



# **SITUACIÓN DE LOS BIOCOMBUSTIBLES EN EL MUNDO**

*Manlio F. Coviello*  
Economic Affairs Officer  
Natural Resources and Infrastructure Division  
ECLAC, United Nations



# ***LA MISION DE CEPAL***

***Contribuir a que los países definan  
políticas públicas integrales,  
y por ende sostenibles,  
para el desarrollo de las energías  
renovables, la eficiencia  
energética y los biocombustibles***



# ***BIOCOMBUSTIBLES EN EL MUNDO***

# BIOCOMBUSTIBLES CONVENCIONALES

## Biocombustibles convencionales

Nombre del biocombustible	Nombre en la Directiva UE	Proceso de producción
Aceite vegetal no modificado (SVO)	Aceite vegetal puro	Prensado en frío, extracción y refinado
Biodiesel a partir de semillas	Biodiesel	Transesterificación del SVO
Biodiesel a partir de residuos (aceites o grasas)	Biodiesel	Refinado y transesterificación
Etanol de cultivos con azúcar	Bioetanol	Fermentación y destilado
Etanol de cultivos con almidón	Bioetanol	Hidrólisis, fermentación y destilado
ETBE (etil ter-butil éter)	Bio-ETBE	Fermentación y síntesis
SNG (GN sintético) de biogás	Biogás	Digestión, eliminación de CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O
Hidrógeno a partir de biogás	Biohidrógeno	Digestión, WGS y eliminación del CO <sub>2</sub>

# BIOCOMBUSTIBLES II GENERACIÓN (avanzados)

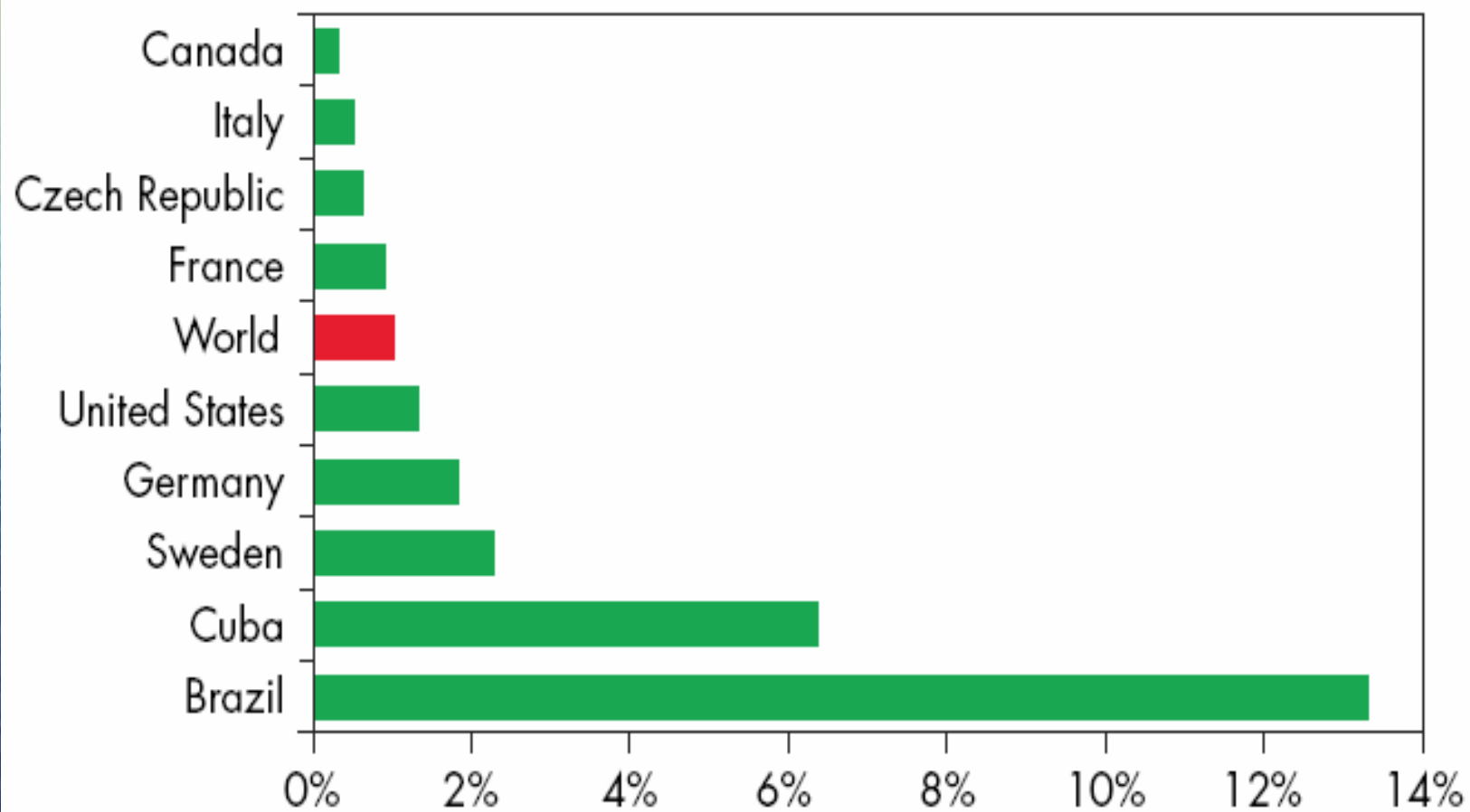
## Biocombustibles avanzados

Nombre del biocombustible	Nombre en la Directiva UE	Proceso de producción
Diesel Fischer-Tropsch	Biocombustible sintético	Gasificación, WGS, síntesis e hidroconversión o conversión catalítica
Metanol	Biometanol	Gasificación, WGS, síntesis
MTBE (metil ter-butil éter)	Bio-MTBE	Síntesis de metanol e isobutileno
DME (di-metil éter)	Bio-DME	Gasificación, WGS, síntesis
Alcoholes a partir de singás	Biocombustible sintético	Gasificación, síntesis ("Ecalene")
SNG de singás	Biogás, biocombustible sintético	Gasificación, WGS, síntesis, eliminación de CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O
Hidrógeno de singás	Biohidrógeno	Gasificación, WGS y eliminación de CO <sub>2</sub>
<b>Etanol de celulosas</b>	<b>Bioetanol</b>	<b>Hidrólisis avanzada, fermentación y destilado</b>
Diesel HTU (hydrothermal upgrading)	Biocombustible sintético	HTU, HDO, refinado
Diesel a partir de pirólisis	Biocombustible sintético	Pirólisis, hydro-de-oxygenation (HDO), refinado
SNG a partir de materias húmedas	Biogás, biocombustible sintético	Gasificación super / subcrítica
Hidrógeno a partir de materiales húmedos	Biohidrógeno	Gasificación supercrítica
Hidrógeno a partir de materiales húmedos	Biohidrógeno	Fermentación opaca y fotofermentación

**OJO !!**



## PARTICIPACIÓN DE LOS BIOCOMBUSTIBLES EN EL CONSUMO TOTAL DEL TRANSPORTE VIAL ( 2004)



Fuente: F.O. Licht ( 2006) & IEA

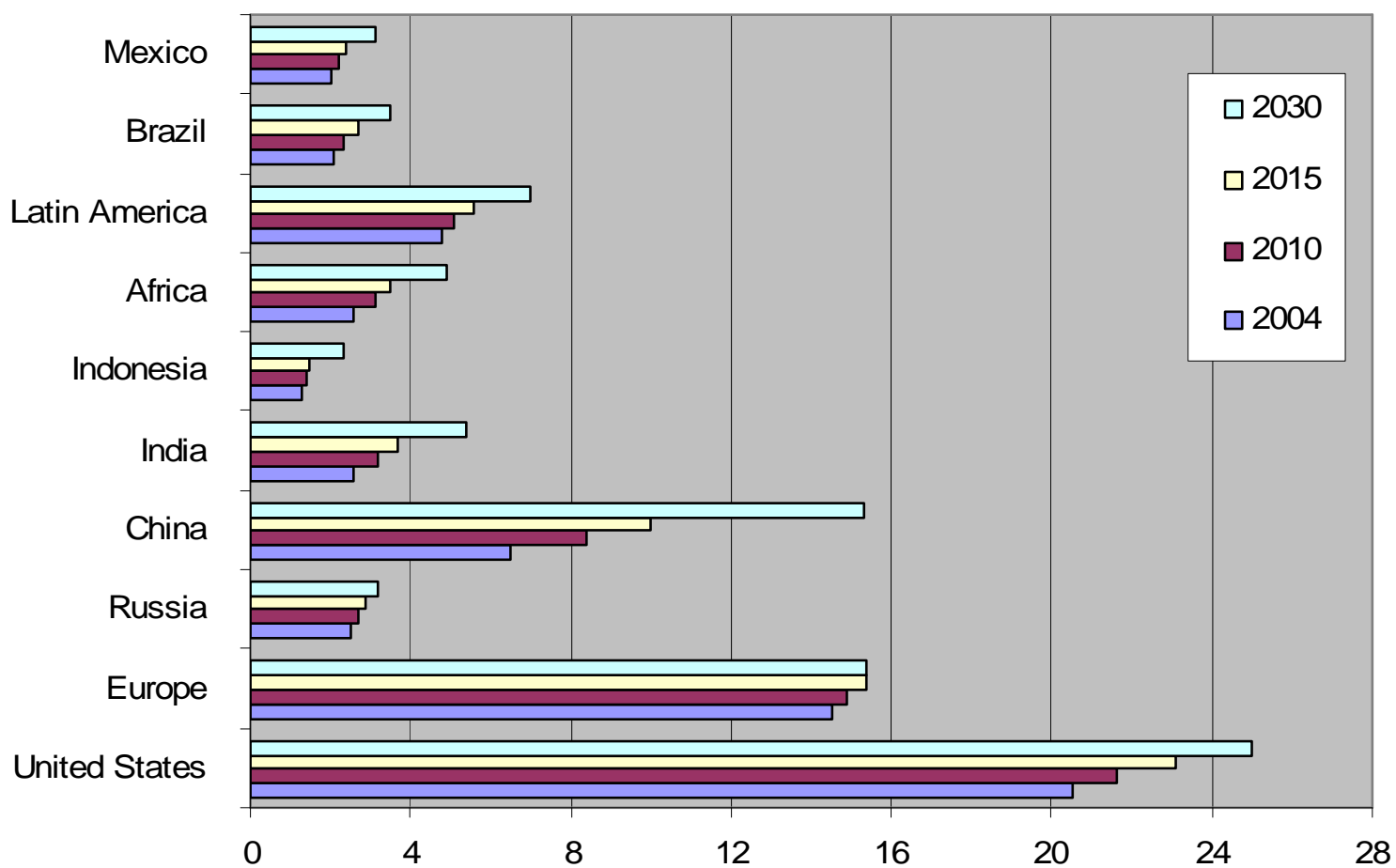
# ROL ESTRATÉGICO DE LOS BIOCOMBUSTIBLES

