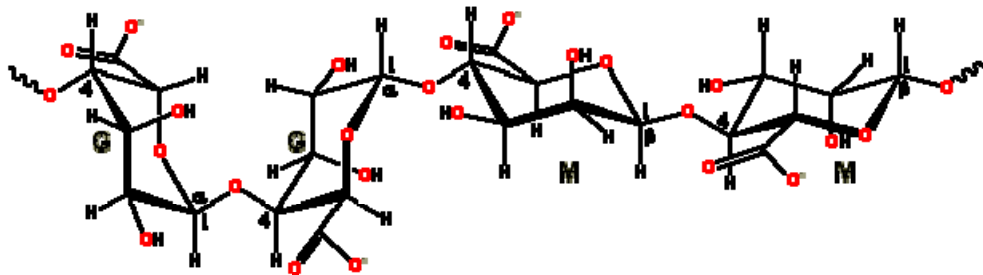


\* Assumption: US\$0.04 / kg byproduct (electricity) credit can obtain as in sugarcane

\*\* Assumption: US\$0.07 / kg of byproduct credits can obtain out of \$0.44/kg potential

# Fermentación puede verse dificultada

Alto porcentaje de azúcares fermentables (50% of DW)

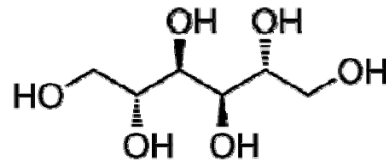


**22 %: alginate**

Block co-polymer of Mannuronate & Guluronate

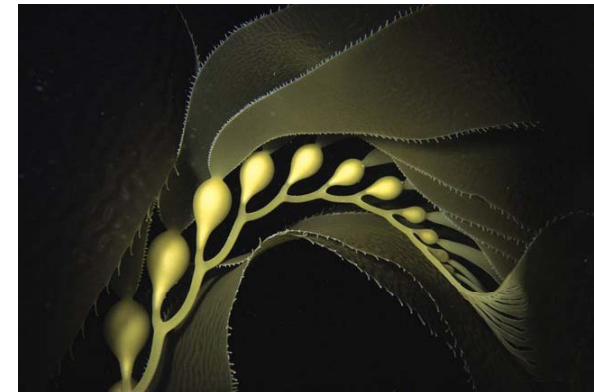
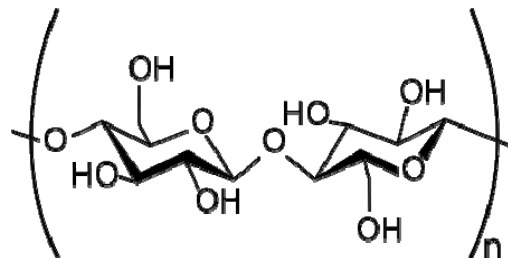
**16 %: manitol**

Monomer sugar alcohol



**4 %: celulosa**

$\beta$ -1,4 linked polymer of glucose



# Redescubrimiento de las microalgas

- Hasta ahora habían sido consideradas como los parientes pobres de la biotecnología: Actualmente pueden proveer soluciones para una variedad de problemas.
- Su rango de aplicación abarca desde la producción de biocombustibles a la producción de farmacéuticos. La biorremediación y la mitigación de CO<sub>2</sub> también constituyen áreas de expansión.