- Transporte representa **27%** del consumo de energía del planeta y es alimentado casi por hidrocarburos
- En **2050**, participación subirá al **32 %** ( IPCC)
- Aumento demanda de combustibles fósiles asociada a reducción de las reservas de petróleo a nivel mundial
- Por tanto: biocombustibles jugarán rol estratégico al tiempo que reducirán emisiones de gases invernadero y la dependencia del petróleo

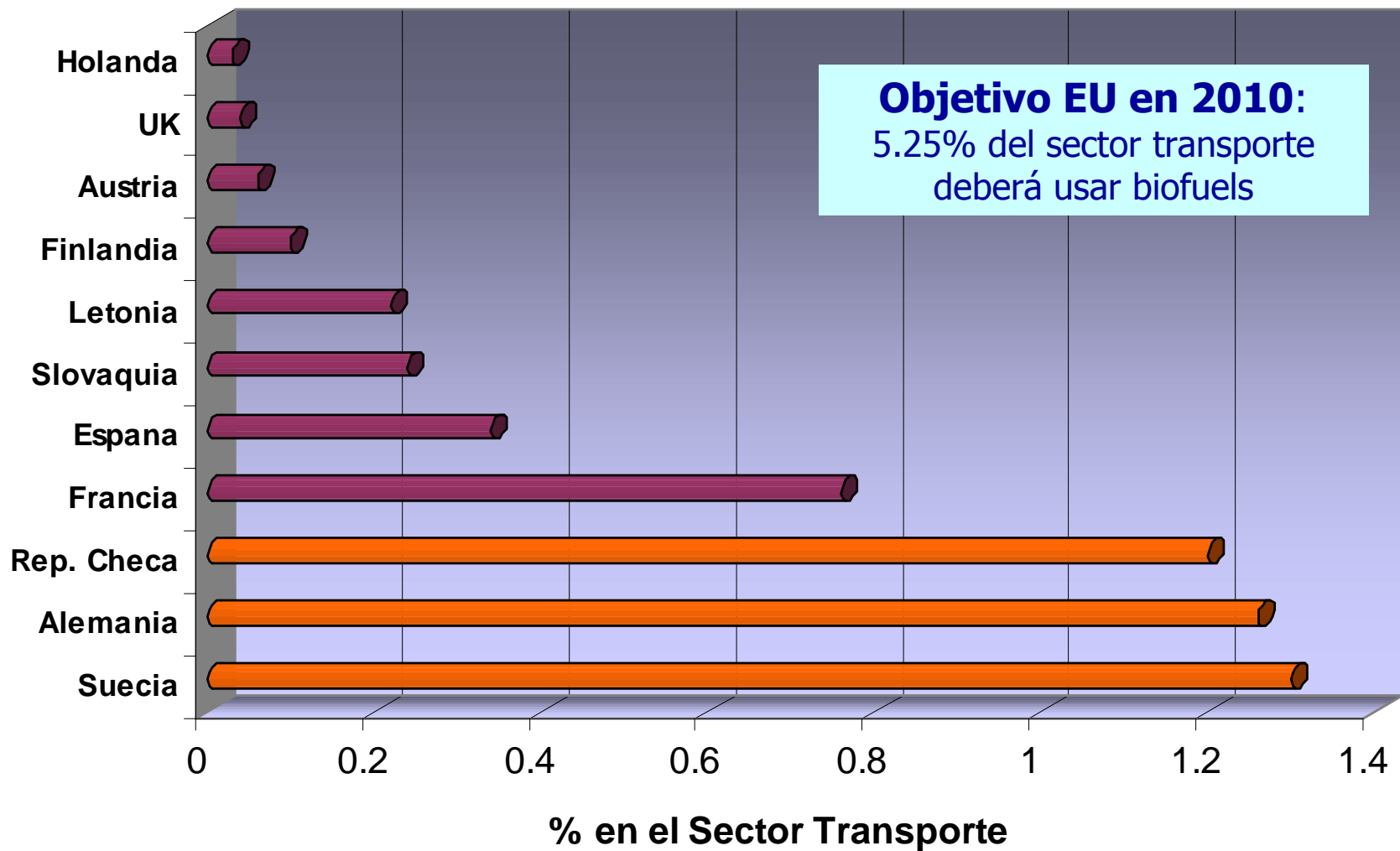


## DEMANDA PRIMARIA DE PETRÓLEO

en millones de bariles diarios (escenario de referencia IEA)



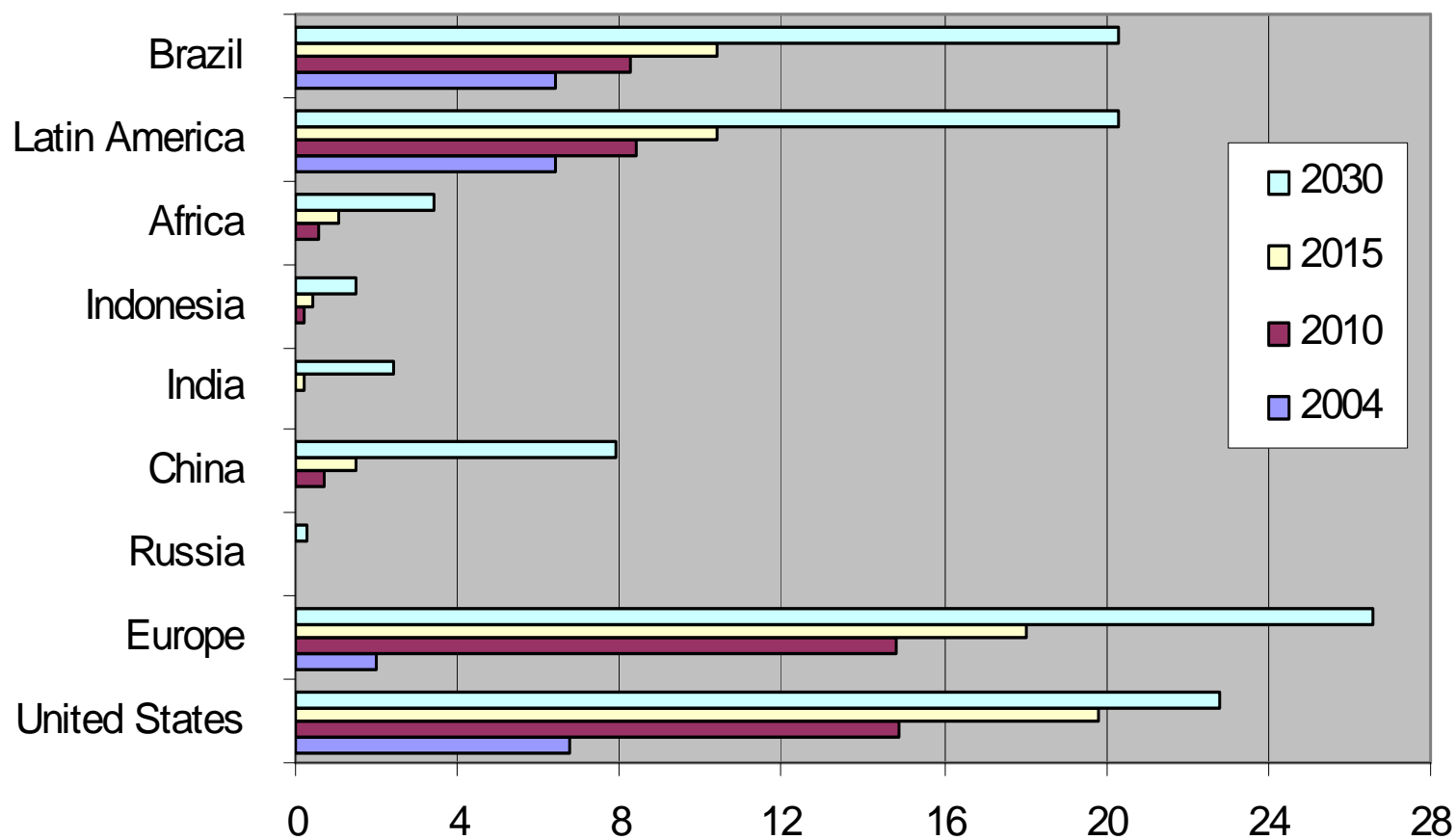
## CONSUMO BIOCOMBUSTIBLES EN LA UN. EUROPEA



Fuente: APER (E)