# ¿Qué son las microalgas?

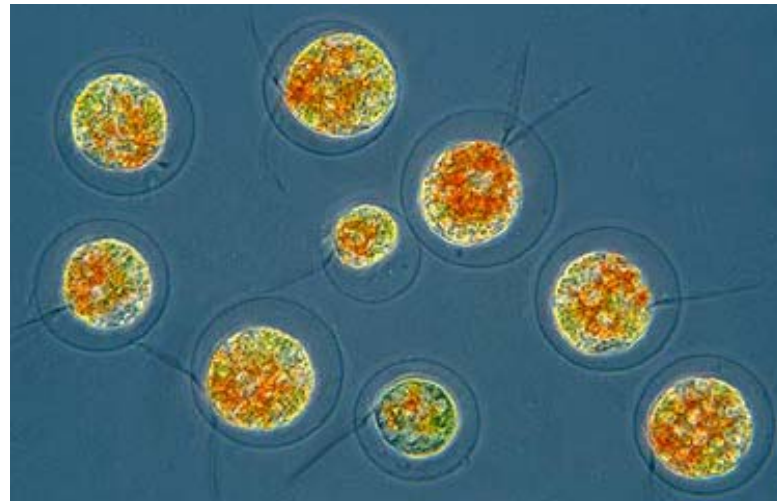
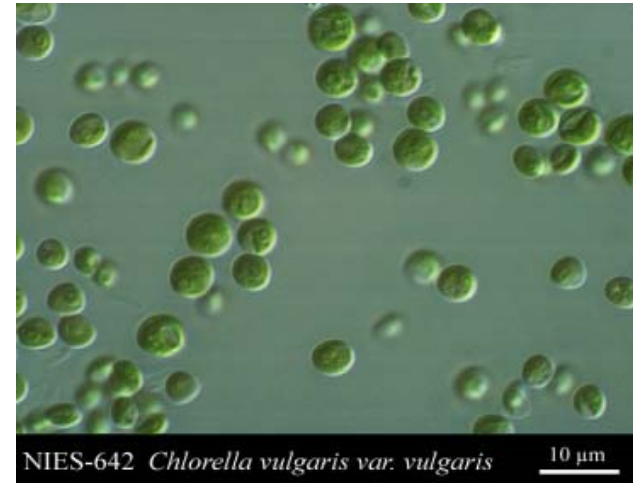
- Formas primitivas de plantas, sin embargo los mecanismos fotosintéticos de las microalgas son similares a los de las plantas, suelen ser más eficientes en la conversión de la energía solar, debido a su simplicidad como organismos.

# Rangos

- Pueden crecer en aguas con distintas salinidades
- Amplios rangos de temperatura
- Pueden soportar y utilizar luz bajo distintas intensidades.
- Amplios rangos de pH

# Cepas

- *Chlorella* sp.
- *Nitzschia* sp. (up to 47% ácidos grasos)
- *Spirulina*
- *Haematococcus pluvialis*
- *Dunaliella salina*



# Productividad

- Pueden generar 10 a 20 veces más aceite por año y por hectárea que cualquier otro cultivo.
- El contenido de aceite varía entre 20% to 50% de la biomasa seca
- Es posible obtener un volúmen de producción de hasta 1,5kg/m<sup>3</sup>/d y de 0,072kg/m<sup>2</sup>/d (Yusuf, 2007)



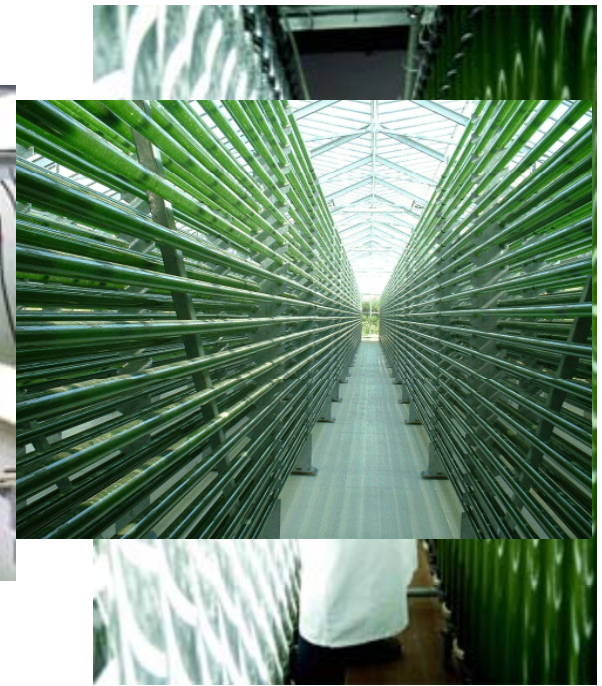
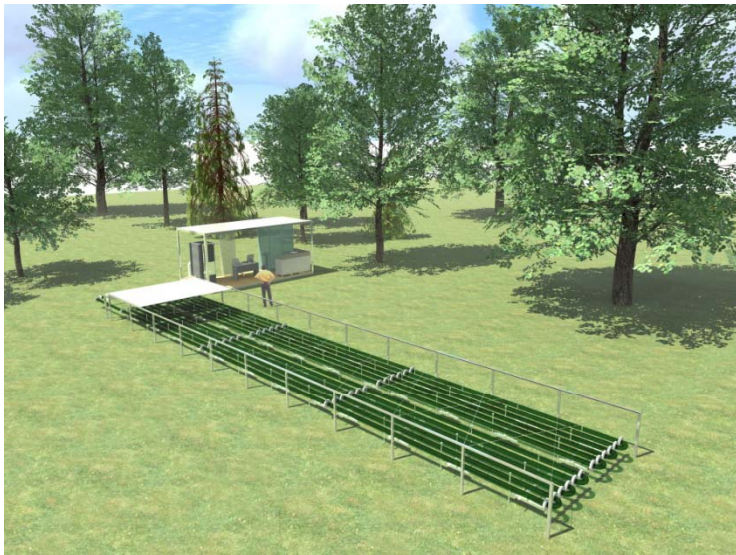
# Producción anual

- Soja: 400 to 500 liters/hectare
- Raps: 1000-11500 l/ha
- Mostaza: 1400 l/ha
- Jatropha: 1750 l/ha
- Aceite de palma: 6500 l/ha
- Alga estimado: 50.000-100.000 l/ha (70.000 “nominal”).

# Rendimiento de aceites en microalgas

Microalga	Contenido de aceite (% peso-seco)
<i>Botryococcus braunii</i>	25-75
<i>Chlorella</i> sp.	28-32
<i>Cryptocodinium cohnii</i>	20
<i>Cylindrotheca</i> sp.	16-37
<i>Dunaliella primolecta</i>	23
<i>Isochrysis</i> sp.	25-33
<i>Monallanthus salina</i>	>20
<i>Nannochloris</i> sp.	20-35
<i>Nannochloropsis</i> sp.	31-68
<i>Neochloris oleoabundans</i>	35-54
<i>Nitzschia</i> sp.	45-47
<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	20-30
<i>Schizochytrium</i> sp.	50-77
<i>Tretraselmis suecica</i>	15-23

# Sistemas de Producción



# Estanques abiertos

## Ventajas

- Bajo costo de capital
- Única tecnología probada a gran escala
- Mantiene cultivos específicos de extremófilos

## Desventajas

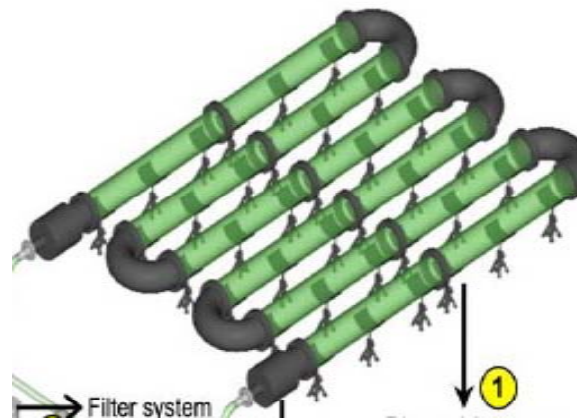
- Permite la contaminación de los cultivos específicos con las especies/tipos locales
- Potencial de pérdida/migración de los OGM [organismos genéticamente modificados]
- Sensible al clima
- Pérdida de agua por evaporación/percolación

## Rendimientos:

- 0,025 kg/m<sup>2</sup>/día (82 ton/ha/año)
- Máxima concentración de biomasa 1 kg/m<sup>3</sup> (0.5 kg/m<sup>3</sup> típica)



# Fotobiorreactores



# Atributos de los fotobiorreactores

## Ventajas

- Permitan el crecimiento de los cultivos específicos
- Permite el control ambiental
- Existe potencial para tasas de crecimiento más altas (en área de superficie extendida y/o alta turbulencia)

## Desventajas

- Potencial para alto costo de capital
- Potencial para alto costo de energía
- Producción de bajo costo no ha sido demostrada