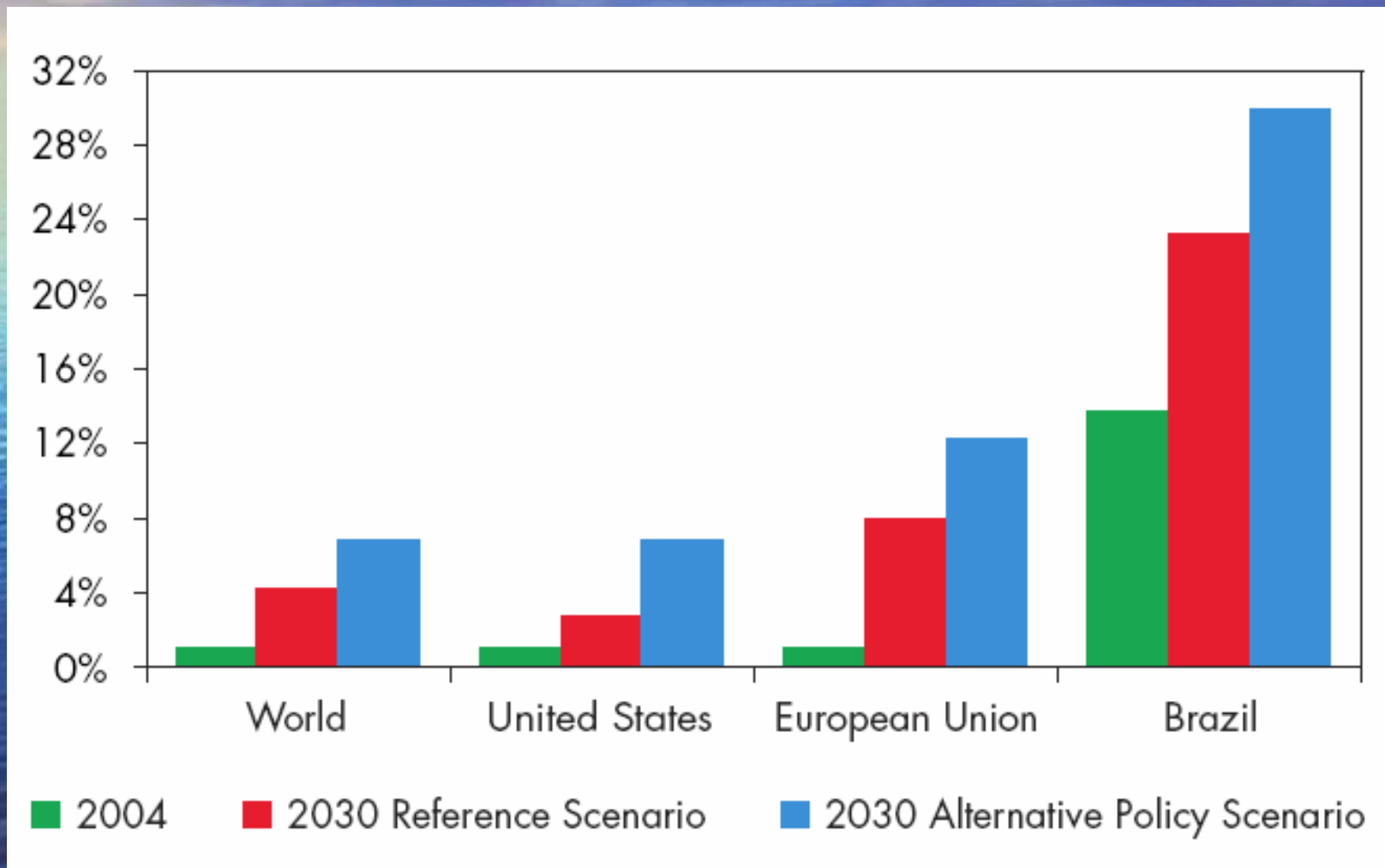


## PROYECCIÓN DEL CONSUMO DE BIOCOMBUSTIBLES en millones de toneladas equiv. de petróleo (escenario de referencia IEA)





## PARTICIPACIÓN DE LOS BIOCOMBUSTIBLES EN EL CONSUMO TOTAL DEL TRANSPORTE VIAL (proyecciones IEA)



Fuente: IEA/WEO 2006

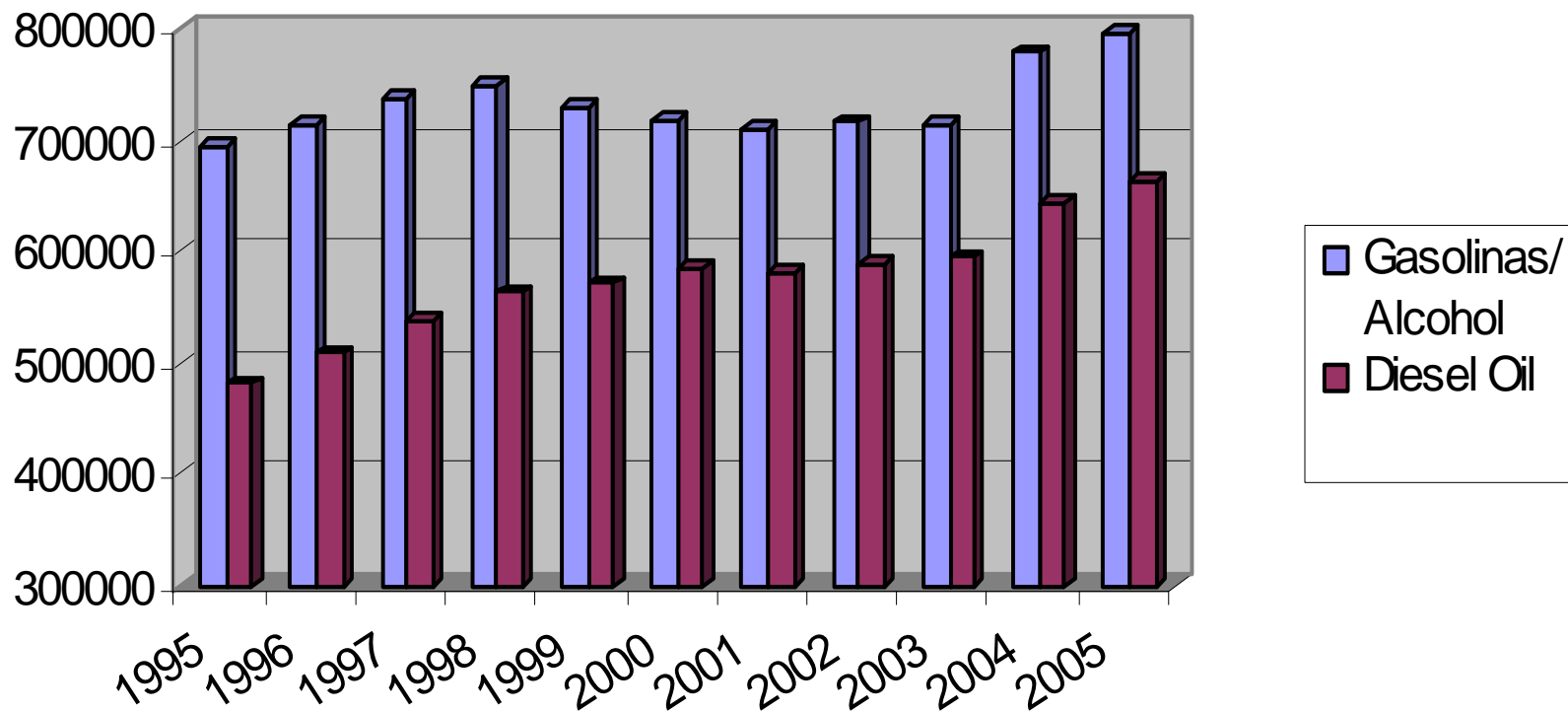


# ***BIOCOMBUSTIBLES EN LA REGIÓN:***

***Variedad de demanda  
y el modelo (!?) Brasil***



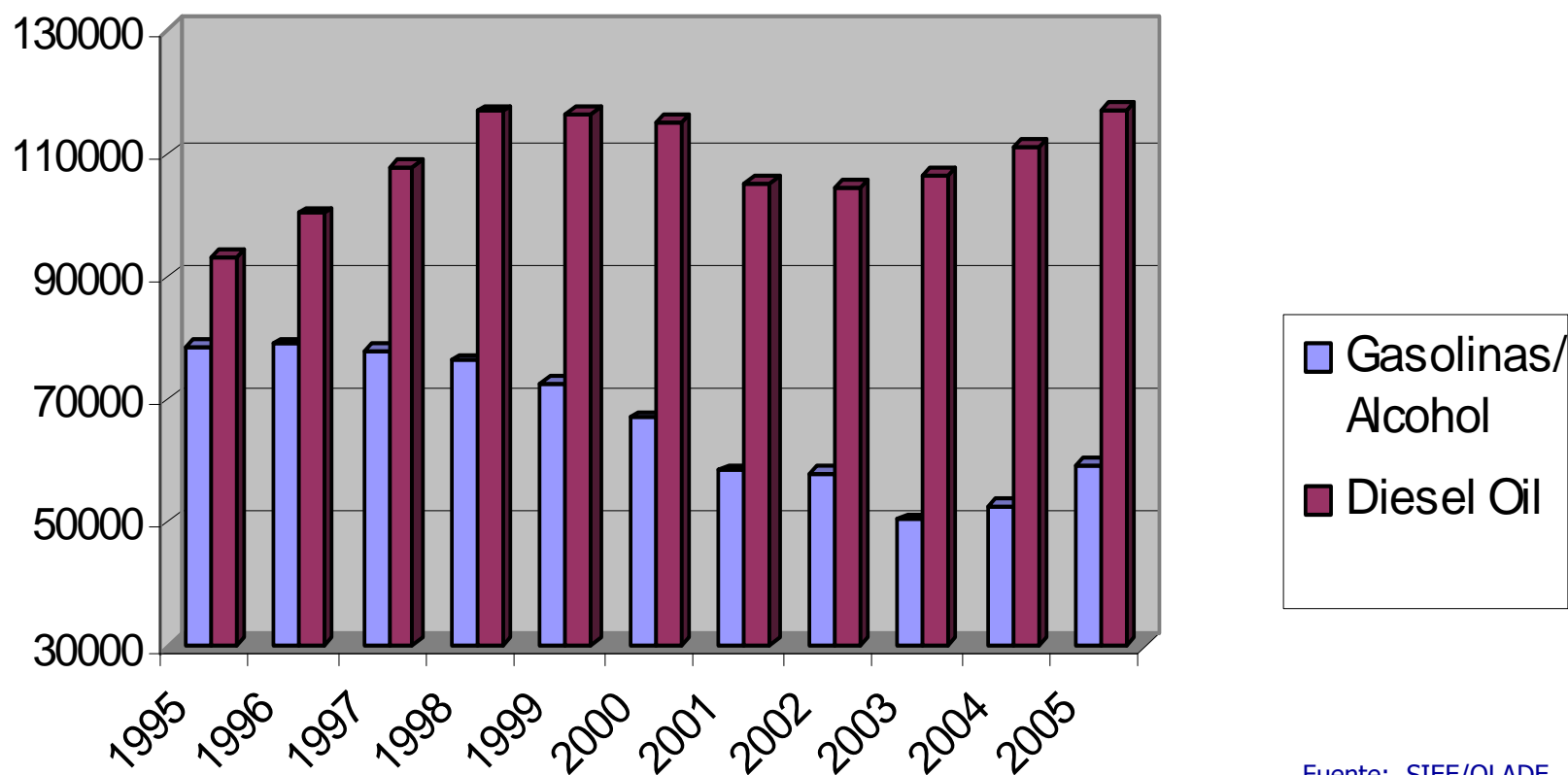
## CONSUMO GASOLINA & DIESEL para TRANSPORTE AMÉRICA LATINA v EL CARIBE - 1995/2005 - TeraCalorias



Fuente: SIEE/OLADE



## CONSUMO GASOLINA & DIESEL para TRANSPORTE Cono Sur de América - 1995/2005 - TeraCalorias



Fuente: SIEE/OLADE

# LA VENTAJA COMPETITIVA DE BRASIL

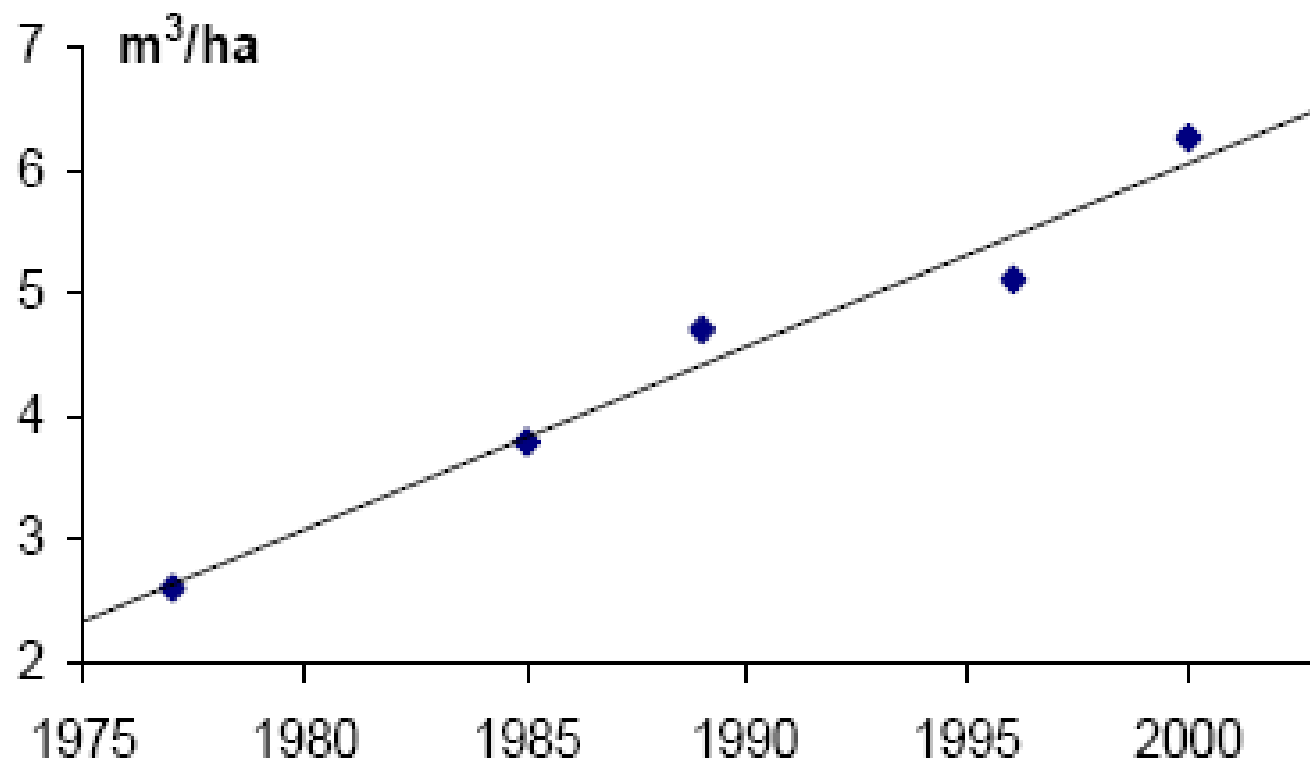
Síntesis de estimaciones de costes de producción de etanol (US\$ / litro), excluyendo costes de capital

Partida de coste	EEUU Maíz (molienda húmeda)	EEUU Maíz (molienda seca)	EEUU Caña de azúcar	EEUU Remolacha	EEUU Melaza	EEUU Azúcar en bruto	EEUU Azúcar refinada	Brasil Caña de azúcar	UE Remolacha
Coste de <u>materia prima</u>	0,11	0,14	0,39	0,42	0,24	0,82	0,95	0,08	0,26
Coste de <u>proceso</u>	0,17	0,14	0,24	0,20	0,10	0,10	0,10	0,13	0,51
Coste <u>total</u>	0,27	0,28	0,63	0,62	0,34	0,92	1,05	0,21	0,76

USDA (2006)

## BRASIL: alta eficiencia en el proceso

---



Productividad agroindustrial de etanol de caña de azúcar en Brasil

**Mientras la caña de azúcar tiene un Balance Energético muy positivo (Energía Utilizada/Energía Producida = 0.15), el del maíz y del trigo están todavía en discusión....**

Energy and GHG Impacts of Ethanol:  
Estimates from Corn- and Wheat-to-Ethanol Studies

	Feedstock	Ethanol production efficiency (litres/tonne feedstock)	Fuel process energy efficiency (energy in/out)	Well-to-wheels GHG emissions: compared to base (gasoline) vehicle (per km travelled)	
				Fraction of base vehicle	Percent reduction
GM/ANL, 2001	corn-a	372.8	0.50	n/a	n/a
GM/ANL, 2001	corn-b	417.6	0.55	n/a	n/a
Pimental, 2001/91	corn	384.8	1.65	1.30	-30% <sup>C</sup>
Levelton, 2000	corn	470.0	0.67	0.62	38%
Wang, 2001a	corn-dry mill	387.7	0.54	0.68	32%
Wang, 2001a	corn-wet mill	372.8	0.57	0.75	25%
Levy, 1993	corn-a	367.1	0.85	0.67	33%
Levy, 1993	corn-b	366.4	0.95	0.70	30%
Marland, 1991	corn	372.8	0.78	0.79	21%
Levington, 2000	wheat	348.9	0.90	0.71	29%
ETSU, 1996	wheat	346.5	0.98	0.53	47%
European Commission, 1994	wheat	385.4	1.03	0.81	19%
Levy, 1993	wheat-a	349.0	0.81	0.68	32%
Levy, 1993	wheat-b	348.8	0.81	0.65	35%

Note: Where a range of estimates is reported by a paper, "a" and "b" are shown in the feedstock column to reflect this.  
<sup>C</sup> Negative greenhouse gas reduction estimate connotes an increase. n/a = not available.

Sources: Except for Levelton, 2000, Wang 2001 a and GM/ANL 2001, data presented here for these studies are taken from the comparison conducted by CONCANUE, 2002.



***POTENCIAL DE  
PRODUCCIÓN DE  
BIOCOMBUSTIBLES  
EN LA REGIÓN***

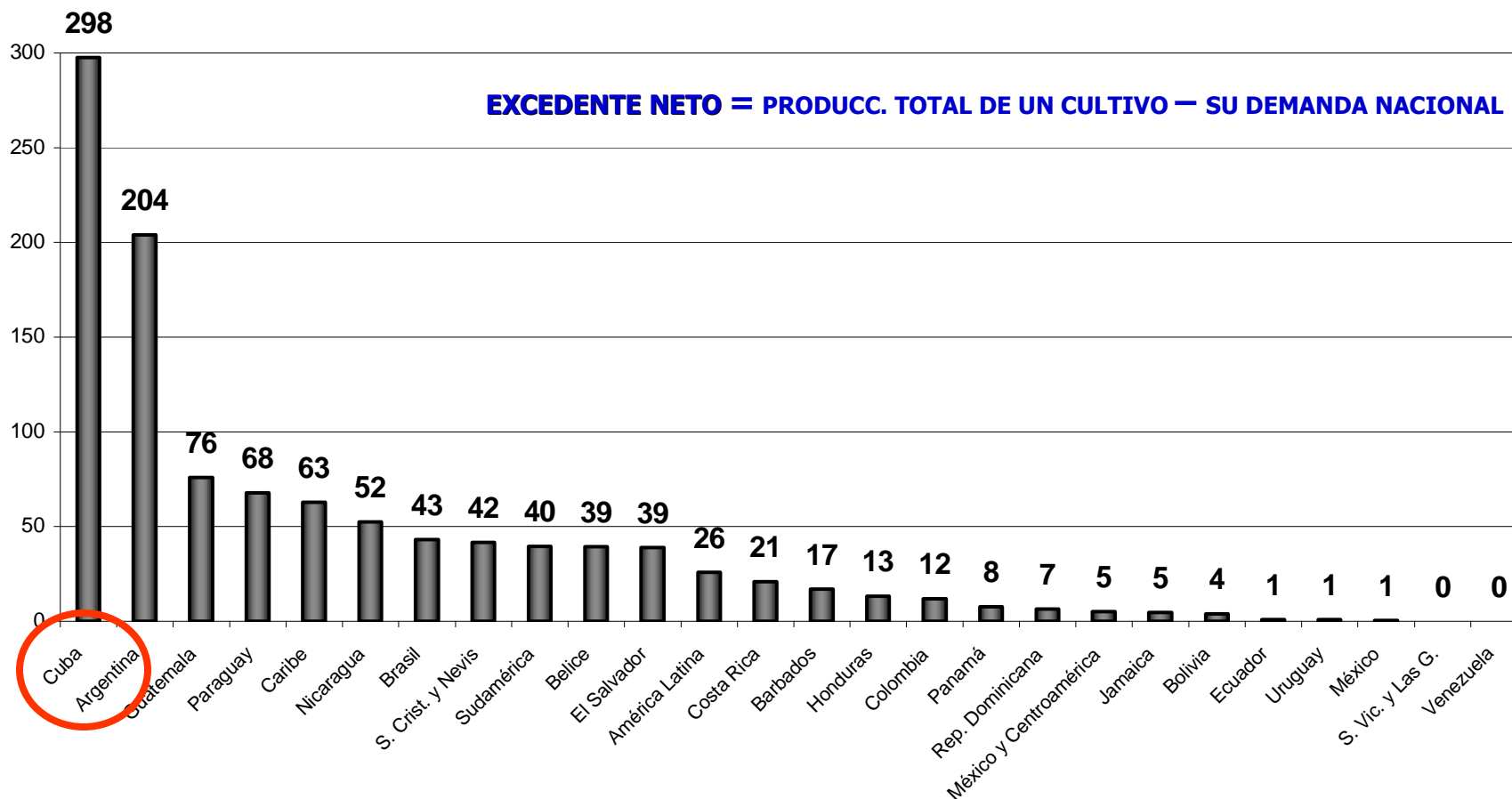
# POTENCIAL ENERGÉTICO TÉCNICO DE CULTIVOS ENERGÉTICOS (proyección IPCC al 2050)

Región	Población en 2050 (miles de millones)	Potencial para Cultivos (Gha)	Superficie cultivada en 1990 (Gha)	Superficie cultivada adicional necesaria en 2050 (Gha)	Superficie disponible para la producción de biomasa en 2050 (Gha)	Cantidad adicional máxima de energía de biomasa (EJ/año)
<b>Países OCDE y en Transición</b>	0.75	0.82	0.67	0.05	0.1	30
<b>América Central y Caribe</b>	0.286	0.087	0.037	0.015	0.035	11
<b>América del Sur</b>	0.524	0.865	0.153	0.082	0.63	189
<b>Africa</b>	2.044	0.978	0.252	0.242	0.484	145
<b>China</b>	5.442	0.565	0.455	0.077	0.033	19
<b>Total regiones</b>	9.046	3.315	1.499	0.466	1.313	396
<b>Energía potencial de la biomasa total ( incluye 45 EJ/año de biomasa tradicional)</b>						441

Giga Hectareas, Gha = mill millones de hectareas  
Exajoules, EJ =163 millones de barriles equivalentes de petróleo