## Rendimientos

- Productividad rprobada de biomasa 1.535 kg/m<sup>3</sup>/día(158 ton/ha/año)
- Concentración de biomasa 4 kg/m<sup>3</sup>

# Características relevantes de las macroalgas

## Plantas de más rápido crecimiento en el Planeta

- Altas Productividad (> 1200-1500 gC/m<sup>2</sup>/año)
- Existen Desarrollo Tecnológicos disponibles
- Sin Lignina – Degradable fácilmente
- Alto Nivel de Azúcares (50%)

## Oportunidad para co-Productos

- Iodine, Fucoïdan

## Menor Controversia

- Comestibles vs. Combustible
- Utilización de Tierra
- Utilización de Agua

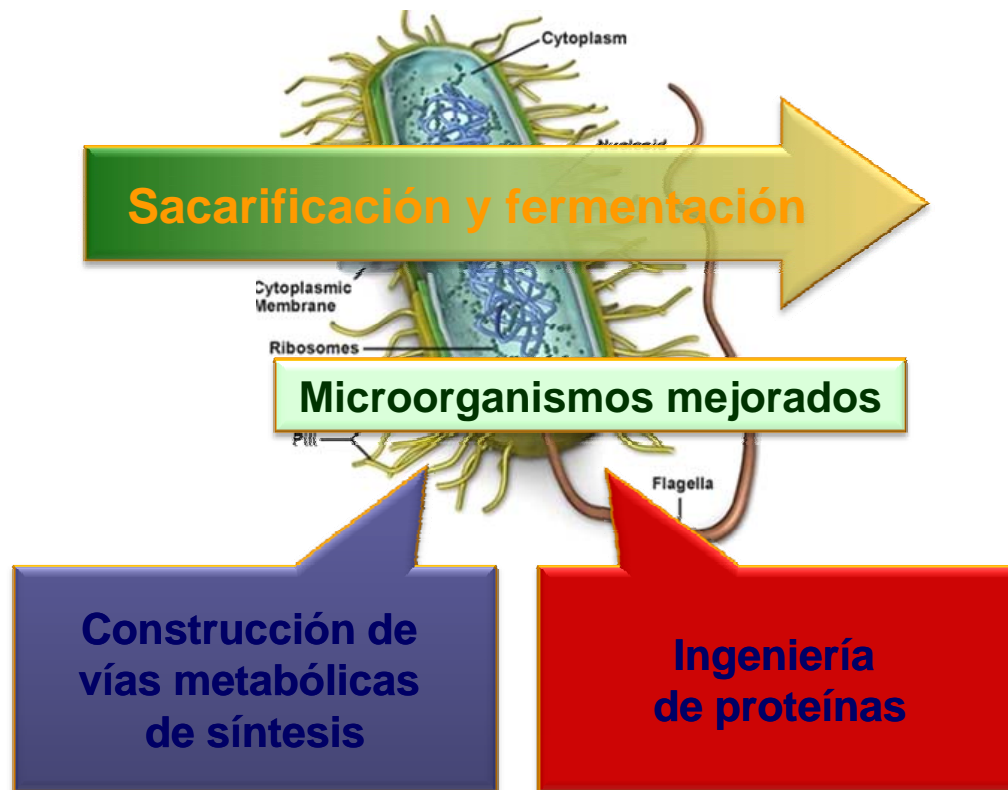
# Conversión de macroalgas

## Biomasa



**Macroalgas**

## Sistema de bioconversión



## Biocombustible



**Gasolina renovable, biodiesel, jet fuel y químicos**



# Bondades de Macroalgas

## Biomasa abundante

### Biomasa

- La mayor parte de la aquaesfera no es utilizada.
- No hay competencia por tierras y uso de agua para producir alimentos

### Rápido crecimiento, escalable, biomasa barata

- Costo estimado US\$0.08 to US\$ 0.09/kg azúcar



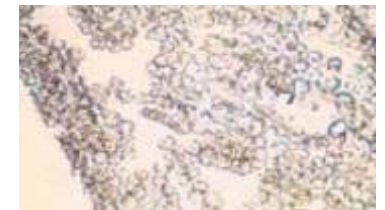
## Propiedades Ideales

### Mecánicamente frágiles

- No contienen lignina
- Más fácilmente de degradar usando catalizadores químicos o enzimáticos