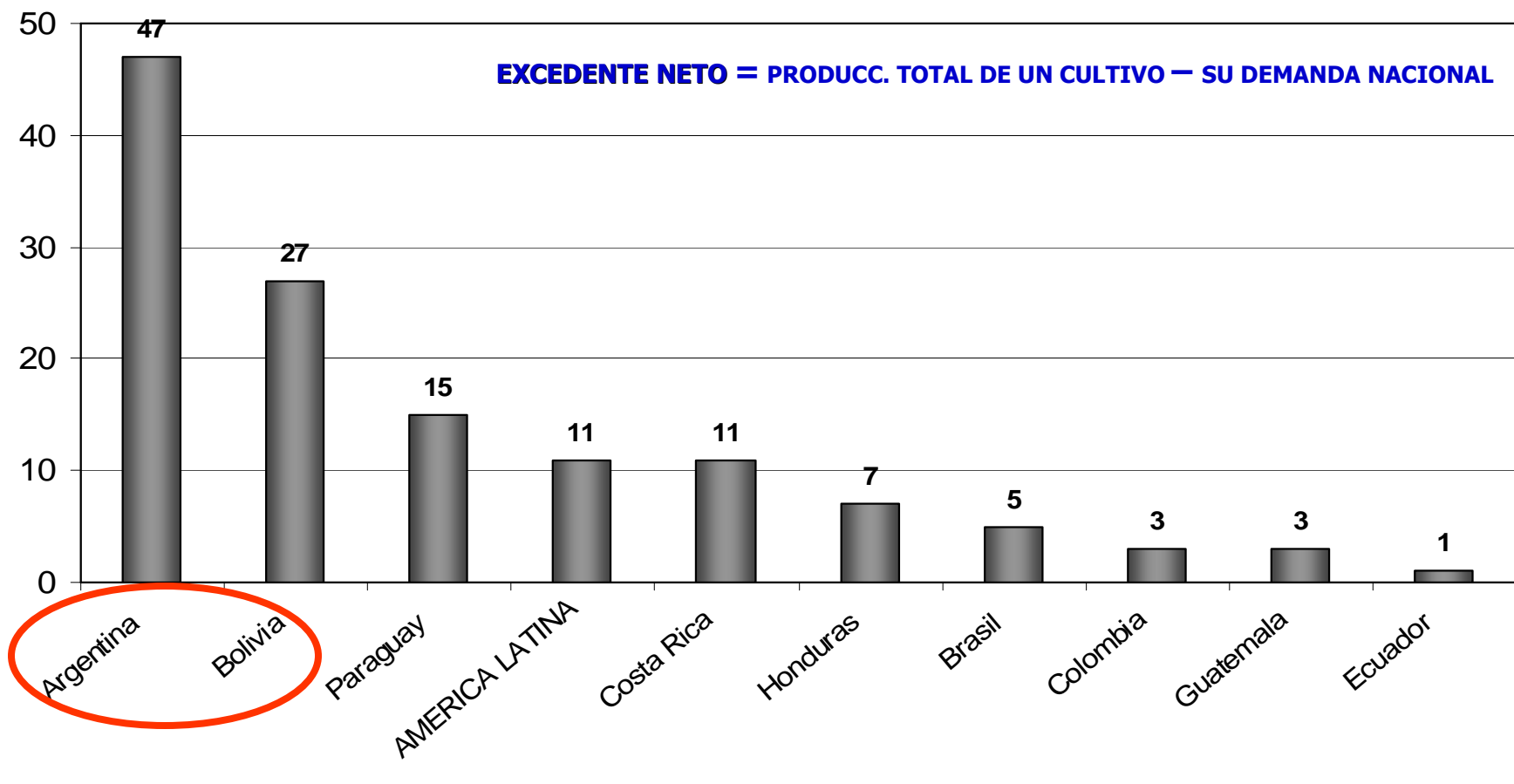


### Porcentaje de mezcla potencial de bioetanol en el consumo local de combustibles a partir de excedentes netos de producción (2003-2005)



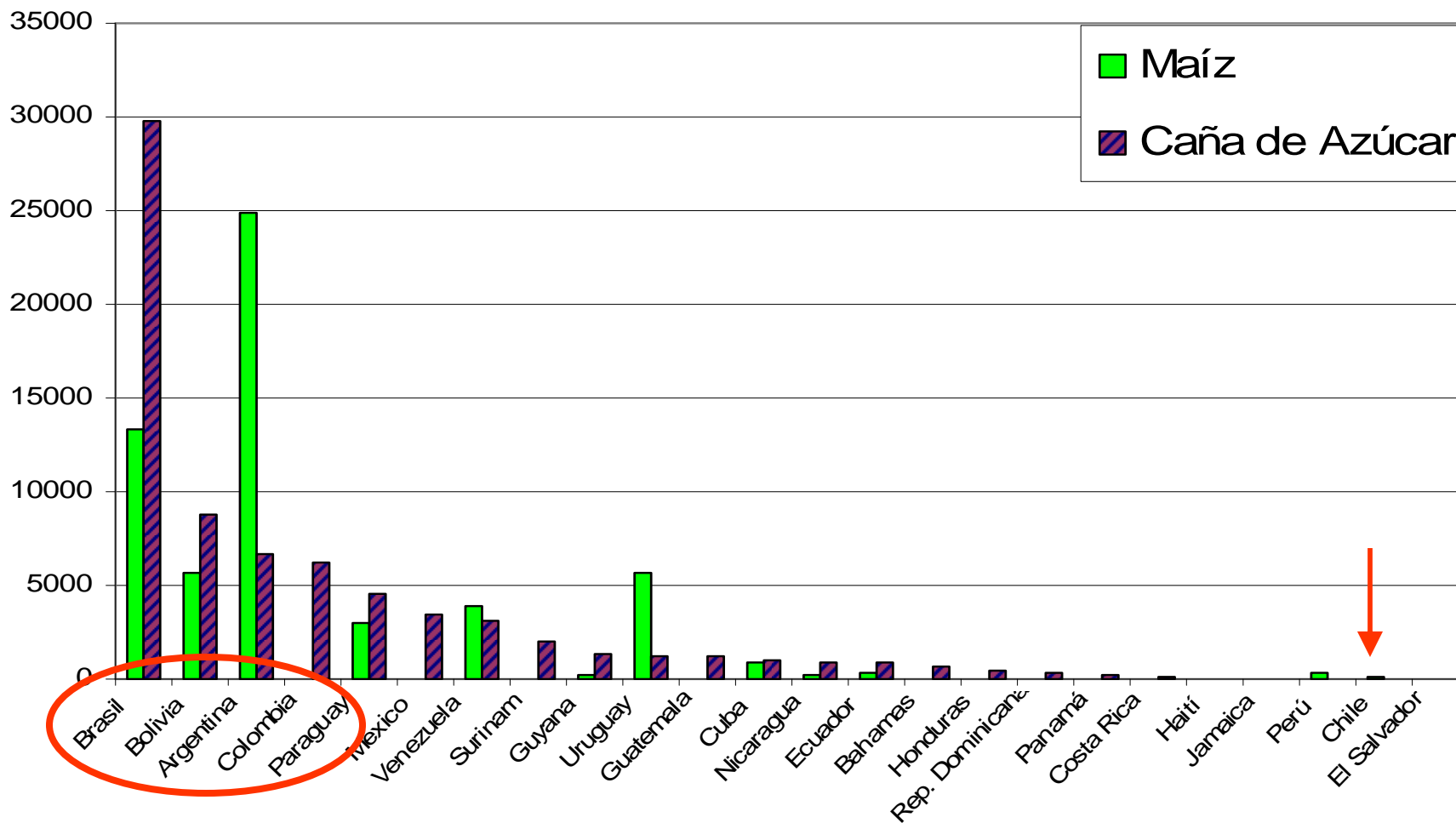


### Porcentaje de mezcla potencial de biodiesel en el consumo local de combustibles a partir de excedentes netos de producción (2003-2005)

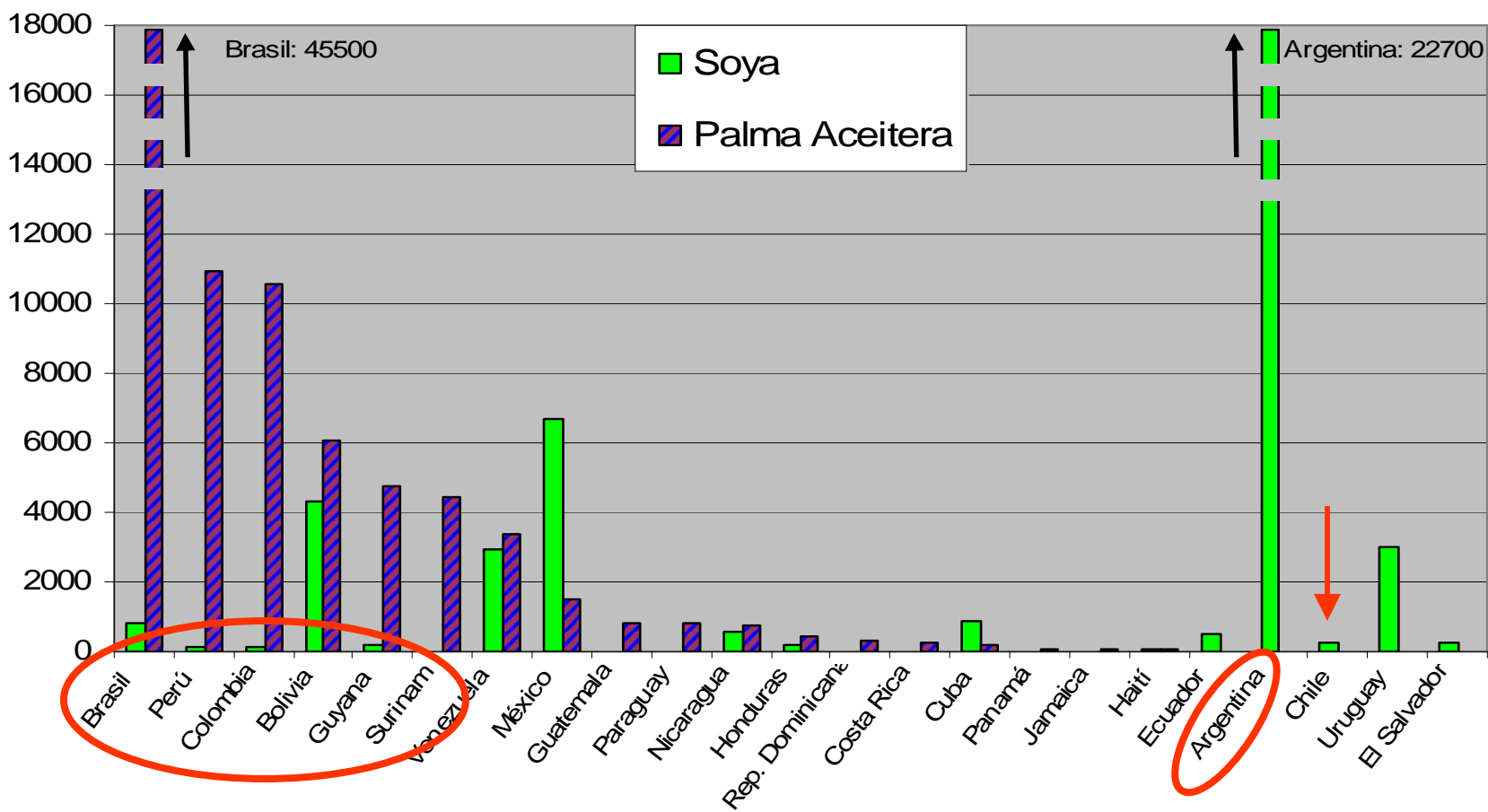




## Máxima expansión posible de la frontera agrícola para producción de etanol (1000 has)



## Máxima expansión posible de la frontera agrícola para producción de biodiésel (1000 has)



# AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE – AÑO 2005

## *Cuanto "pesan" las mezclas al 10%?*

	BIOETANOL 10% ( E10)	BIODIESEL 10% ( B10)
Mercado Potencial para E10 y B10 ( en kBep)	49788	47906
Participación % de E10 y B10 en el total del consumo del transporte	4.2	4.0
Participación % de E10 y B10 en el consumo energético final total	1.2	1.1

# PROSPECTIVA al año 2020

## DEMANDA de "E10" & "B10" VS DISPONIBILIDAD DE TIERRAS

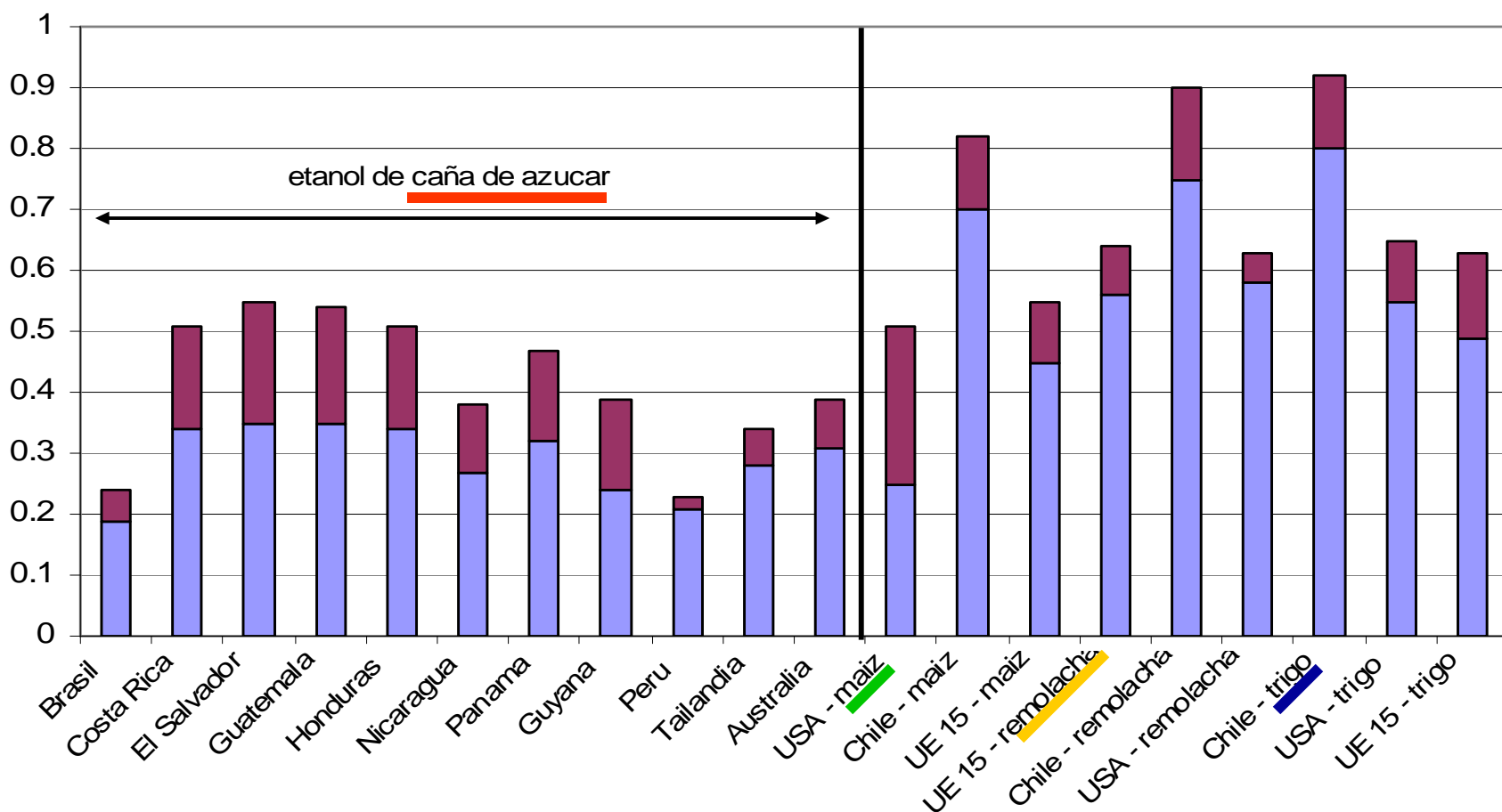
País	Demanda al año 2020		Superficie requerida			Superficie requerida como % de la superficie arable
	Bioetanol	Biodiesel	Bioetanol	Biodiesel	Total	
	ktep		(miles de has)			
Argentina	713	1,506	238	1,962	2,200	8%
Bolivia	76	87	22	41	63	2%
Brazil	12,673	5,711	3,667	2,678	6,345	11%
Chile	360	788	142	616	757	38%
Colombia	532	560	154	164	318	14%
Costa Rica	137	114	40	34	73	32%
Ecuador	263	320	76	94	170	10%
El Salvador	101	104	29	30	60	9%
Guatemala	189	271	55	79	134	9%
Honduras	76	83	22	24	46	4%
Mexico	4,760	2,045	1,377	599	1,977	8%
Nicaragua	35	48	10	14	24	1%
Panama	104	108	30	32	62	11%
Paraguay	24	164	7	77	84	3%
Peru	135	300	39	88	127	3%
Trinidad y Tobago	84	58	24	17	41	55%
Uruguay	36	120	12	156	168	12%
Venezuela, RB	1,739	370	503	109	612	24%
Total	22,035	12,756	6,447	6,814	13,261	9%