3hr



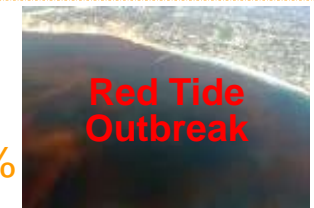
### Azúcares más simples constitutivas

- La sacarificación y la fermentación simultánea es más fácil
- Se requiere un menor número de enzimas (1-4)

## Beneficios adicionales

### Cultivo de algas es ambientalmente amigable

- Previene las mareas rojas y crea un ambiente amigable para peces.
- Reduce las emanaciones de gases de efecto invernadero en un 90% respecto de gasolina basada en la refinación del petróleo

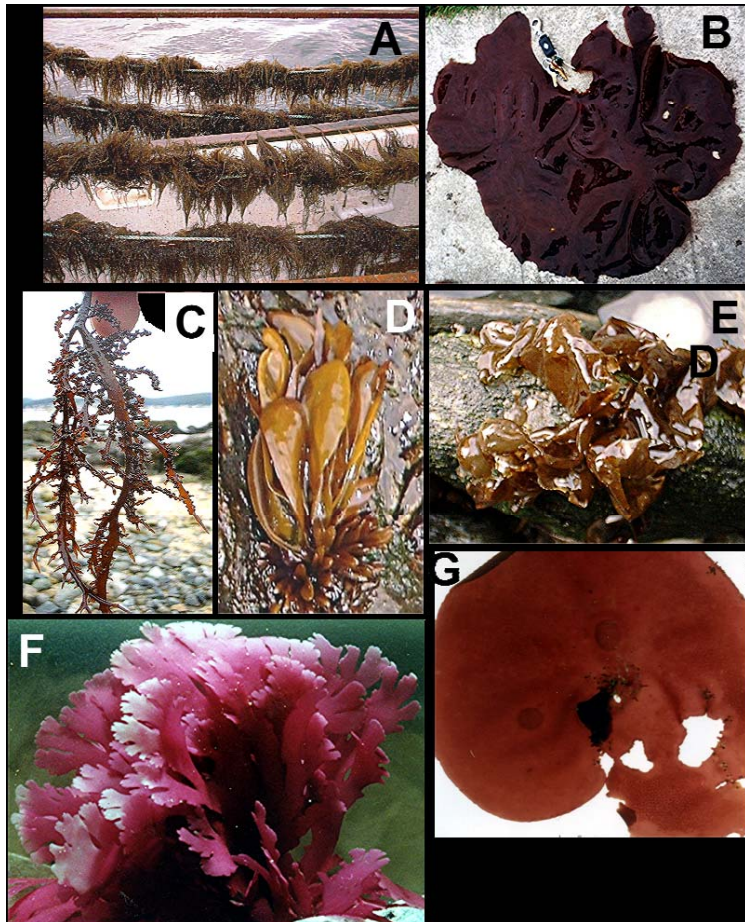