FUENTE: SIEE/OLADE, 2005

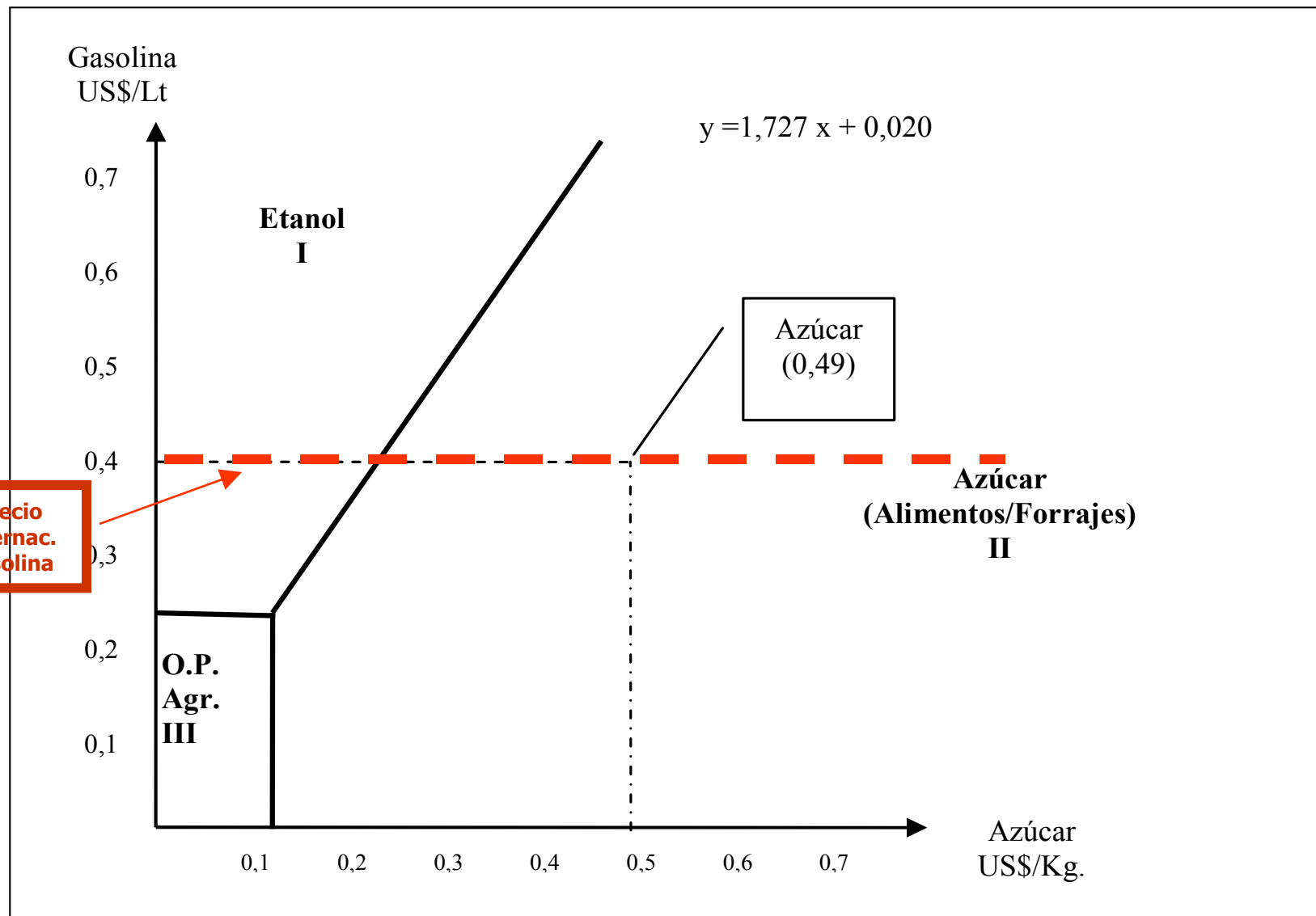


# ***COSTOS DEL ETANOL***

## Rango de costos unitarios de producción de etanol (US\$/litro)



# UMBRALES DE PRECIOS EN LA PRODUCCIÓN DE AZÚCAR, ETANOL Y OTROS CULTIVOS



# COSTOS DE PRODUCCIÓN DE BIOETANOL

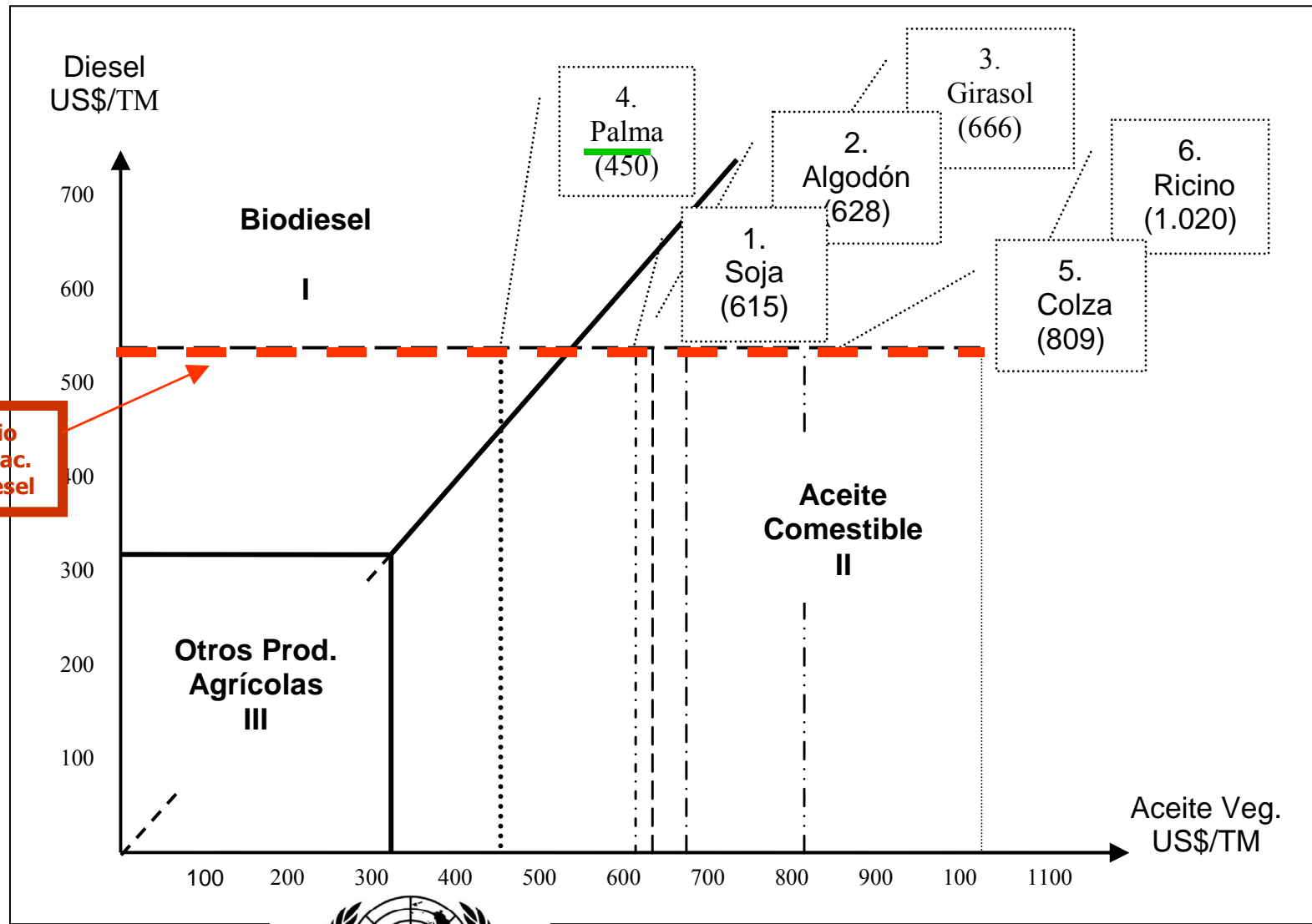
HASTA 2006 LA COMPETITIVIDAD BRASILEIRA ERA ALTÍSIMA,  
PERO.....**QUE PASARÁ AHORA ??**

Concepto	EE.UU.	Alemania	Alemania	Brasil
	Maíz (US\$/l)	Trigo (US\$/l)	Remolacha azucarera (US\$/l)	Caña de azúcar (US\$/l)
<b>Costo total de producción</b>	0,3948	0,6595	0,7148	0,1738
<i>Venta de subproductos</i>	-0,0671	-0,0816	-0,0864	-
<i>Subsidios federales y estatales</i>	0,0793	-	-	-
<b>Costo neto de producción</b>	0,2484	0,5779	0,6284	0,1738
<b>Costo neto de producción en gasolina equivalente*</b>	<b>0,3707</b>	<b>0,8625</b>	<b>0,9379</b>	<b>0,2594</b>



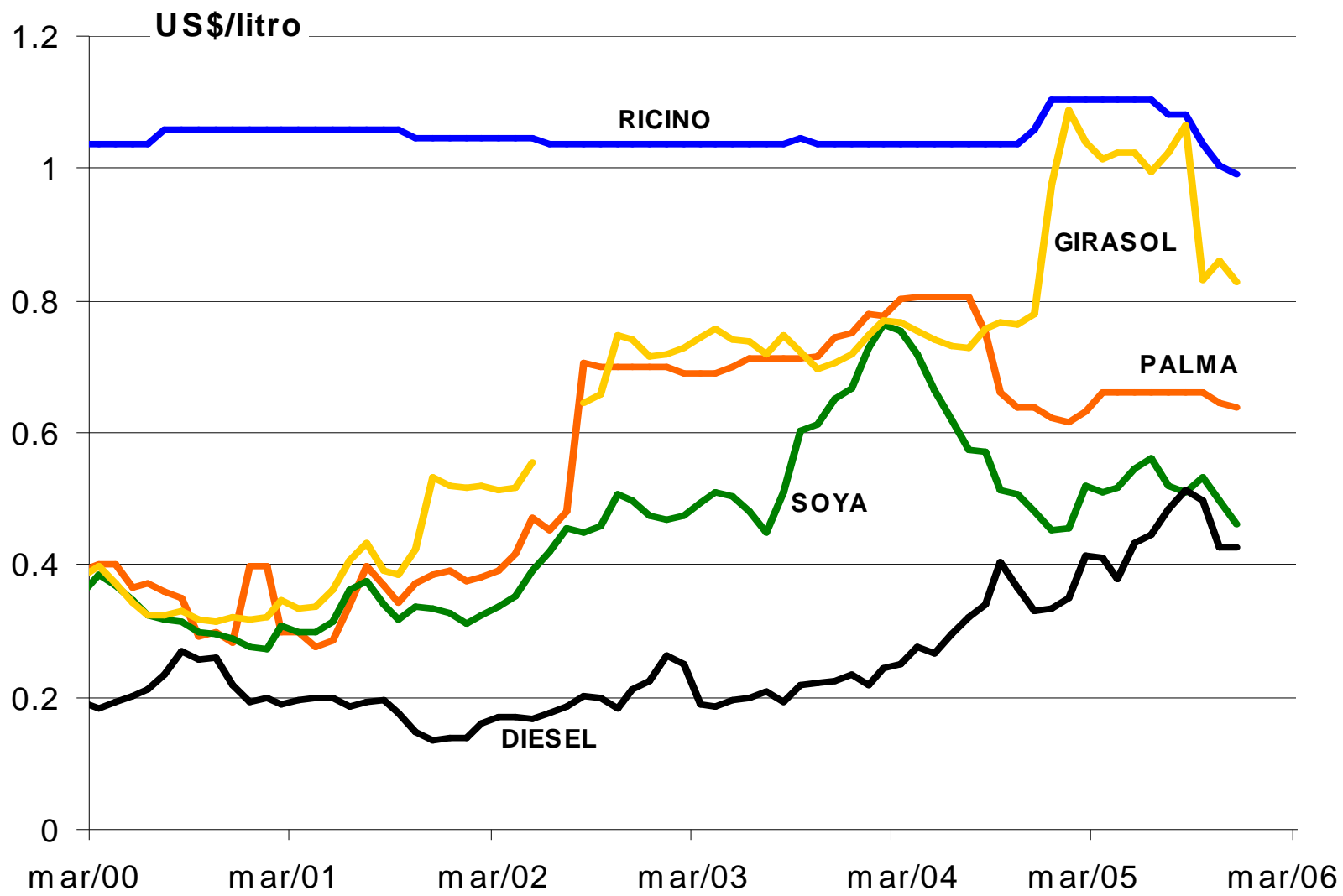
# ***COSTOS DEL BIODIESEL***

# UMBRALES DE PRECIOS PARA DIFERENTES CULTIVOS OLEAGINOSOS EN LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL



Precio internac. del diesel

# PRECIOS DEL BIODIESEL DE DIFERENTE MATERIAS PRIMAS



# COSTOS DE PRODUCCIÓN DE BIOETANOL Y BIODIÉSEL

(POR LITRO DE COMBUSTIBLE FÓSIL EQUIVALENTE)  
Y PRECIOS DE COMBUSTIBLES FÓSILES

	EE.UU.	Canadá	UE-15	Brasil
<b>Bioetanol</b>				
Trigo	0,813	0,840	0,855	
Maíz	0,431	0,500	0,668	
Caña azúcar				0,327
Remolacha			0,560	
Gasolina con impuestos	0,540	0,680	1,316	0,840
Gasolina sin impuestos	0,384	0,401	0,406	0,394
<b>Biodiesel</b>				
Aceites vegetales	0,631	0,523	0,697	0,653
Diésel con impuestos	0,570	0,680	1,286	0,396
Diésel sin impuestos	0,373	0,391	0,396	0,384

Fuente: IEA 2006

# EL VALOR AGREGADO COMO ELEMENTO-CLAVE PARA EL BIODIESEL

---

Analizando la evolución de los precios internacionales, los aceites se han situado sistemáticamente arriba del precio del diesel.

Por tanto, al proponer la utilización de un aceite como combustible (además de asegurarse que presente costos  $<$  a los precios de venta, empleando o subsidio) es fundamental conocer si hay si hay oportunidad de valorizar más el producto.

Por lo tanto, una posible línea de acción para determinar espacios de mejor factibilidad para el biodiesel consiste en identificar usos de mayor valor agregado (byproducts, etc..)

# **BIOCOMBUSTIBLES EN EL MUNDO: *MAIN MESSAGES***

- El petróleo está aquí para quedarse.....
- Los biofuels de I Generación ( i.e. de cultivos) podrán jugar un rol interesante en el futuro del planeta, pero nunca estratégico
- Sólo Brasil cuenta, **hoy**, con tecnología, expertise, disponibilidad de tierra y tipologías de cultivos para ser un "big player" en etanol
- El etanol de maíz (USA) alcanza su viabilidad sólo gracias a subsidios "pesados"
- El biodiesel tiene todavía serios problemas de competitividad económica y de balance energético
- Además, recientes tests confirman que es posible mezclar 10% de etanol en diesel mineral, que es la gran demanda del Cono Sur...