### Muchos subproductos beneficiosos

Genera costos ventajosos

Carotenoides ~US\$50/kg  
Chlorofila ~US\$100/kg  
Yodo ~US\$15/kg

# Algas rojas



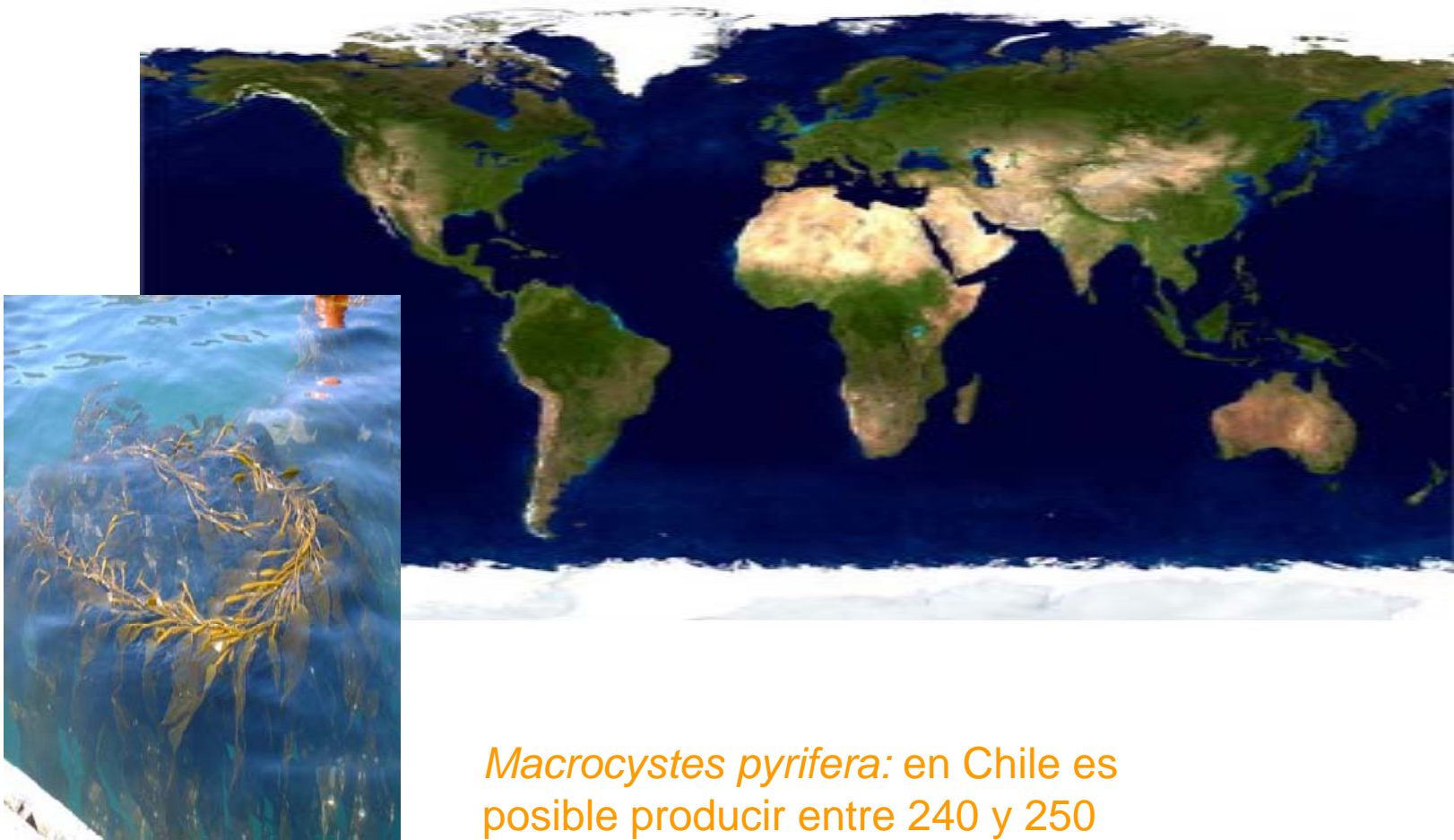
## **Especies**

- A. *Gracilaria*
- B. *Sarcothalia*
- C. *Chondracanthus*
- D. *Mazzaella*
- E. *Porphyra*
- F. *Callophyllis*
- G. *Gigartina*

## **Usos**

- A. Agar
- B. Carragenina
- C. Carragenina y Alimentación
- D. Carragenina
- E. Alimentación
- F. Alimentación
- G. Carragenina

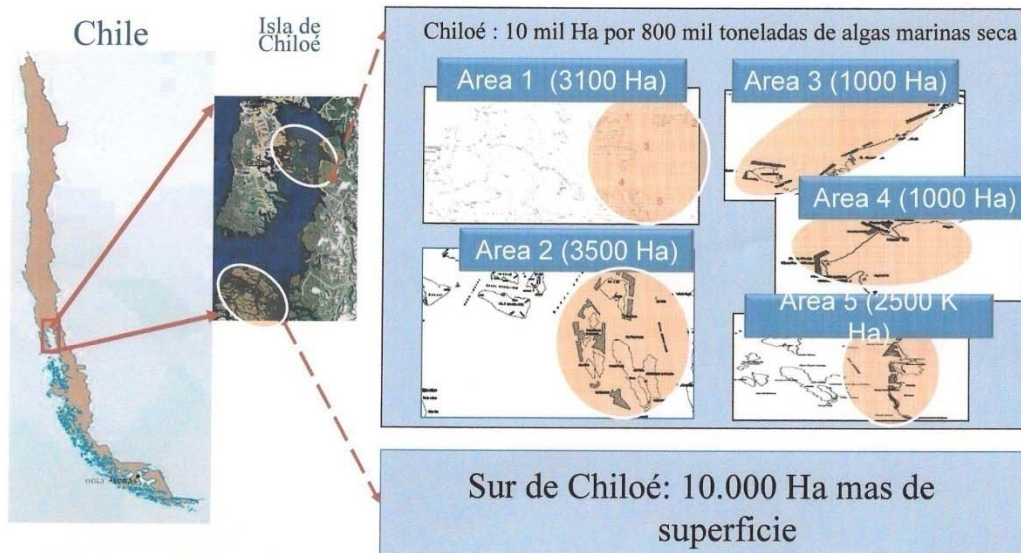
# Distribución de Algas pardas



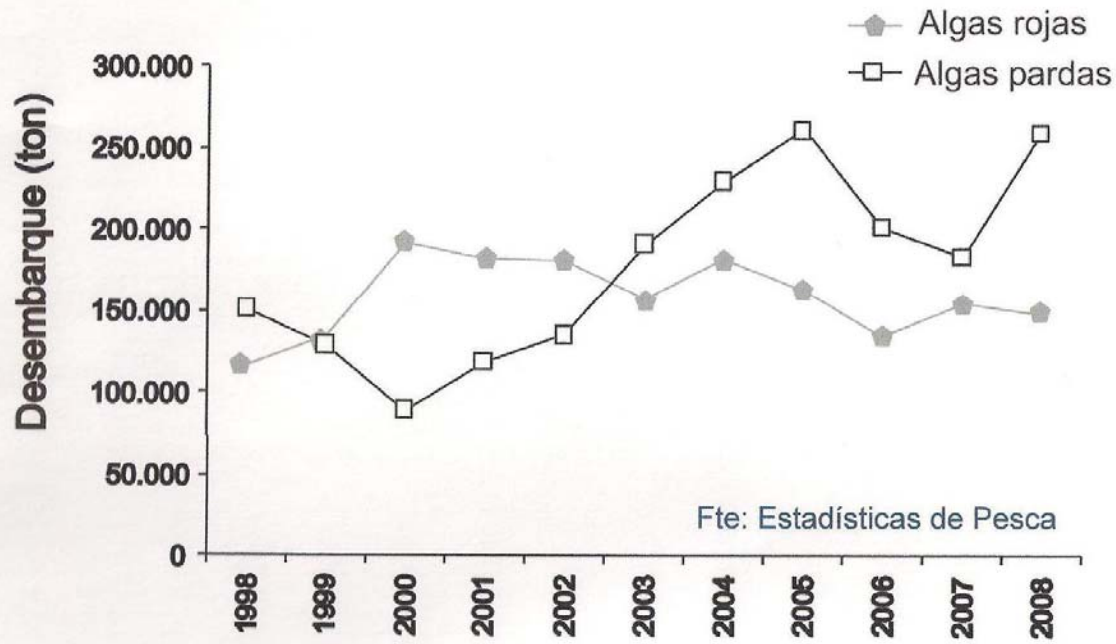
*Macrocystes pyrifera*: en Chile es posible producir entre 240 y 250 ton/MH/ha/año

# Posibilidades del cultivo de *Macrocystes pyrifera*

## ¿LIMITACIONES POR ESPACIO?



# Disponibilidad natural de algas



# Muchísimas gracias

¿Consultas?

[agarcia@uchile.cl](mailto:agarcia@uchile.cl)