***PERSPECTIVAS PARA LOS  
BIOFUELS DE PRIMERA  
GENERACIÓN EN CHILE***

# NORMATIVA SOBRE BIOFUELS EN CHILE

- Los “drivers” políticos detrás de la promoción de biofuels son básicamente “**seguridad de suministro**” y “**medio ambiente**”
- El 22 de Agosto 2007 finalizó la **consulta pública** para la definición de las especificaciones de calidad para producción, importación, comercialización de bioetanol y biodiesel.
- Para el *Bioetanol* se propone un norma muy cercana a la de USA (Astm), mientras la del *Biodiesel* se asemeja a la europea (EN)
- De aprobarse las especificaciones, a partir de 2008 será posible mezclar el 5% de bioetanol (**E5**) a la gasolina y un 5% de biodiesel (**B5**) al diesel mineral – VOLUNTARIOS !!
- Las mezclas se harían a nivel de refinería ( i.e. Enap) o a nivel de distribuidora ( Copec > 50% mercado) → **2 main players !**

# ETANOL :aporte a la reducción de emisiones, pero.....

## EtOH10 (10% Etanol - 90% Gasolina)

### % Reducción de Emisiones

CO	(-20) a (-30)
COV (HC)	(-7) a (-12)
GHG	- 50
Benceno	- 25
MP Fino 2.5	- 50
<b>OZONO (O3)</b>	<b>+ 8</b>

# BIODIESEL: aporte a la reducción de emisiones, pero.....

## B20 (Mezcla 20% biodiesel - 80% Diesel)

### % Reducción de Emisiones

➤ HC sin quemar	-30
➤ CO2	-13
➤ PTS	-22
➤ NOx	2
➤ Aromáticos Polic.	- 13
➤ Sulfatos	- 20

# IMPACTO DE LOS BIOFUELS EN CHILE

- **BIOETANOL:** es muy difícil que pueda llegar ser competitiva la producción de bioetanol vía cultivos ( I generación) y – además – no se prevé obligatoriedad
- **BIODIESEL:** el único cultivo posible es el “raps”; la superficie potencial en Chile es de 40.000 ha, que permitirían producir unos 56.000 m<sup>3</sup> de biodiesel. La proyección de la demanda de **B2** al 2010 es de 60.000 m<sup>3</sup>.

.....Es decir: con una sola planta de biodiesel (o , más sencillamente, con un sólo barco...) abastezco demanda B2 del país durante 1 año !!



**Tiene sentido cultivar algo que necesita subsidios o que puedo comprar afuera a menor costo ?**



# ***BIOFUELS DE II GENERACIÓN:***

***EL GRAN FUTURO DE CHILE ?***

## COSTOS ESTIMADOS DE PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES DE SEGUNDA GENERACIÓN

Combustible	Materia prima/ubicación	Proceso	US\$/litro de gasolina equivalente
<b>Diésel</b>	Petróleo	Refino	0,22
<b>Biodiésel</b>	Soja	Aceite a FAME (transesterificación)	0,80
<b>Biodiésel</b>	Biomasa-eucalipto (Báltico)	HTU	0,56
<b>Biodiésel</b>	Biomasa- eucalipto (Báltico)	Gasificación/F-T	0,68
<b>Biodiésel</b>	Biomasa- eucalipto (Báltico)	Pirólisis	1,36
<b>Biodiésel</b>	Biomasa- eucalipto (Báltico)	Gasificación/conversión de DME	0,47
<b>Gasolina</b>	Petróleo	Refino	0,22
<b>Bioetanol</b>	<u>Biomasa- álamo</u> (Brasil)	Hidrólisis enzimática (CBP)	0,27
<b>Gasolina</b>	Biomasa- álamo (Báltico)	Gasificación/F-T	0,76
<b>Hidrógeno</b>	Biomasa- álamo (Báltico)	Gasificación	4,91
<b>CNG</b>	Biomasa-eucalipto (Países Bajos)	Gasificación	0,46

Fuente: .....

# COSTO DE ETANOL DE LIGNOCELULOSA

	Caso de referencia en un futuro próximo	Mejor práctica en un futuro próximo	Post-2010
Coste de recuperación de capital	0,177	0,139	0,073
- Capacidad de proceso de materia prima (t/día)	2000	2000	2000
- Rendimiento de etanol (l/t)	283	316	466
- Producción de etanol (10 <sup>6</sup> l/año)	198	221	326
- Coste total de capital (10 <sup>6</sup> US\$)	234	205	159
Coste de operación	0,182	0,152	0,112
- Coste de materia prima	0,097	0,087	0,059
- Crédito del subproducto	- 0,019	0,029	0
- Químicos	0,049	0,049	0,028
- Mano de obra	0,013	0,011	0,008
- Mantenimiento	0,024	0,019	0,010
- Seguros e impuestos	0,018	0,015	0,007
Coste total por litro	0,36	0,29	0,19
Coste total por litro equivalente de gasolina	0,53	0,43	0,27

# COMPOSICIÓN DE RESIDUOS DE CULTIVO Y RENDIMIENTO DE ETANOL

Residuo	Cociente residuo/cultivo	Materia Seca (%)	Lignina (%)	Carbohidratos (%)	Rendimiento de etanol (litros/tonelada de materia seca)
Paja de cebada	1,2	81,0	9,0	70,0	310
Residuo de Maíz	1,0	78,5	18,7	58,3	290
Paja de avena	1,3	90,1	13,8	59,1	260
Paja de arroz	1,4	88,0	7,1	49,3	280
Paja de sorgo	1,3	88,0	15,0	61,0	270
Paja de trigo	1,3	90,1	16,0	54,0	290
Bagazo de Caña	0,6 <sup>a</sup>	71,0	14,5	67,2	280
Residuo de algodón					220 <sup>b</sup>
Cortes de poda forestales					310 <sup>b</sup>
Polvillo de aserraderos					350 <sup>b</sup>
Mixtura de papel					440 <sup>b</sup>

Fuente: .....

# Que es el biopetroleo de II generaci3n?

Es un combustible obtenido por “pir3lisis”, una reacci3n t3rmica, a partir de diversas formas de Biomasa



Abundante, Accesible, Renovable  
pero:

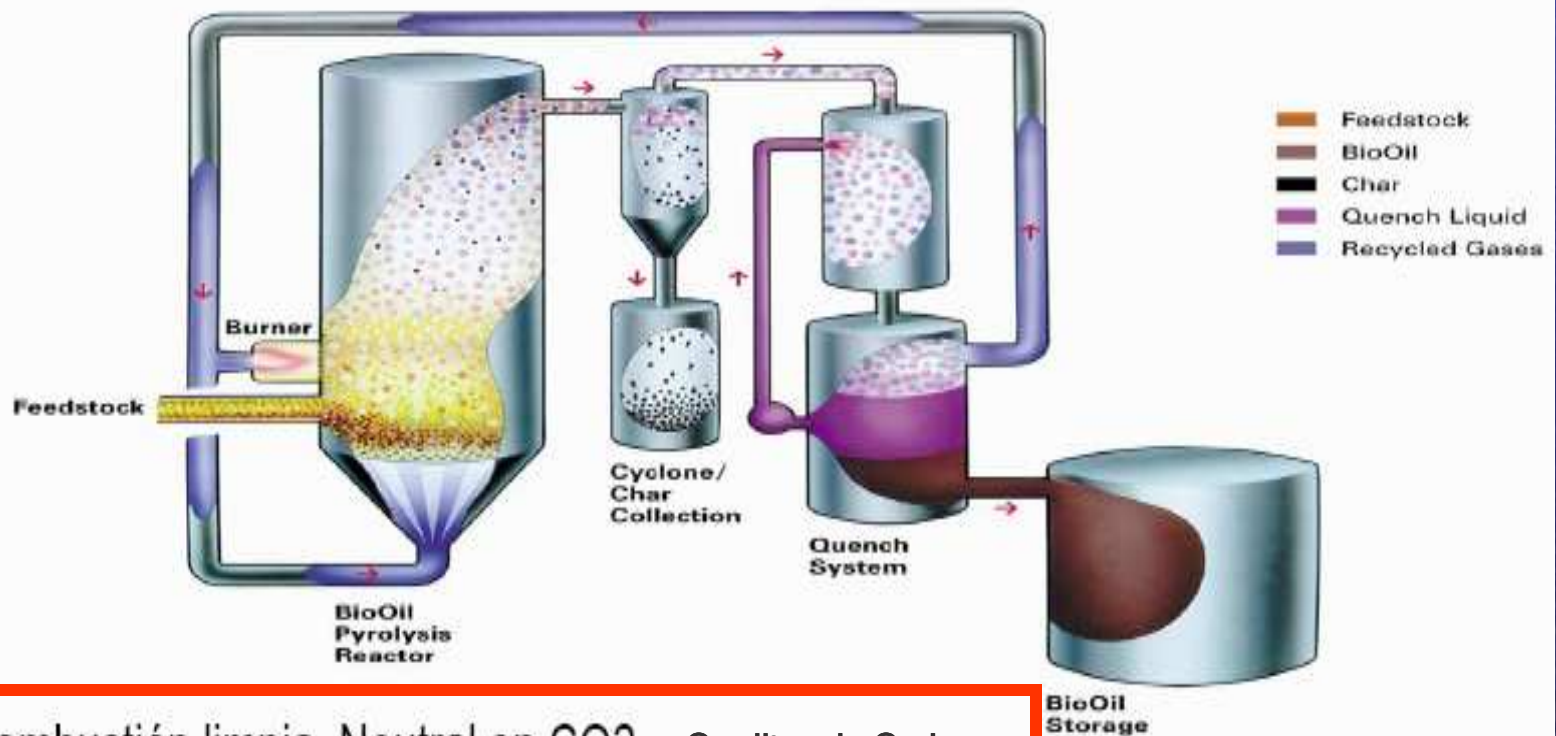
- Baja energ3a por unidad de volumen
- Baja eficiencia energ3tica
- Negativo para el medio ambiente

- Alta densidad energ3tica:
  - Transportable
  - Almacenable
- $1\text{m}^3=1,2\text{Tm}=20\text{GJ}$ (Poder calor3fico)
- Compatible con infraestructura existente
- Cr3ditos de gas “Green House”

# SE OBTIENE MEDIANTE PIRÓLISIS RÁPIDA, CON UN CALENTAMIENTO DE RESIDUOS CELULÓSICOS EN AUSENCIA O<sub>2</sub>

Combustibles: Proporción líquido 55 – 73%      Proporción sólida 15 – 25%

Gases no condensables son reciclados al proceso.



Combustión limpia, Neutral en CO<sub>2</sub> = Creditos de Carbono

## Mas de 120 tipos de fuente de biomasa probados (residuos limpios forestales y agrícolas)



Bagazo de caña de azúcar



Chips



Maíz no cosechado



Eucalipto



Desecho de papel



Álamo



Turba



Miscanto

# **BIOCOMBUSTIBLES EN CHILE:**

## ***MAIN MESSAGES***

- Las condiciones edafoclimáticas del país no permiten desarrollar los cultivos agroenergéticos más eficientes (e.g. caña y palma)
- La incorporación de mezclas de bajo % a gasolina y diesel, no resuelven ni el problema de la seguridad energética ni el impasse ambiental de la R.M.
- El “negocio” de los biocombustibles de I Generación para bajos % de mezcla será muy restringido (en todo sentido...) a unos pocos players que ya cuentan con expertise sectorial y logística “ad-hoc”
- De lo contrario, la gran disponibilidad de recursos lignocelulosicos desde la VIII región hacia el sur, vislumbran **un interesante futuro para los biofuels de II Generación**, tanto a nivel de grande como de mediano tamaño de desarrollo industrial

A wide-angle photograph of a vast blue ocean under a clear blue sky with wispy white clouds. A vibrant rainbow is visible on the horizon to the left, its colors reflecting on the water's surface. The word "FIN" is centered in the lower half of the image in a bold, italicized, yellow font with a black outline.

***FIN***